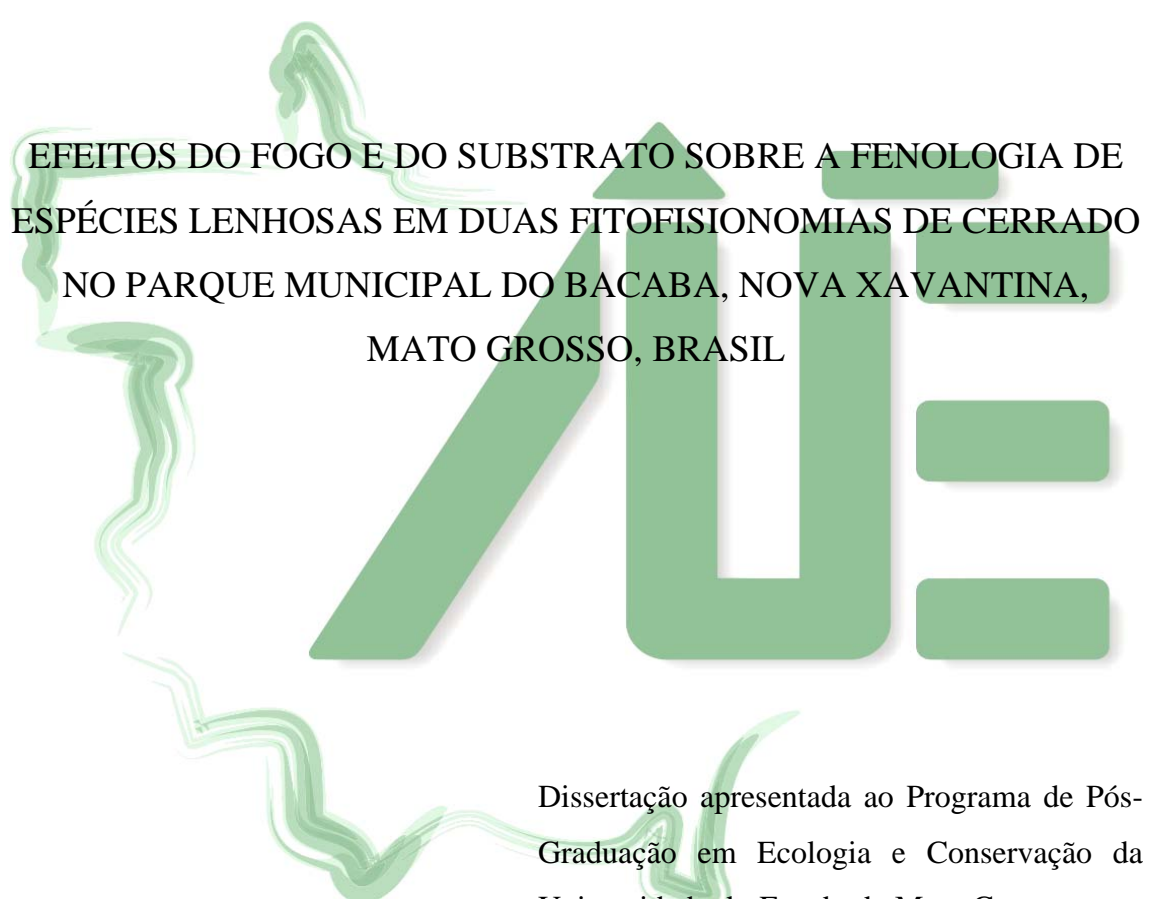


DIVINO VICENTE SILVÉRIO



EFEITOS DO FOGO E DO SUBSTRATO SOBRE A FENOLOGIA DE
ESPÉCIES LENHOSAS EM DUAS FITOFISIONOMIAS DE CERRADO
NO PARQUE MUNICIPAL DO BACABA, NOVA XAVANTINA,
MATO GROSSO, BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso como requisito parcial à obtenção do título de “Mestre”.

Orientador: Eddie Lenza de Oliveira

NOVA XAVANTINA
MATO GROSSO - BRASIL
2010

DIVINO VICENTE SILVÉRIO

EFEITOS DO FOGO E DO SUBSTRATO SOBRE A FENOLOGIA DE
ESPÉCIES LENHOSAS EM DUAS FITOFISIONOMIAS DE CERRADO
NO PARQUE MUNICIPAL DO BACABA, NOVA XAVANTINA,
MATO GROSSO, BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Ecologia e Conservação da
Universidade do Estado de Mato Grosso como
requisito parcial à obtenção do título de
“Mestre”.

Orientador: Eddie Lenza de Oliveira

NOVA XAVANTINA
MATO GROSSO - BRASIL
2009

S587e SILVÉRIO, Divino Vicente.

Efeitos do fogo e do substrato sobre a fenologia de espécies Lenhosas em duas fitofisionomias de Cerrado no Parque Municipal do Bacaba / Divino Vicente Silvério. – Nova Xavantina (MT), 2010.

110 f. ; il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Mato Grosso – UNEMAT. Programa de Pós-Graduação: Ecologia e Conservação, sob a orientação da Dra. Eddie Lenza de Oliveira.

1. Savana. 2. Sazonalidade climática. 3. Fogo. 4. Substrato. 5. Ajuste fenológico. I. Título.

CDU: 504.1

**EFEITOS DO FOGO E DO SUBSTRATO SOBRE A
FENOLOGIA DE ESPÉCIES LENHOSAS EM DUAS
FITOFISIONOMIAS DE CERRADO NO PARQUE
MUNICIPAL DO BACABA, NOVA XAVANTINA, MATO
GROSSO, BRASIL**

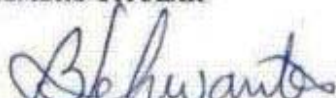
DIVINO VICENTE SILVÉRIO

**DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E
CONSERVAÇÃO DA UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO COMO REQUISITO
PARCIAL À OBTENÇÃO DO TÍTULO DE “MESTRE”.**

APROVADA EM 11 DE MARÇO DE 2010, PELA BANCA EXAMINADORA:



**DR. JOSÉ ROBERTO RODRIGUES PINTO
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB
DEPTO. DE ENGENHARIA FLORESTAL
MEMBRO TITULAR**



**DRA. BEATRIZ SCHWANTES MARIMON
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO - UNEMAT
DEPTO. DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
MEMBRO TITULAR**

**DRA. MARYLAND SANCHEZ
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO – UFMT
DEPTO. DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
MEMBRO SUPLENTE**



**DR. EDDIE LENZA DE OLIVEIRA
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO - UNEMAT
DEPTO. DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
ORIENTADOR**

*A minha mãe, Divina e aos
meus irmãos Vilmar, Batista e
Luzio, Dedico.*

Agradecimentos

Agradeço à Universidade do Estado de Mato Grosso pela criação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação me oportunizando ser aluno da primeira turma e, assim, subir mais este degrau na infinita escalada do conhecimento.

À CAPES pela concessão de bolsa de estudo, que me possibilitou realizar com êxito este estudo.

Agradeço ao meu determinado orientador, o professor Eddie Lenza de Oliveira, pela paciência, tempo dedicado, empenho, ajuda e, acima de tudo, pela amizade.

Agradeço aos membros da banca de qualificação, Eddie Lenza de oliveira, Maryland Sanches e Beatriz Schwantes Marimon.

Obrigado aos membros da banca de defesa, professores Beatriz Marimon e José Roberto Rodrigues Pinto, pelas correções e sugestões que ajudaram a melhorar meu trabalho.

A todos os professores que ministraram as disciplinas que cursei durante o mestrado, contribuindo para minha formação e crescimento.

Agradeço a todas as pessoas que trabalham no Herbário NX a Bianca, Claudinei, Edmar, Henrique, Leandro, Letícia, Lucélia, Oriaes, Pábio e Paulo, pela convivência e aprendizagem coletiva.

Obrigado aos colegas e amigos que junto comigo formaram a primeira turma de mestrado em “Ecologia e Conservação” da UNEMAT em Nova Xavantina, os mestrandos Michele, Carla, Henrique, Ully, Elias, Josenilton e Moisés pela parceria durante as disciplinas e convivência durante o curso de campo.

Agradeço a Fabiane, minha adorável namorada por todo tempo juntos e por ter acompanhado de perto esta etapa tão importante da minha caminhada, obrigado.

A minha mãe Divina, pela ajuda carinho e atenção, aos meus irmãos Vilmar, Batista e Luzio por sempre estarem ao meu lado.

Ao Eddie por estabelecer a “quarta da cerveja” e a todos que frequentaram.

A minha cunhada Zildene e meu irmão Batista, pelas tantas reuniões regadas a suco de sevada “gelada!”.

A todos que na dieta ou indiretamente contribuirão para o meu crescimento lateral e intelectual.

Sumário

Resumo geral	VI
General abstract	VIII
Introdução geral	1
Referências bibliográficas gerais	6
Artigo 1- Padrões fenológicos de espécies lenhosas em um cerrado típico no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT, Brasil	9
1. Introdução	12
2. Material e métodos.....	13
3. Resultados	13
4. Discussão	26
5. Referências bibliográficas.....	28
Artigo 2 - Influência do fogo sobre o comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado típico no leste de Mato Grosso, Brasil.....	33
Introdução	37
Material e métodos.....	38
Resultados.....	41
Discussão	50
Referências bibliográficas.....	55
Artigo 3- Efeito do fogo sobre o comportamento fenológico de espécies lenhosas em duas fisionomias de cerrado sentido restrito no leste de Mato Grosso, Brasil	59
Introdução	63
Material e métodos.....	64
Resultados.....	66
Discussão	87
Referencias bibliográficas.....	93
Conclusão geral.....	96
Anexos	99

Resumo geral

As propriedades físico-químicas do solo e a ocorrência de queimadas são dois importantes fatores condicionantes das adaptações estruturais e funcionais em plantas lenhosas do bioma Cerrado. Assim, as adaptações morfológicas e funcionais, como a fenologia das espécies, garantem a reprodução e a sobrevivência das mesmas em ambientes savânicos com restrição físicas e químicas dos solos e historicamente sujeitos as queimadas, com ou sem interferência antrópica. Neste estudo avaliou-se os efeitos do fogo e do substrato sobre o comportamento fenológico de espécies lenhosas em duas subdivisões fisionômicas de cerrado sentido restrito no Parque Municipal do Bacaba (14°41'S e 52°20'W), Nova Xavantina-MT, enfocando as estratégias adaptativas das espécies lenhosas. O trabalho foi dividido em três capítulos, sendo o primeiro uma descrição dos padrões fenológicos de 12 espécies lenhosas em cerrado típico sem a interferência do fogo, procurando relacioná-los às variáveis climáticas. O segundo capítulo procurou analisar o efeito do fogo sobre o comportamento fenológico de 10 espécies lenhosas, estudadas concomitantemente numa área de cerrado típico com e sem a ocorrência de fogo. O terceiro capítulo visou uma análise dos efeitos do fogo e do substrato sobre o comportamento fenológico de 28 espécies lenhosas em cerrado típico e cerrado rupestre adjacentes. No primeiro capítulo, quatro espécies foram categorizadas como sempre-verdes com crescimento contínuo, uma como sempre verde com crescimento sazonal, duas como brevidecíduas e cinco como decíduas. Foi evidenciada forte relação entre os eventos fenológicos e as condições climáticas, indicando que tais eventos apresentam certa plasticidade fenotípica em relação às variações climáticas. No capítulo dois, verificou-se que a passagem do fogo causou danos imediatos às folhas, flores e frutos, levando-os à abscisão. Espécies sempre verdes ou aquelas que possuíam folhas, flores ou frutos no momento da queimada sofreram maiores danos. Na área queimada, o brotamento, a floração ou frutificação apresentaram maiores intensidades para a maioria das espécies, evidenciando um mecanismo de compensação fenológica em resposta à queimada. Os resultados do terceiro capítulo indicam que o comportamento fenológico das espécies é mais fortemente influenciado pela sazonalidade climática em ambientes com substrato mais restritivo, como o cerrado rupestre. Além disso, tais resultados sugerem ainda que os efeitos do fogo para as fenologia das espécies são menos severos no cerrado rupestre em relação ao cerrado típico. Apesar das diferentes respostas das espécies à passagem do fogo, a sazonalidade

e a sincronia interindividual das espécies foram mantidas, provavelmente como forma de compensar os danos causados pelo fogo, sem alterar os ajustes evolutivos das fenofases aos demais fatores condicionantes, como sazonalidade das chuvas e agentes polinizadores e dispersores. Tomados em conjunto, os resultados indicam que o comportamento fenológico das espécies lenhosas de Cerrado é evolutivamente ajustado às variáveis climáticas, como a sazonalidade das chuvas, e aos agentes biológicos. As espécies apresentam ainda diferentes estratégias fenológicas adaptativas, como por exemplo, os distintos graus de deciduidade foliar e os diferentes períodos de floração e frutificação. Por fim, o comportamento fenológico de algumas espécies pode apresentar variações fenotípicas temporais, em função da ação do fogo e do substrato onde os indivíduos se estabelecem.

Palavras-chave: Savana, sazonalidade climática, fogo, substrato, ajuste fenológico.

General abstract

Soil quimical and fysical properties and the presence of fire are two important conditioning factors of the structural and functional adaptations in the Cerrado Biome woody plants. Thus, morphological and functional adaptations, such as species phenology, ensure the reproduction and survival of the species in the savanna environment, with its physical and chemical restrictions and historically subjected to natural or human-induced burning. In this study it was evaluated the effects of fire and substrate on the phenological behaviour of woody plants in two savanna physiognomies in the Bacaba Park (14°41'S and 52°20'W), Nova Xavantina-MT, focusing on the adaptive phenological strategies of the species. The study is divided in three chapters. The first chapter describes the phenological patterns of 12 woody species in a typical *cerrado* without the interference of fire, and seeks to relate them to climatic variables. The second chapter aims to analyze the effect of fire on the phenological behaviour of 10 woody species, concomitantly assessed in an area of typical *cerrado* with and without the presence of fire. The third chapter analyzes the effects of fire and substrate on the phenological behaviour of 28 woody species in a typical *cerrado* and in an adjacent rocky area (*cerrado rupestre*). In the first chapter, four species were classified as evergreen with continuous growth, one as evergreen with seasonal growth, two as brevideciduous and five as deciduous. A strong relationship was found between the species phenological events and the climatic conditions, indicating that these events present some phenotypic plasticity in relation to the climatic variables. Chapter II describes how the passage of fire caused immediate damage to the leaves, flowers and fruits, leading to abscission. Evergreen species or those species which presented leaves, flowers and fruits at the time of fire suffered larger damages. In the burned site, sprouting, flowering or fruiting showed higher intensities for most of the species, indicating a mechanism of phenological compensation in response to burning. The results from the third chapter indicate that the phenological behaviour of the species is strongly influenced by climatic seasonality in areas with a more restrictive substrate, such as the *cerrado rupestre*. Also, the results suggest that the fire effects on the species phenology are less severe in the *cerrado rupestre* in relation to the typical *cerrado*. Despite the distinct responses of the species to the passage of fire, the seasonality and interindividual synchrony were maintained, probably to compensate the damaged

caused by fire without altering the evolutionary adjustments of the phenophases to other conditioning factors, such as rain seasonality and pollinating agents and dispersers. Overall, the results indicate that the phenological behaviour of Cerrado woody species is evolutionarily adjusted to the climatic variables, such as rain seasonality and biological agents. Also, the species present distinct adaptive phenological strategies, e.g. different degrees of leaf fall and distinct periods of flowering and fruiting. In conclusion, the phenological behaviour of some species may present temporal phenotypic variations due to fire action and the type of substrate on which the individuals are established.

Key words: Savanna, climatic seasonality, fire, substrate, phenological adjustment.

Introdução Geral

Localizado na região central do Brasil e abrangendo mais de 2 milhões de quilômetros quadrados, o Cerrado é o segundo maior bioma do país (Ribeiro & Walter 2008) e abriga mais de doze mil espécies de plantas vasculares (Mendonça et al. 2008), sendo a savana com a flora mais rica do mundo (Myers et al. 2000, Silva & Bates 2002). No entanto, há atualmente grande preocupação quanto à perda de habitats devido ao desenvolvimento de atividades agropecuárias, que já modificaram cerca de 60% da vegetação nativa do Cerrado (Sano et al. 2008). A elevada riqueza de espécies, associada ao endemismo de espécies e ao alto grau de ameaça fizeram do Cerrado um dos 25 “hotspots” para preservação da biodiversidade mundial (Myers et al. 2000).

Devido à ampla área de ocorrência, o bioma Cerrado apresenta grande heterogeneidade ambiental e de vegetação (Bridgewater et al. 2004, Ratter et al. 2003, Ribeiro & Walter 2008, Silva et al. 2006). A posição centralizada faz com que esteja em contato com outros biomas como a Floresta Amazônica e a Mata Atlântica que apresentam forte influência na vegetação do Cerrado nas áreas de transição (Méio et al. 2003, Oliveira Filho & Ratter 1995), várias espécies destes biomas florestais podem também penetrar para o interior do Cerrado através das matas de galeria ou florestas estacionais (Oliveira Filho & Ratter 1995).

Numa escala mais ampla, as características da vegetação, de topografia e de solo se combinam formando regiões com diferentes características ecológicas (Silva et al. 2006). A maioria das espécies da flora lenhosa é restrita a determinadas regiões (Ratter et al. 2003), entretanto algumas poucas espécies tem ampla distribuição e se destacam em importância na maioria das áreas do Cerrado (Bridgewater et al. 2004). Analisando a composição florística de 376 áreas de cerrado *sensu lato*, Ratter et al. (2003) descreveram seis províncias fitogeográficas, onde registraram 951 espécies lenhosas, sendo 52% destas restritas a uma única região e apenas 3,9% comuns à todas as províncias (Bridgewater et al. 2004).

Em escala local, existem diferentes formações vegetais determinadas principalmente pelas propriedades edáficas e topográficas (Furley & Ratter 1988; Haridasan 2000) e pelo fogo (Moreira 2000, Hoffmann & Moreira 2002). Estas variam desde formações florestais até formações campestres, determinadas pelas densidades relativas entre o estrato arbustivo-arbóreo e o estrato herbáceo-graminoso, formando um

intrincado mosaico vegetacional (Eiten 1979, Oliveira Filho & Ratter 2002; Ratter et al. 1973, Ribeiro & Walter 2008).

A formação savânica (cerrado sentido restrito) é dominante na paisagem (70% do bioma) e se caracteriza pela presença de um estrato arbustivo-arbóreo disperso sobre uma matriz herbáceo-graminosa contínua (Eiten 1972, 1979, Ribeiro & Walter 2008). Por sua vez, as diferentes densidades do estrato arbustivo-arbóreo determinam quatro distintas fisionomias savânicas (cerrado denso, cerrado típico, cerrado ralo e cerrado rupestre) com predomínio do cerrado típico, que apresenta cobertura arbórea de 20 a 50% e altura média de 3 a 6 m e ocorre principalmente em Latossolos, Cambissolos e Neossolos Quartzênicos (Ribeiro & Walter 2008, Reatto et al. 2008). O cerrado rupestre, que ocorre sobre afloramentos rochosos, apresenta cobertura arbórea que varia de 5% a 20% (Ribeiro & Walter 2008), ocorre predominantemente sobre Neossolos Litólicos que são pobres em nutrientes e com baixos teores de matéria orgânica e ocupam cerca de 7,5%, do bioma Cerrado (Reatto et al. 2008).

Em geral, a estrutura e composição florística da vegetação do Cerrado são determinadas principalmente por três fatores sendo, a fertilidade e profundidade dos solos (Goodland & Pollard 1973, Furley & Ratter 1988), sazonalidade climática (Eiten 1972) e ocorrência do fogo (Coutinho 1990, Moreira 2000, Hoffmann & Moreira 2002). Sendo que atuação conjunta destes três fatores é a explicação mais aceita para a atual distribuição do bioma Cerrado (Oliveira Filho & Ratter 2002).

Algumas fitofisionomias do Cerrado, como o cerrado sentido restrito e o cerradão, ocorrem tanto em solos mesotróficos como nos distróficos (Oliveira Filho & Ratter 2002), entretanto a composição florística muda de acordo com a fertilidade dos solos (Ratter 1973, Furley & Ratter 1988). Cada tipo de solo apresenta conjuntos de espécies características, sendo que algumas só ocorrem em solos ácidos, outras são restritas aos solos calcários, enquanto outras são indiferentes quanto à fertilidade do solo (Ratter et al. 1978, Oliveira Filho & Ratter 2002). Algumas espécies, principalmente da família Vochysiaceae, são acumuladoras de alumínio e geralmente apresentam grande importância em termos de VI (valor de importância) em ambientes com altas concentrações deste elemento (Furley & Ratter 1988). Outras como *Magonia pubescens* St. Hil. e *Luehea paniculata* Mart. & Zucc. estão adaptadas à solos mesotróficos, sendo classificadas, com frequência, como indicadoras de tais condições (Ratter et al. 1978, Furley & Ratter 1988).

A vegetação apresenta ainda diferentes respostas funcionais de acordo com as condições do substrato (Haridasan 2000, Furley & Ratter 1988). A baixa concentração de nutrientes nas folhas das espécies nativas de Cerrado (Haridasan 2000) é reflexo da baixa disponibilidade destes nos solos, que além de pobres em nutrientes são geralmente ácidos e possuem altas concentrações de alumínio (Furley & Ratter 1988, Haridasan 2000, Reatto et al. 2008).

Por outro lado, o clima tipicamente sazonal do bioma Cerrado, com um período seco durando aproximadamente cinco meses, de maio a setembro (Nimer 1989), impõe uma limitação hídrica nas camadas superficiais do solo, o que levou muitas espécies lenhosas a desenvolverem sistemas radiculares profundos (Eiten 1972, Sarmiento 1984). Algumas espécies são capazes de armazenar água no caule (Bucci et al. 2004) e em órgãos subterrâneos (Warming 1973, Oliveira & Silva 1993) e assim sustentar a produção de folhas e a reprodução em períodos desfavoráveis.

A precipitação anual no Cerrado pode variar de 400 mm no limite com a Caatinga a 2.400 mm na interface com a Amazônia (Silva et al. 2008). A ocorrência de algumas espécies da flora parece estar associada a esta variação, havendo maior número de espécies com características xeromórfas na transição com a Caatinga (Furley & Ratter 1988), que tem baixa precipitação, e maior número de espécies com características mesofíticas na interface Cerrado-Mata Atlântica e Cerrado-Floresta Amazônica, que por sua vez apresenta maior precipitação (Méio et al. 2003). Assim, ainda que seja difícil estabelecer relação clara entre os aspectos ecológicos do Cerrado e os elementos meteorológicos, o clima influencia a composição dos mosaicos paisagísticos que determinam as tipologias das unidades ambientais do Cerrado (Silva et al. 2008).

Neste caso, a forte sazonalidade climática do bioma Cerrado fez com que a ocorrência de queimadas há milhares de anos seja um fenômeno comum na paisagem (Coutinho 1981, Miranda et al. 2002), assim, como na maioria das savanas em toda a zona tropical no globo terrestre (Frost & Robertson 1987), levando algumas espécies a desenvolverem estratégias adaptativas como a suberização da casca, que atua como isolante térmico na passagem do fogo (Eiten 1975; Furley & Ratter 1988; Miranda et al. 2002), grande investimento em carboidratos e nutrientes de reserva (Hoffmann et al. 2000) e alta capacidade de rebrota (Hoffman & Moreira 2002). Entretanto, tais adaptações estão relacionadas ao tipo, regime, comportamento, tempo de residência e época de ocorrência das queimadas (Miranda et al. 2004), sendo que alterações nesses

fatores podem resultar em mudanças na estrutura e composição florística das comunidades (Frost & Robertson 1985, Hoffmann & Solbrig 2003, Hoffman 1996, Moreira 2000).

Um aumento na frequência de incêndios no bioma Cerrado geralmente aumenta as taxas de mortalidade das espécies lenhosas e altera as taxas de recrutamento, favorecendo as fisionomias mais abertas, enquanto a proteção ao fogo aumenta a quantidade de espécies arbóreas, favorecendo as fisionomias fechadas (Moreira 2000, Furley & Ratter 1988, Roitman et al. 2008, Miranda 2002). Entretanto, estas mudanças provocadas pelo fogo na estrutura da vegetação é limitada pela capacidade de suporte intrínseca de cada substrato (Henriques 2005, Haridasan 2000).

Embora a literatura sobre o assunto seja considerável é bastante reduzido o número de trabalhos que descreve a influência do fogo sobre o comportamento fenológico das espécies lenhosas do Cerrado (Hoffmann & Miranda 2002, Miranda & Sato 2005, Felfili et al. 1999), os poucos estudos existentes reportam ao impacto negativo do fogo sobre a produção de flores e frutos (Landim & Ray 1996; Hoffman 1998; Felfili et al. 1999; Fernandes-Bulhão & Figueiredo 2002) ou viabilidade de sementes (Landim & Hay 1996; Hoffman 1998) para a maioria das espécies. A intensidade dos danos à reprodução sexual das plantas parece depender, principalmente, da altura dos indivíduos e do momento fenológico da espécie na ocasião da passagem do fogo (Landim & Hay 1996, Hoffmann 1998, Miranda et al. 2004). Ainda que estes estudos avaliem o efeito do fogo na produção de flores e frutos para varias espécies lenhosas do Cerrado, há ainda a necessidade de estudos fenológicos para melhor avaliação desses efeitos quando associados às variações temporais na fenologia das espécies.

Neste contexto, procurando aprofundar as investigações sobre os efeitos ecológicos do fogo e das propriedades físicas do substrato em fitofisionomias savânicas do Cerrado, este trabalho se constituiu de três capítulos, que buscam caracterizar os padrões fenológicos de um conjunto de espécies lenhosas e descrever os efeitos do fogo sobre os eventos fenológicos em duas diferentes fitofisionomias de cerrado sentido restrito sobre diferentes substratos no Parque Municipal do Bacaba em Nova Xavantina, Mato Grosso (Figura 1).

No primeiro capítulo são descritos os padrões fenológicos, sem interferência do fogo, para o conjunto de 12 espécies lenhosas num cerrado típico. Neste capítulo, as espécies foram classificadas em grupos fenológicos vegetativos, com base no grau de

deciduidade foliar, na época de abscisão foliar, na produção de folhas novas e em grupos fenológicos reprodutivos, considerando a floração das espécies em relação à estação seca. Foram analisadas também as relações entre as fenofases vegetativas e reprodutivas e as variáveis climáticas de precipitação, temperatura mínima, temperatura máxima e déficit de pressão de vapor (DPV).

No segundo capítulo foi analisado o efeito do fogo sobre os padrões fenológicos para o conjunto de 12 espécies lenhosas, estudadas concomitantemente numa área de cerrado típico com e sem ocorrência de fogo. Avaliou-se a influência do fogo na época de ocorrência, na intensidade e na sincronia dos eventos fenológicos para cada espécie e para todo o conjunto de espécies estudadas.

No terceiro capítulo analisou-se o comportamento fenológico pós-fogo para o conjunto de 28 espécies lenhosas em duas fitofisionomias em áreas adjacentes, sendo um cerrado típico sobre solo profundo e um cerrado rupestre com afloramento rochoso e solo tipicamente raso onde as plantas se desenvolvem diretamente sobre a rocha ou em microsítios com delgadas camadas de solo. Neste capítulo, foi avaliado como o comportamento fenológico da comunidade estudada foi afetado pelo fogo em ambientes diferentes e como cada espécie em particular responde a passagem do fogo em diferentes fitofisionomias.

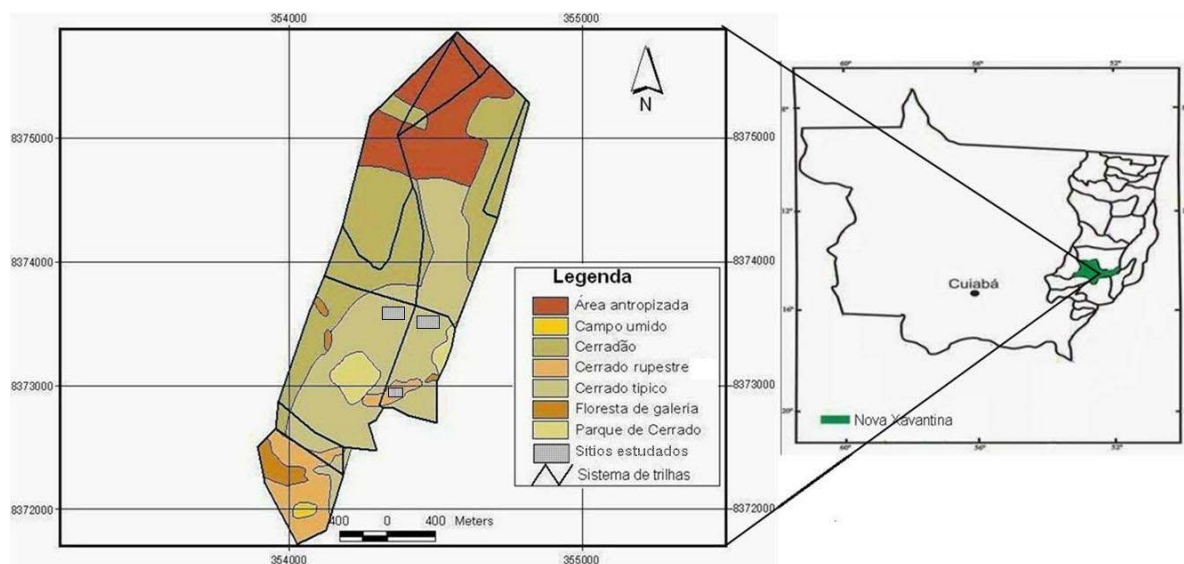


Figura 1. Mapa de localização do Parque Municipal do Bacaba em Nova Xavantina, Mato Grosso e dos três sítios onde foi estudado o comportamento fenológico de espécies lenhosas de cerrado sentido restrito. Fonte: NANA 2009.

Referências bibliográficas gerais

- BENITES, V.M., CAIAFA, A.N., MENDONÇA, E.S., SCHAEFER, C.E. & KER, J.C. 2003. Solos e vegetação nos complexos rupestres de altitude da Mantiqueira e do Espinhaço. *Floresta e Ambiente* 10:76-85.
- BRIDGEWATER, S., RATTER, J.A. & RIBEIRO, J.F. 2004. Biogeographic patterns, b-diversity and dominance in the cerrado biome of Brazil. *Biodiversity and Conservation* 13: 2295–2318.
- BUCCI S.J., GOLDSTEIN G., MEINZER F.C., SCHOLZ F.G., FRANCO A.C. & BUSTAMANTE M. 2004. Functional convergence in hydraulic architecture and water relations of tropical savanna trees: from leaf to whole plant. *Tree Physiology* 24:891-899.
- COUTINHO L.M. 1990. Fire ecology of the Brazilian cerrado. *In: Fire in the tropical biota* (Goldammer J.G., ed.). Springer-Verlag, Berlin, p.82-105.
- COUTINHO, L. M. 1981. Aspectos ecológicos do fogo no Cerrado – Nota sobre a ocorrência e datação de carvões encontrados no interior de solo sob Cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* 4: 115-117.
- 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. 1975. The vegetation of the Serra do Roncador. *Biotropica*, 7: 112-135.
- FELFILI, J.M., SILVA JUNIOR, M.C. DIAS, B.J. REZENDE, A.V. 1999. Estudo fenológico de *Stryphnodendron adstringens* (Mat.) Coville no cerrado “sensu stricto” da Fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 22: 83-90.
- FROST, P. G. H. & ROBERTSON, F. 1987. The ecological effects of fire in savannas. In B. J. Walker, ed. *Determinants of Tropical Savannas*. pp. 93–140. Paris: IUBS Special Issue no. 3.
- FURLEY P.A. & RATTER J.A. 1988. Soil resource and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development. *Journal of Biogeography* 15:97-108.
- GOODLAND R.A & POLLARD R. 1973. The Brazilian cerrado vegetation: a fertility gradient. *Journal of Ecology* 6:219-224.
- GUARIM, V.L.M.S., MORAES, E.C.C., PRANCE, G.T. & RATTER, J.A. 2000. Inventory of a mesotrophic *Callisthene* cerradão in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *Edinb. J. Bot.* 57:429-436.
- HARIDASAN, M. 2000. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*. 12: 54-64.
- HENRIQUES, R.P.B. 2005. Influência da história, solo e fogo na distribuição e dinâmica das fitofisionomias no bioma do Cerrado. In *Cerrado: Ecologia, biodiversidade e conservação*. (Scariot, A. Sousa-Silva, J.C., Felfili, J.M., orgs.). MMA, Brasília, DF.
- HOFFMANN W.A. & MOREIRA A.G. 2002. The role of fire in population dynamics of woody plants. In *The cerrados of Brazil* (P.S. Oliveira & R.J. Marquis, eds.). Columbia University Press, New York, p.159-177.
- 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., F. A. BAZZAZ, N. J. CHATTERTON, P. HARRISON, and R. B. JACKSON. 2000. Elevated CO₂ enhances resprouting of a tropical savanna tree.

- Oecologia 123:312-317.
- HOFFMANN, W.A. & SOLBRIG, O.T. 2003. The role of topkill in the differential response of savanna woody species to fire. *Forest Ecology and Management* 180:273-286.
- HOFFMANN, W.A. 1996. The effects of fire and cover on seedlings establishment in a neotropical savanna. *J. Ecol.* 84: 383-393.
- 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.
- MÉIO, B.B., FREITAS, C.V., JATOBÁ, L., SILVA, M.E.F., RIBEIRO, J.F. & HENRIQUES, R.P.B. 2003. Influência da flora das florestas Amazônica e Atlântica na vegetação do cerrado *sensu stricto*. *Revista Brasileira de Botânica* 26:437-444.
- MENDONÇA, R.C, FELFILI, J.M., WALTER, B.M.T., SILVA JUNIOR, M.C., REZENDE, A.V., FILGUEIRAS, T.S., NOGUEIRA, P.E. & FAGG, C.W. 2008. Flora Vascular do Bioma Cerrado. In *Cerrado: Ecologia e Flora* vol. 2 (S.M. Sano, S.P. Almeida & J.F. Ribeiro, eds.). Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, p.222-1279.
- MIRANDA, H.S. & SATO, M.N. 2005. Efeito do fogo na vegetação do Cerrado. In *Cerrado: Ecologia, biodiversidade e conservação*. (Scariot, A. Sousa-Silva, J.C., Felfili, J.M., orgs.). MMA, Brasília, DF.
- MIRANDA, H.S., SATO, M.N., ANDRADE, S.M.A., HARIDASAN, M. & MORAIS, H.C. 2004. Queimadas de Cerrado: caracterização e impactos. In *Cerrado ecologia e caracterização*. (Aguiar, L.M.S. & Camargo, A.J.A., eds.). EMBRAPA Cerrados, Planaltina, DF, p. 69-123.
- MIRANDA, H.S.; BUSTAMANTE, M.M.C. & MIRANDA A.C. 2002. The fire factor. In *The Cerrados of Brazil*. (Oliveira, P.S. & Marquis, R. J., eds.). Columbia University Press, New York.
- MOREIRA A.G. 2000. Effects of fire protection on savanna structure in Central Brazil. *Journal of Biogeography* 27:1021-1029.
- MYERS N., MITTERMEIER R.A., MITTERMEIER C.G., FONSECA G.A.B. & KENT J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.
- NIMER E. 1989. *Climatologia do Brasil*. IBGE, Rio de Janeiro, 421p.
- OLIVEIRA P.E. & SILVA J.C.S. 1993. Reproductive biology of two species of *Kielmeyera* (Guttiferae) in the cerrados of Central Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 9:67-79.
- 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 physionomies and woody flora of the cerrado biome. In: *The cerrados of Brazil* (P.S. Oliveira & R.J. Marquis, eds.). Columbia University Press, New York, p.91-120.
- RATTER J.A., BRIDGEWATER S. & RIBEIRO J.F. 2003. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: Comparison of the woody vegetation of 376 areas. *Edinburgh Journal of Botany* 60: 57–109.
- RATTER J.A., RICHARDS P.W., ARGENT G. AND GIFFORD D.R. 1973. Observations on the vegetation of northeastern Mato Grosso, 1. The woody vegetation types of the Xavantina–Cachimbo Expedition Area. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 226: 449–492.
- REATTO A., CORREIA J.R., SPERA S.T. & Martins, E.S. 1998. Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In *Cerrado: ecologia e flora* (S.M. Sano; S.P.

- Almeida & J.F. Ribeiro, eds.). Embrapa Cerrados, Brasília, p.107-149.
- RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In Cerrado: ecologia e flora (S.M. Sano; S.P. Almeida & J.F. Ribeiro, eds.). Embrapa Cerrados, Brasília, p.151-212.
- ROITMAN, I., FELFILI, J.M. & REZENDE, A.V. 2008. Tree dynamics of a fire-protected cerrado *sensu stricto* surrounded by forest plantations, over a 13-year period (1991–2004) in Bahia, Brazil. *Plant Ecology* 197:255-267.
- SANO, E.E., ROSA, R., BRITO, J.L.S. & FERREIRA, L.G. 2008. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 43:153-156.
- SARMIENTO, G. 1984. *The Ecology of Neotropical Savannas*. Harvard University Press, Cambridge, 234p.
- SILVA J.M.C & BATES J.M. 2002. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a Tropical Savanna Hotspot. *BioScience* 52: 225-233.
- SILVA, F.A.M., ASSAD, E.D. & EVANGELISTA, B.A. 2008. Caracterização climática do Bioma Cerrado. In Cerrado: ecologia e flora (S.M. Sano; S.P. Almeida & J.F. Ribeiro, eds.). Embrapa Cerrados, Brasília, p. 61-88.
- SILVA, J.F., FARIÑAS M.R., FELFILI, J.M. & KLINK, C.A. 2006. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. *Journal of Biogeography* 33: 536–548.
- WARMING, E. 1973. Lagoa Santa; a vegetação de cerrados brasileiros. *In: Lagoa Santa* (E. Warming & M. G. Ferri, eds.). EDUSP/ITATIAIA, São Paulo/Belo Horizonte, p.1-284.

Artigo 1- Padrões fenológicos de espécies lenhosas em um cerrado típico no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT, Brasil

Submetido à Revista Biota Neotropica (Normas gerais para redação e submissão vide Anexo 1)

Padrões fenológicos de espécies lenhosas em um cerrado típico no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina, MT, Brasil

Divino Vicente Silvério^{1,2}, Eddie Lenza¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, *Campus* de Nova Xavantina, Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, BR-158, km 148, Caixa Postal 08, CEP: 78.690-000, Nova Xavantina, MT, Brasil. <www.unemat.br/ppgec>, ²Autor para correspondência: vicentth@yahoo.com.br

Phenological patterns of woody species in a typical cerrado in the Bacaba Park, Nova Xavantina, MT, Brazil.

Abstract: The aim of this study was to characterize the phenological behavior of 12 woody species that join representing 41% of the total Importance Value (VI) of the community in a typical cerrado in the Municipal Bacaba Park, Nova Xavantina-MT, and relate it to climatic variables. Phenological observations were made at each 15 days, from September 2008 to September 2009. Leaf canopy cover, leaf flushing, young, adult and senescent leaf production, flowering and fruiting (unripe and ripe fruits) were estimated. Leaf canopy cover was close to 100% throughout the rainy period and it was reduced in July, with a minimum (40%) in September 2008, at the end of the dry period. The intense formation of young leaves during the transition between dry and rainy period led to the canopy cover renewal, indicating the strong seasonality of the vegetation. Based on the individuals' degree of deciduousness, four species were classified as evergreen with continuous growth, one as evergreen with seasonal growth, two as brevideciduous and five as deciduous. All species showed an annual, unimodal flowering pattern, but with different species flowering in distinct periods of the year. Five zoochorous species dispersed their fruits in the rainy season; four species, three anemochorous and one zoochorous dispersed fruits in the dry season and, three species, two anemochorous and one zoochorous dispersed fruits during the dry/rainy transition. Leaf fall, estimated from leaf canopy cover, was negatively and significantly related to maximum temperature and vapour pressure deficit in 11 out of 12 species studied, suggesting that increasing temperature and air evaporative demand lead to foliar abscission. Leaf flushing was positively and significantly related to minimum temperature in nine species. Our results permit suggest that there is a strong relationship between the phenological events of Cerrado woody species and the climatic conditions, with more evident associations for the vegetative events, such as abscission and flushing. It was also noticed some phenotypic plasticity of these events in relation to climatic variables, since that during the stronger dry season (2008) it was recorded higher leaf fall in 8 out of 12 species.

Key words: Cerrado, climatic seasonality, leaf fall, flowering, fruiting.

Padrões fenológicos de espécies lenhosas em um cerrado típico no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina, MT, Brasil

Resumo: O objetivo desse estudo foi caracterizar os comportamentos fenológicos de 12 espécies lenhosas que juntas representam 41% do valor de importância (VI) da comunidade em um cerrado típico no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT e relacioná-los a variáveis climáticas. As observações fenológicas foram realizadas em intervalos quinzenais, de setembro 2008 a setembro de

2009. Foram estimadas as intensidades de cobertura da folhagem na copa, brotação, formação de folhas novas, adultas e senescentes, floração e frutificação (frutos imaturos e maduros). A cobertura de folhagem na copa da vegetação se manteve próxima de 100% ao longo do período chuvoso e apresentou redução a partir de julho, com mínimo (40%) em setembro de 2008 no final do período seco. Intensa formação de folhas jovens na transição entre os períodos seco e chuvoso levaram à recomposição de folhagem na copa no início do período chuvoso, evidenciando forte sazonalidade da vegetação. Baseado no grau de decíduidade dos indivíduos quatro espécies foram categorizadas como sempre-verde com crescimento contínuo, uma como sempre-verde com crescimento sazonal, duas como brevidecíduas e cinco como decíduas. A floração de todas as espécies apresentou padrão anual e unimodal, mas com diferentes espécies florescendo em distintos períodos no ano. Cinco espécies, todas zoocóricas, dispersaram frutos na estação chuvosa; quatro espécies, sendo três anemocóricas e uma zoocórica, dispersaram frutos na estação seca e três espécies, duas anemocóricas e uma zoocórica dispersaram frutos na transição seca/chuva. A decíduidade foliar, estimada a partir da cobertura de folhagem na copa, foi negativa e significativamente relacionada com temperatura máxima e com déficit de pressão de vapor em 11 das 12 espécies estudadas, sugerindo que aumentos na temperatura e na demanda evaporativa do ar induzem a abscisão foliar. A brotação foi positiva e significativamente relacionada com a temperatura mínima em nove espécies. Os resultados permitem sugerir que há forte relação entre os eventos fenológicos de espécies lenhosas do Cerrado e as condições climáticas, com associações mais evidentes para os eventos vegetativos como abscisão e brotação. Foi evidenciado ainda, uma certa plasticidade fenotípica desses eventos em relação às variações climáticas, uma vez que na estação seca mais rigorosa (ano de 2008) foi observada maior decíduidade em 8 das 12 espécies estudadas.

Palavras-chave: Cerrado, sazonalidade climática, decíduidade, floração, frutificação

1. Introdução

No bioma Cerrado a precipitação ocorre predominantemente de outubro a abril, com certa restrição hídrica nos demais meses do ano (Silva et al. 2008). A redução pluviométrica diminui a disponibilidade de água para as plantas nas camadas superficiais do solo (Jackson et al. 1999, Franco 2002) e eleva a demanda evaporativa do ar (Bucci et al. 2005), levando em certos casos, à perda da folhagem das espécies arbóreas e a morte da parte aérea das espécies herbáceas e subarborescentes no período seco (Sarmiento & Monasterio 1983; Filgueiras 2002; Bucci et al. 2005). A serapilheira produzida nesse período é uma importante fonte de nutrientes para as plantas, e conseqüentemente, para a ciclagem de nutrientes (Delitti 1995, Haridasan 2000) nesse sistema, cujos solos são naturalmente oligotróficos (Haridasan 2000, Reatto et al. 2008). Por outro lado, a biomassa acumulada na serapilheira durante a estação seca serve como material combustível para a ocorrência de queimadas (Miranda et al. 2002, 2004), que promovem a mineralização e disponibilização imediata dos nutrientes para a vegetação (Frost & Robertson 1987, Coutinho 1990, Miranda et al. 2004). Esta relação histórica entre sazonalidade climática, baixa fertilidade dos solos e ocorrência natural de queimadas, tem moldado nas últimas dezenas de centenas de anos as diferentes estratégias vegetativas e reprodutivas das plantas do bioma Cerrado.

Espécies da flora lenhosa do Cerrado possuem estratégias variadas de alocação de recursos, para lidar com os fatores condicionantes descritos acima, durante as diversas fases do ciclo de vida (Oliveira & Silva 1993, Franco 1998, 2002, Marquis et al. 2002, Oliveira 2008). Entre estas, o comportamento fenológico parece ter se desenvolvido como uma resposta evolutiva à sazonalidade climática (Mantovani & Martins 1988, Lenza & Klink 2006, Oliveira 2008), à presença do fogo (Coutinho 1990, Felfili et al. 1999, Miranda et al. 2002), às atividades de polinizadores (Mantovani & Martins 1988), dispersores (Oliveira 2008) e herbívoros (Marquis et al. 2002). Tais estratégias maximizam a reprodução e a sobrevivência das espécies (Oliveira 2008). Dessa forma, estudos sobre o comportamento fenológico das espécies permitem determinar as causas e conseqüências dos diversos fatores condicionantes sobre respostas funcionais das espécies, permitindo entender a regeneração e reprodução das espécies, a organização temporal dos recursos dentro das comunidades e as interações e coevolução entre plantas e animais (Talora & Morellato 2000, Lenza & Klink 2006, Oliveira 2008).

Em relação às fenofases vegetativas de plantas lenhosas de Cerrado, algumas espécies possuem adaptações para superar o *stress* hídrico, como os xilopódios, ou um sistema radicular bem desenvolvido (Eiten 1972, Jackson et al. 1999, Franco et al. 2005, Oliveira et al. 2005), permitindo-lhes produzir folhas durante o período seco e manter a folhagem ao longo do ano (Sarmiento et al. 1985, Franco et al. 2005, Lenza & Klink 2006, Oliveira 2008). Em outro extremo, algumas espécies perdem completamente as folhas por um curto período de tempo durante a estação seca sendo, dessa forma, categorizadas como brevidecíduas ou decíduas (Sarmiento et al. 1985, Morais et al. 1995, Franco et al. 2005, Lenza & Klink 2006), minimizando a perda de água durante esta estação desfavorável. Estas variações no comportamento fenológico das espécies sugerem diferentes estratégias adaptativas aos mesmos fatores condicionantes (Lenza & Klink 2006).

Em relação ao comportamento fenológico reprodutivo, o ajustamento da floração das espécies lenhosas do Cerrado é menos definido, havendo espécies em floração ao longo de todo ano (Mantovani & Martins 1988, Batalha & Mantovani 2000, Oliveira & Gibbs 2000, Lenza & Klink 2006), sendo

classificadas por Oliveira (2008) como precoce, retardada, tardia e oportunista, dependendo de período de floração em relação ao início da estação chuvosa. Fatores como precipitação, temperatura, fotoperíodo e ocorrência de fogo parecem sinalizar a ocorrência da floração (Opler et al. 1976, Fernandes-Bulhão & Figueiredo 2002, Munhoz & Felfili 2007, Oliveira 2008). Ademais, a disponibilidade ou competição por polinizadores, restrições filogenéticas ou período ótimo para dispersão também pode ser importantes para o ajustamento do período de floração (Fernandes-Bulhão & Figueiredo 2002, Costa et al. 2006, Oliveira 2008). Assim, as espécies lenhosas de Cerrado podem apresentar diferentes períodos de floração, frutificação e dispersão das sementes, evidenciando estratégias distintas de ajustamento aos condicionantes bióticos e abióticos (Mantovani & Martins 1988, Lenza & Klink 2006, Munhoz & Felfili 2007, Oliveira 2008).

Neste contexto, espécies autocóricas e anemocóricas do Cerrado dispersam os frutos durante o período seco, enquanto a dispersão em espécies zoocóricas ocorre predominantemente durante o período chuvoso (Mantovani & Martins 1988, Batalha & Mantovani 2000, Lenza & Klink 2006, Oliveira 2008), funcionando como mecanismo para maximizar a dispersão de frutos.

Apesar do esforço empreendido nos últimos anos, os dados sobre o comportamento fenológico das espécies de Cerrado são, ainda, fragmentários (Oliveira 2008). Um número ainda muito reduzido de espécies tem seu comportamento fenológico descrito em detalhe (Morais et al. 1995, Lenza & Klink 2006, Franco et al. 2005), considerando a elevada riqueza da flora lenhosa do Cerrado, com mais de 12 mil espécies (Mendonça et al. 2008). Além do mais, a maioria das espécies foi estudada em um único local, geralmente na área *core* do bioma, sendo desconhecidas possíveis variações geográficas no comportamento fenológico das mesmas. Assim, considerando a grande extensão territorial e a heterogeneidade ambiental do Cerrado (Ratter et al. 2003, Bridgewater et al. 2004, Silva et al. 2006), torna-se necessário a realização de mais estudos fenológicos que busquem melhor compreender as respostas funcionais das espécies nesses ambientes.

Este estudo teve por objetivo: 1) caracterizar o comportamento fenológico vegetativo e reprodutivo de 12 espécies lenhosas representativas em termos de valor de importância (VI) em um cerrado sentido restrito localizado no Parque Municipal do Bacaba, em Nova Xavantina-MT; 2) identificar grupos fenológicos vegetativos para as espécies, levando em consideração aspectos temporais das distintas fenofases; e 3) relacionar o comportamento fenológico das espécies à precipitação, médias mensais das temperaturas mínimas e das máximas e déficit de pressão de vapor.

2. Material e Métodos

Este estudo foi realizado em um cerrado típico (ver Ribeiro & Walter 2008) no Parque Municipal Mário Viana ou Parque Municipal do Bacaba em Nova Xavantina-MT. O Parque é uma unidade de conservação com 492 ha localizado às margens da BR 158, localizado nas coordenadas de 14°41'09"S e 52°20'09"W, na porção leste do bioma Cerrado. A vegetação predominante é o cerrado sentido restrito, além de mata de galeria e manchas de cerradão e de cerrado rupestre. O clima da região é tipo Aw, de acordo com a classificação de Köppen, a temperatura média anual é 24° C e a precipitação em torno de 1.500 mm (Silva et al. 2008). Os solos da região são predominantemente distróficos, álicos, profundos, bem drenados e de textura média (RADAMBRASIL 1981). Os solos da área de estudo apresentam pH <

5, baixos teores de cálcio e magnésio e altos teores de alumínio trocável (Marimon-Junior & Haridasan 2005).

Foram selecionadas 12 que juntas representam 41% do valor de importância da comunidade (Marimon-Junior & Haridasan 2005) e pertencentes a sete famílias botânicas: Clusiaceae (*Kielmeyera rubriflora* Cambess.), Dilleniaceae (*Davilla elliptica* A. St.-Hil.), Malpighiaceae (*Byrsonima coccolobifolia* Kunth e *Byrsonima pachyphylla* Griseb.); Myrtaceae (*Eugenia aurata* O. Berg., *Myrcia lanuginosa* O. Berg.), Ochnaceae (*Ouratea hexasperma* (A. St.-Hil.) Baill. e *Ouratea spectabilis* (Mart. ex Engl.) Engl.), Proteaceae (*Roupala montana* Aubl.) e Vochysiaceae (*Qualea grandiflora* Mart., *Qualea multiflora* Mart. e *Qualea parviflora* Mart.). De cada espécie, foram marcados de 11 a 13 indivíduos adultos e com vestígios de estágio reprodutivo anterior, exceto para *Eugenia aurata* que teve somente seis indivíduos marcados, devido ao fato de ter ocorrido um incêndio no Parque, anterior ao início do estudo, restringindo a área de observação a uma pequena porção não queimada.

As observações fenológicas foram realizadas em intervalos quinzenais no período de setembro de 2008 a outubro de 2009. Para cada espécie, foi estimada a cobertura total da folhagem na copa da planta e registrada a ocorrência de brotamento (fenologia vegetativa) e presença de flores e frutos imaturos e maduros (fenologia reprodutiva). Os eventos vegetativos e reprodutivos foram estimados visualmente, com auxílio de binóculo quando necessário. Por brotamento considerou-se o desenvolvimento inicial das gemas. Foi estimada também a proporção relativa de folhas jovens na copa (folhas recém formadas, com lâmina já expandida e coloração diferenciada das folhas adultas), folhas adultas (folhas com características morfológicas e estruturais completas) e folhas senescentes (folhas com alteração da coloração típica da espécie). Para quantificação das fenofases descritas acima, foi adotado o método proposto por Fournier (1974), que consiste numa escala intervalar semi-quantitativa composta por cinco categorias (0 a 4), sendo: 0 = ausência da fenofase; 1 = intensidade entre 1% e 25%; 2 = intensidade entre 26% e 50%; 3 = intensidade entre 51% e 75% e 4 = intensidade entre 76% e 100%.

Para todas as fenofases de cada espécie calculou-se o índice de Fournier (IF), dado em valores de porcentagem e calculado por meio da fórmula:

$$IF = \sum ei/im.100; \text{ onde:}$$

ei = estimativa da intensidade da fenofase na planta

im = valor alcançado pela população se todos os indivíduos apresentarem intensidade máxima da fenofase

O índice de Fournier foi representado graficamente para cada espécie separadamente, e em conjunto para as 12 espécies. A partir dos dados individuais as espécies foram classificadas em grupos fenológicos vegetativos sugeridos por Sarmiento & Monastério (1983), modificados por Lenza & Klink (2006) e Oliveira (2008) e que determinam, respectivamente, o grau de deciduidade foliar e o momento de ocorrência da floração em relação às estações do ano. Em relação aos eventos fenológicos vegetativos as espécies lenhosas podem se comportar como: 1. sempre verde com crescimento contínuo (SVC) (sem deciduidade evidente e produção de folhas por períodos prolongados); 2. sempre verde com crescimento sazonal (SVS) (sem deciduidade completa, mas com substituição completa da folhagem na transição entre o período seco e chuvoso), 3. Brevidecíduas (BDC) (com deciduidade completa dos indivíduos na estação

seca por um período de tempo inferior a duas semanas); 4. decíduas (DEC) (com deciduidade completa dos indivíduos na estação seca por um período de tempo superior a duas semanas).

Em relação aos eventos fenológicos reprodutivos, segundo Sarmiento & Monasterio (1983) as espécies podem ser classificadas como possuindo floração: 1. precoce (floração no início da estação chuvosa), 2. retardada (floração no meio da estação favorável); 3. tardia (floração na estação seca) e 4. oportunista (floração ocasional ou fortuita). As espécies foram ainda classificadas quanto à síndrome de dispersão do diásporo; de acordo com van der Pijl (1982) em: 1. zoocóricas (dispersão por animais); 2. anemocóricas (dispersão pelo vento) e 3. autocóricas (dispersão espontânea).

Para verificar possíveis relações entre a cobertura de copa, produção de novas folhas, floração e maturação dos frutos e as variações climáticas (precipitação, temperatura mínima, temperatura máxima e déficit de pressão de vapor (DPV) foi utilizada a análise de correlação de Spearman (r_s) (Zar 1999). O DPV foi calculado a partir da umidade relativa e da temperatura média do ar de acordo com Rundel & Jarrel (1989). Para maior refinamento da análise foi calculada a média quinzenal para as variáveis climáticas, se ajustando assim aos dados fenológicos que também tiveram observações quinzenais. Os dados climáticos do período de estudo, e dos últimos dez anos para precipitação foram fornecidos pela Estação Meteorológica da UNEMAT em Nova Xavantina-MT (INMET 83319-MT), distante cerca de 800 m do área de estudo.

3. Resultados

3.1. Dados climáticos

Para caracterização completa dos dois períodos secos que podem ter interferido nos eventos fenológicos optou-se por apresentar os dados climáticos de maio de 2008 a setembro de 2009 (Figura 1). Durante o período de estudo (outubro de 2008 a setembro de 2009), a precipitação anual foi 1.333 mm, semelhante à média dos últimos dez anos (1.400 mm), entretanto, a média de precipitação para o período de maio a setembro entre os anos de 1999 e 2008 foi 41 ± 33 mm. Para este período, em 2008, a precipitação foi 17 mm sendo que num período de quatro meses (maio a agosto) não houve precipitação. Já em 2009, neste mesmo período, foi registrada precipitação anual de 126,6 mm com ausência completa de chuva apenas em julho (Figura 1).

As temperaturas médias mensais durante o período de estudo variaram entre 28° C (outubro) e 22° C (junho), com média anual de 25° C. As temperaturas mínimas mensais variaram entre 23° C (novembro) e 15° C (julho), com média anual de 20° C, enquanto as temperaturas máximas mensais variaram entre 38° C (setembro) e 31° C (dezembro), resultando em uma média anual de 34° C (Figura 1).

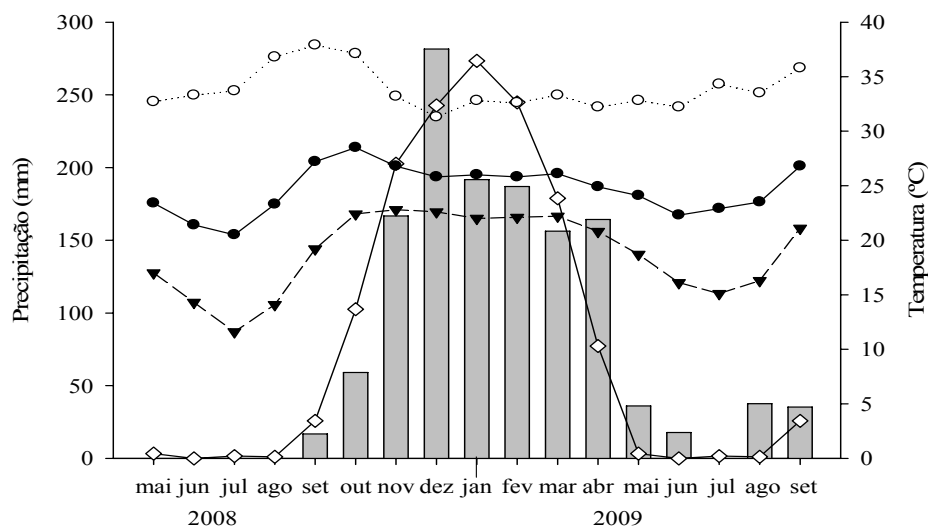


Figura 1. Climatograma do Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT entre agosto de 2008 e setembro de 2009. Precipitação (■); Média mensal de precipitação para os últimos dez anos (◇); Médias mensais das temperaturas máximas (○); Médias mensais das temperaturas do ar (●); Médias mensais das temperaturas mínimas (▼).

Figure 1. Climatograph for the Municipal Park Bacaba, Nova Xavantina-MT from August 2008 and September 2009. Precipitation (■); Average monthly temperature for the past ten years (◇); Averages monthly of maximum temperature (○); Average monthly air temperatures (●); Averages monthly of minimum temperature (▼).

3.2. Comportamento fenológico do conjunto de espécies

A cobertura de folhagem na copa apresentou comportamento sazonal, com índice de Fournier de cobertura de copa (IFCC) sempre próximo de 100% ao longo de todo período chuvoso. A folhagem na copa começou a reduzir a partir do início do período do seco, no mês de junho, alcançando os menores valores de IFCC no mês de setembro (40% em 2008 e 60% em 2009) (Figura 2A). O brotamento ocorreu durante todo o ano, sendo mais intenso na transição entre período seco e o chuvoso (IFBR = 41% em outubro de 2008; IFBR = 36% em outubro de 2009) (Figura 2A), fato que levou à maior proporção de folhas jovens e à recomposição da folhagem na copa no início do período chuvoso (Figuras 2A e 2B). Folhas senescentes e jovens apareceram em maior proporção no final do período seco e início das chuvas (setembro e outubro), sendo que nos demais meses do ano a folhagem foi composta predominantemente por folhas adultas (Figura 2B).

Todas as espécies estudadas floresceram durante o período de estudo. A floração ocorreu ao longo de todo ano, com picos pouco definidos em dois momentos distintos, o primeiro na estação chuvosa com um índice de Fournier de floração (IFFL de 6,3% em novembro de 2008) e o segundo na estação seca, com IFFL= 6% em junho de 2009 (Figura 2C). Durante todo o período de estudo houve pelo menos uma espécie com frutos imaturos, sendo que os maiores índice de Fournier de frutos imaturos (IFFI) foram registrados no final do período seco, entre agosto e outubro. A maturação dos frutos ocorreu com maior intensidade entre os meses de setembro e dezembro, ou seja, na transição entre os períodos seco e chuvoso, permanecendo em baixa intensidade durante a maior parte do período seco (Figura 2C).

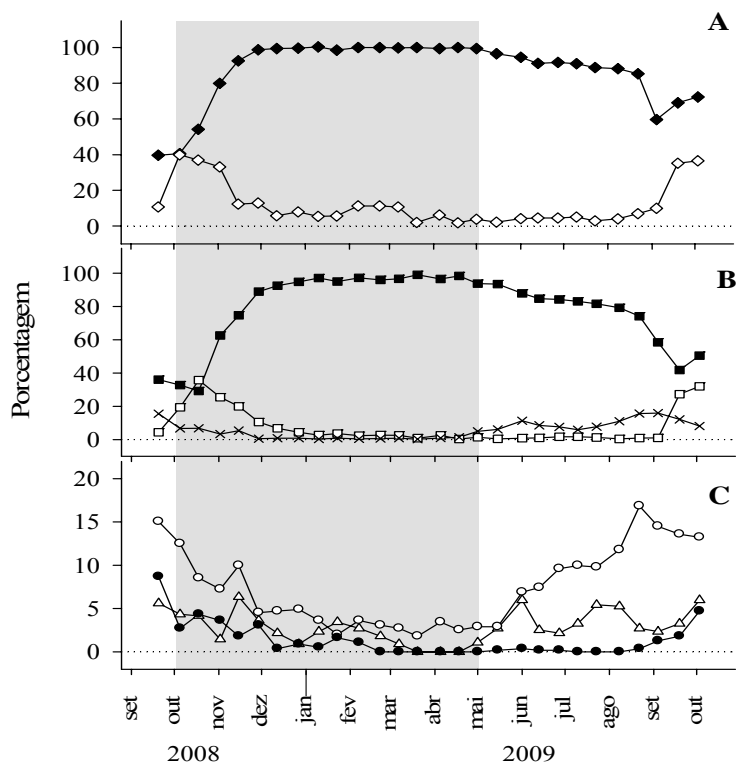


Figura 2. Índice de Fournier (%) dos eventos fenológicos vegetativos (A e B) e reprodutivos (C) para o conjunto de 12 espécies lenhosas em um cerrado típico, entre setembro de 2008 e outubro de 2009 no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. Cobertura de folhagem na copa (◆); brotamento (◇); folha jovem (□), adulta (■), e senescente (×); flor (△); fruto imaturo (○); fruto maduro (●). Ver Material e Métodos para cálculos do Índice de Fournier. Área cinza indica período chuvoso.

Figure 2. Fournier index (%) for the vegetative (A and B) and reproductive (C) phenological events of 12 woody species in a typical cerrado, from September 2008 to October 2009 in the Municipal Park Bacaba, Nova Xavantina-MT. Leaf canopy cover (◆); leaf flushing (◇); young (□), adult (■) and senescent leaf (×); flower (△); unripe fruit (○); ripe fruit (●). See Material and Methods for Fournier index's calculations. The gray area indicates the rainy period.

Em relação ao comportamento fenológico vegetativo das 12 espécies estudadas, quatro são sempre verdes com crescimento contínuo, uma é sempre verde com crescimento sazonal, duas são brevidecíduas e cinco decíduas (Tabela 1). Quanto ao comportamento das espécies em relação ao período de floração (Oliveira 2008), três são precoces, cinco são retardadas e quatro são tardias. Cinco espécies, todas zoocóricas, dispersaram frutos na estação chuvosa; quatro espécies, sendo três anemocóricas e uma zoocórica, dispersaram frutos na estação seca e três espécies, duas anemocóricas e uma zoocóricas dispersaram frutos na transição seca/chuva (Tabela 1).

Tabela 1. Espécies lenhosas estudadas em um cerrado sentido restrito no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina, MT, e seus respectivos comportamentos fenológicos e síndromes de dispersão. PRE = precoce, RET = retardada, TAR = tardia, Zoo = zoocórica; Ane = anenocórica.

Table 1. Woody species investigated in a cerrado *sensu stricto* in the Municipal Park Bacaba, Nova Xavantina-MT, and their respective phenological behavior and dispersal syndrome. PRE = precocious flowering, RET = delayed flowering, TAR = tardy flowering, Zoo = zoochorous; Ane = anemochorous.

Grupos fenológicos vegetativos ¹ /Espécies	Famílias	N	Floração ²	Dispersão	Síndromes de dispersão ³
Sempre verdes com crescimento contínuo (SVC)					
<i>Myrcia lanuginosa</i> O. Berg.	Myrtaceae	13	PRE	Chuva	Zoo
<i>Ouratea hexasperma</i> (A. St.-Hil.) Baill.	Ochnaceae	11	PRE	Chuva	Zoo
<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart. ex Engl.) Engl.	Ochnaceae	12	PRE	Chuva	Zoo
<i>Roupala montana</i> Aubl.	Proteaceae	12	TAR	Seca/chuva	Ane
Sempre verdes com crescimento sazonal (SVS)					
<i>Byrsonima pachyphylla</i> Kunth	Malpighiaceae	12	TAR	Chuva	Zoo
Brevidecíduas (BDC)					
<i>Davilla elliptica</i> A. St.-Hil.	Dilleniaceae	12	TAR	Seca/chuva	Zoo
<i>Eugenia aurata</i> O. Berg.	Myrtaceae	6	RET	Seca	Zoo
Decíduas (DEC)					
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	Malpighiaceae	12	RET	Chuva	Zoo
<i>Kielmeyera rubriflora</i> Cambess.	Clusiaceae	12	TAR	Seca	Ane
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Vochysiaceae	12	RET	Seca	Ane
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	Vochysiaceae	12	RET	Seca/chuva	Ane
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	Vochysiaceae	11	RET	Seca	Ane

1. Lenza & Klink (2006); 2. Oliveira (2008); 3. van der Pijl (1982).

3.3. Comportamento fenológico vegetativo das populações

Espécies sempre verdes com crescimento contínuo (SVC) - As espécies deste grupo apresentaram discreta redução na cobertura de copa (IFCC sempre superior a 50%) e aumento em folhas senescentes (IFFS geralmente inferior 20%) em curto período na transição entre a estação seca e a chuvosa, sem que houvesse a troca completa da folhagem dos indivíduos nesse período. Ao contrário, o brotamento para a maioria das espécies ocorreu por tempo prolongado com produção de folhas jovens tanto na estação seca quanto na chuvosa. Dessa forma, houve renovação quase contínua da folhagem, com elevada porcentagem de folhas adultas nas copas dos indivíduos ao longo do ano com troca intensa, mas apenas parcial da folhagem, entre os períodos seco e chuvoso (Figura 3). Nas espécies *Myrcia lanuginosa*, *Ouratea hexasperma* e *O. spectabilis* a troca parcial da folhagem foi mais evidente, intensa e prolongada durante o período seco de 2008 (mais severo considerando o mês de setembro como representativo para o período) em relação ao período seco de 2009 (menos severo) (Figuras 1 e 3).

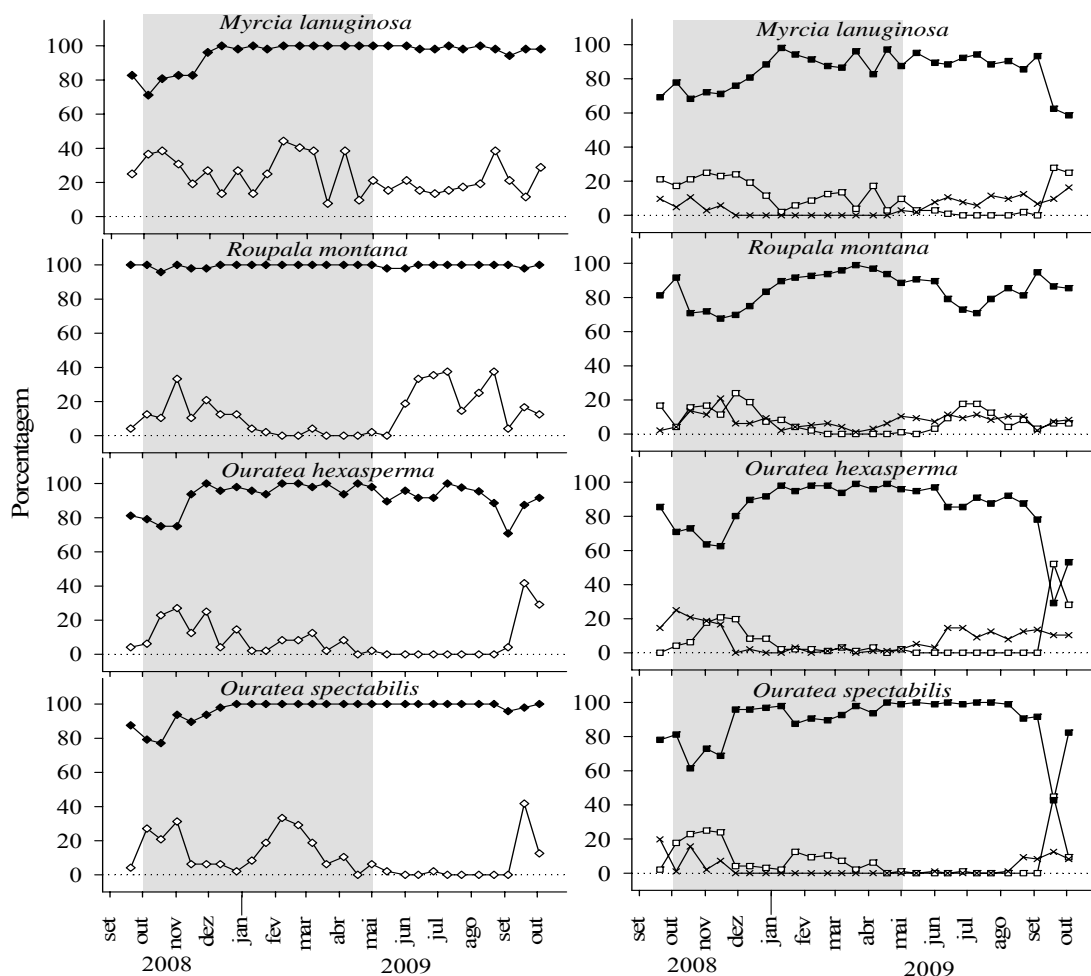


Figura 3. Índice de Fournier (%) dos eventos fenológicos vegetativos das espécies sempre verdes com crescimento contínuo em um cerrado típico, entre 2008 e 2009 no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. Cobertura de folhagem na copa (◆); brotamento (◇) folha jovem (□), adulta (■), e senescente (×). Área cinza indica período chuvoso.

Figure 3. Fournier index (%) for the vegetative phenological events of evergreen species with continuous growth in a typical cerrado, from 2008 to 2009 in the Municipal Park Bacaba, Nova Xavantina-MT. Leaf canopy cover (◆); leaf flushing (◇); young (□), adult (■) and senescent leaf (×). The gray area indicates the rainy period.

Espécies sempre verdes com crescimento sazonal (SVS) - Este comportamento apresentado apenas por *Byrsonima pachyphylla*, foi caracterizado por brotamento e queda de folhas fortemente sazonais e com maior concentração no final do período seco e início do período chuvoso (agosto a novembro) (Figura 4 A e B). A cobertura de copa alcançou os menores valores no final do período seco, no mês de setembro. No mês de outubro houve a maior brotação e a proporção de folhas jovens na copa apresentou os maiores índices (IFFJ = 48%). Assim, no final da estação seca, a senescência e queda foliar quase concomitante com a formação de folhas novas na copa, levaram a troca completa da folhagem dos indivíduos. No restante do ano, a espécie se manteve com copa máxima composta predominantemente por folhas adultas (Figura 4B). A redução da cobertura da copa em *B. pachyphylla* foi mais intensa no período seco de 2008

(IFCC = 47% em setembro de 2008) em relação ao período seco de 2009 (IFCC= 73% em setembro de 2008).

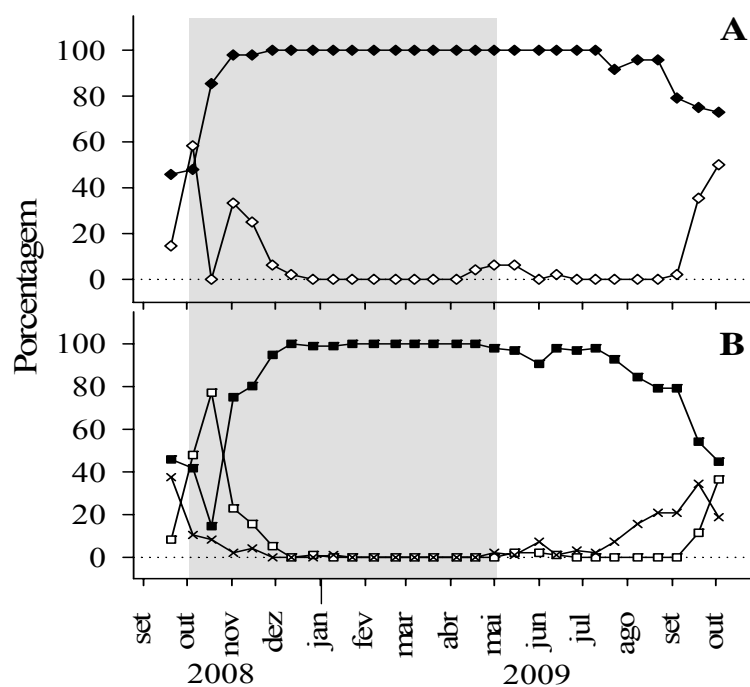


Figura 4. Índice de Fournier (%) dos eventos fenológicos vegetativos da espécie sempre verde com crescimento sazonal (*Byrsonima pachyphylla*) em um cerrado típico no Parque Municipal do Bacaba em Nova Xavantina-MT, entre 2008 e 2009. Cobertura de folhagem na copa (◆); brotação (◇); folha jovem (□), adulta (■), e senescente (X). Área cinza indica período chuvoso.

Figure 4. Fournier index (%) for the vegetative phenological events of evergreen with seasonal growth (*Byrsonima pachyphylla*) in a typical cerrado, from 2008 to 2009 in the Municipal Park Bacaba, Nova Xavantina-MT. Leaf canopy cover (◆); leaf flushing (◇); young (□), adult (■) and senescent leaf (X). The gray area indicates the rainy period.

Espécies brevidecíduas (BDC) - A copa das duas espécies brevidecíduas (*Davilla elliptica* e *Eugenia aurata*), foi composta principalmente por folhas adultas durante todo o período chuvoso (novembro a abril) e na maior parte do período seco (maio a agosto). A troca completa da folhagem, caracterizada por pico de senescência foliar antecedendo um pico de brotação e produção de folhas novas, foi altamente concentrada nos meses de setembro e outubro, ou seja, no final da estação seca (Figura 5). Nesses dois meses, as duas populações apresentaram baixa cobertura de copa (IFCC geralmente inferiores a 50%) (Figura 5) e todos os indivíduos permaneceram sem copa, em algum momento, por um período de aproximadamente duas semanas. Tanto em *Davilla elliptica* quanto em *Eugenia aurata* a redução de copa foi mais intensa no período seco de 2008 (IFCC = 8% e 21% respectivamente) do que no período seco de 2009 (IFCC = 29% e 58% respectivamente). Em *D. elliptica* foi observada a produção de folhas, embora menos intensa, também ao longo do período chuvoso.

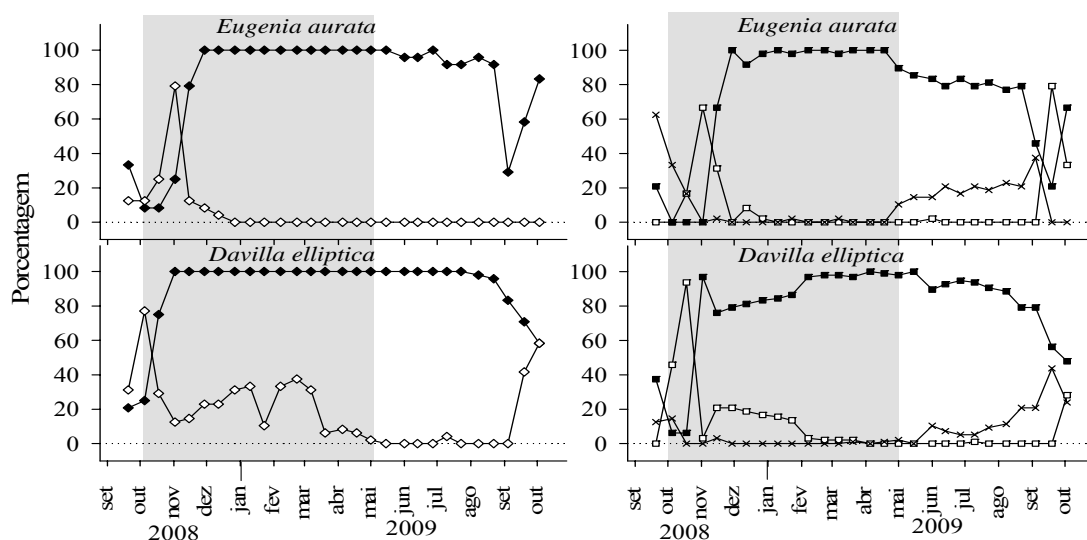


Figura 5. Índice de Fournier (%) dos eventos fenológicos vegetativos de duas espécies brevidecíduas em um cerrado típico, entre 2008 e 2009 no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. Cobertura de folhagem na copa (◆); brotação (◇); folha jovem (□), adulta (■), e senescente (×). Área cinza indica período chuvoso.

Figure 5. Fournier index (%) for the vegetative phenological events of two brevideciduous species in a typical cerrado, from 2008 to 2009 in the Municipal Park Bacaba, Nova Xavantina-MT. Leaf canopy cover (◆); leaf flushing (◇); young (□), adult (■) and senescent leaf (×). The gray area indicates the rainy period.

Espécies decíduas (DEC) - O comportamento fenológico vegetativo das cinco espécies decíduas foi semelhante àquele apresentado pelas espécies brevidecíduas. Ou seja, a senescência, brotação e renovação da folhagem se concentraram no fim da estação seca e início das chuvas, enquanto que, ao longo do período chuvoso, a copa dos indivíduos foi composta predominantemente por folhas adultas (Figura 6). No entanto, os indivíduos das espécies decíduas permaneceram completamente sem folhas por período geralmente superior a um mês. A redução na cobertura de folhagem na copa das populações estudadas foi absoluta ao final do período seco de 2008 (IFCC = 0%), sendo que o período de deciduidade completa foi variável entre as espécies e entre os dois períodos secos analisados. Por exemplo, em *Kielmeyera rubriflora*, o período de senescência total na população foi mais longo, com quase três meses sem nenhuma folha na copa, enquanto em *Byrsonima coccolobifolia* a população se manteve completamente sem folhas por um período máximo de 15 dias. Em relação aos dois períodos secos (tomando o setembro de 2008 por base em 2008), notou-se que, para quatro das cinco populações estudadas, exceto *K. rubriflora*, a duração e a intensidade do período de deciduidade foram sempre maiores na estação seca mais severa, ou seja, no ano de 2008.

3.4. Comportamento fenológico reprodutivo das populações

As doze espécies estudadas apresentaram padrão de floração fortemente sazonal. Entretanto, para algumas espécies, como *Qualea parviflora* e *Byrsonima coccolobifolia*, foram observados indivíduos florescendo isoladamente, fora do período de floração das suas populações (Figura 7), no entanto, observando individualmente os dados destes indivíduos, esta floração invariavelmente não levou à

formação de frutos maduros. Apesar da sazonalidade de floração específica, a variação no momento de ocorrência desta fenofase entre as espécies, fez com que só no mês de abril não fosse observada pelo menos uma espécie em floração (Figura 2C).

O tempo de desenvolvimento dos frutos apresentou grande variação entre as espécies, levando mais de seis meses em *Qualea parviflora* e *Q. multiflora*, enquanto em *Byrsonima coccolobifolia* o desenvolvimento durou pouco mais de um mês (Figura 7). No entanto, independente do tempo decorrido entre o pico de floração e o de maturação dos frutos, a dispersão das sementes foi concentrada na transição entre a seca e a chuva, com nove das 12 espécies com pico de maturação dos frutos entre os meses de setembro e novembro (figura 7).

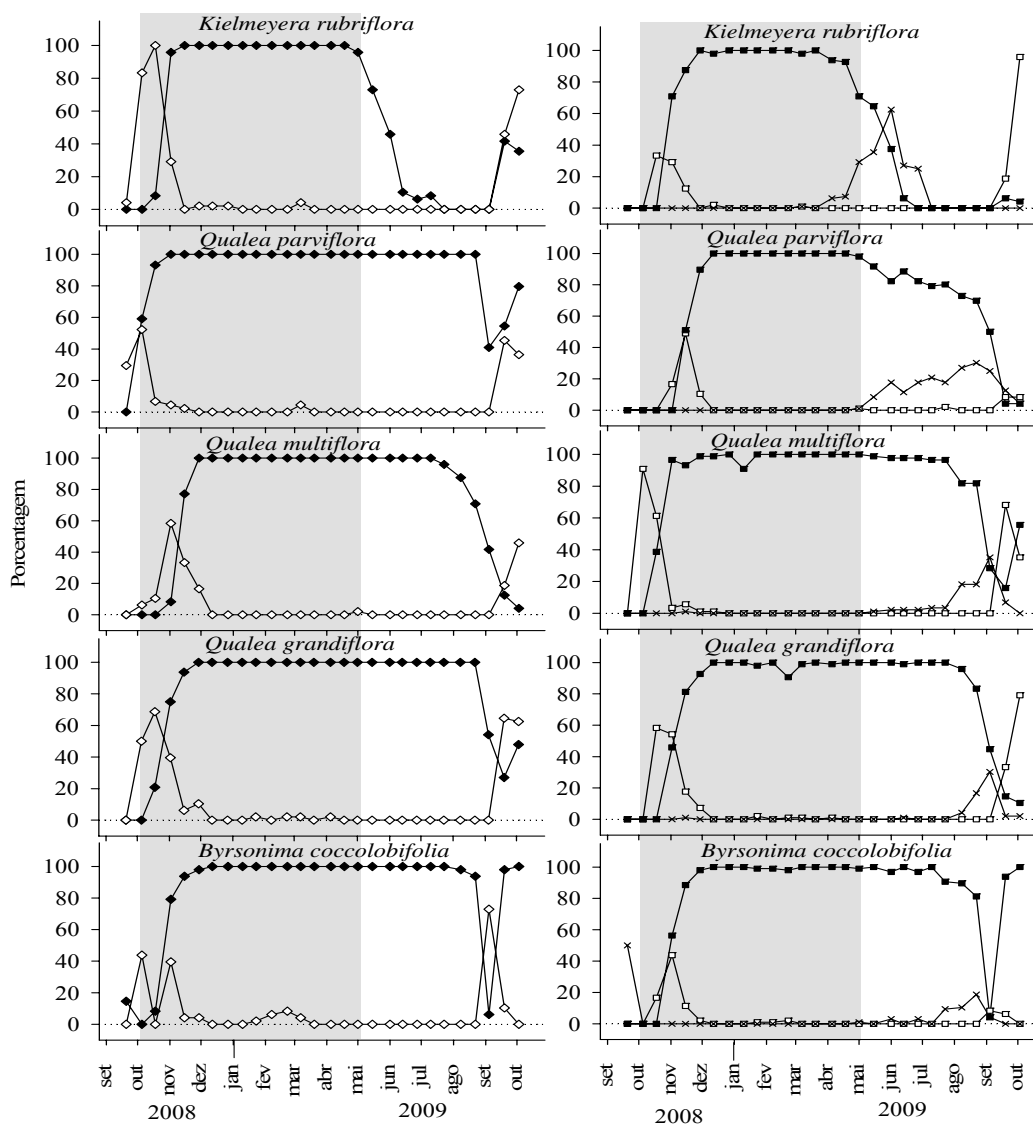


Figura 6. Índice de Fournier (%) dos eventos fenológicos vegetativos das espécies decíduas em um cerrado típico, entre 2008 e 2009 no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. Cobertura de folhagem na copa (◆); brotação (◇); folha jovem (□), adulta (■), e senescente (×). Área cinza indica período chuvoso.

Figure 6. Fournier index (%) for the vegetative phenological events of deciduous species in a typical cerrado, from 2008 to 2009 in the Municipal Park Bacaba, Nova Xavantina-MT. Leaf canopy cover (◆); leaf flushing (◇); young (□), adult (■) and senescent leaf (×). The gray area indicates the rainy period.

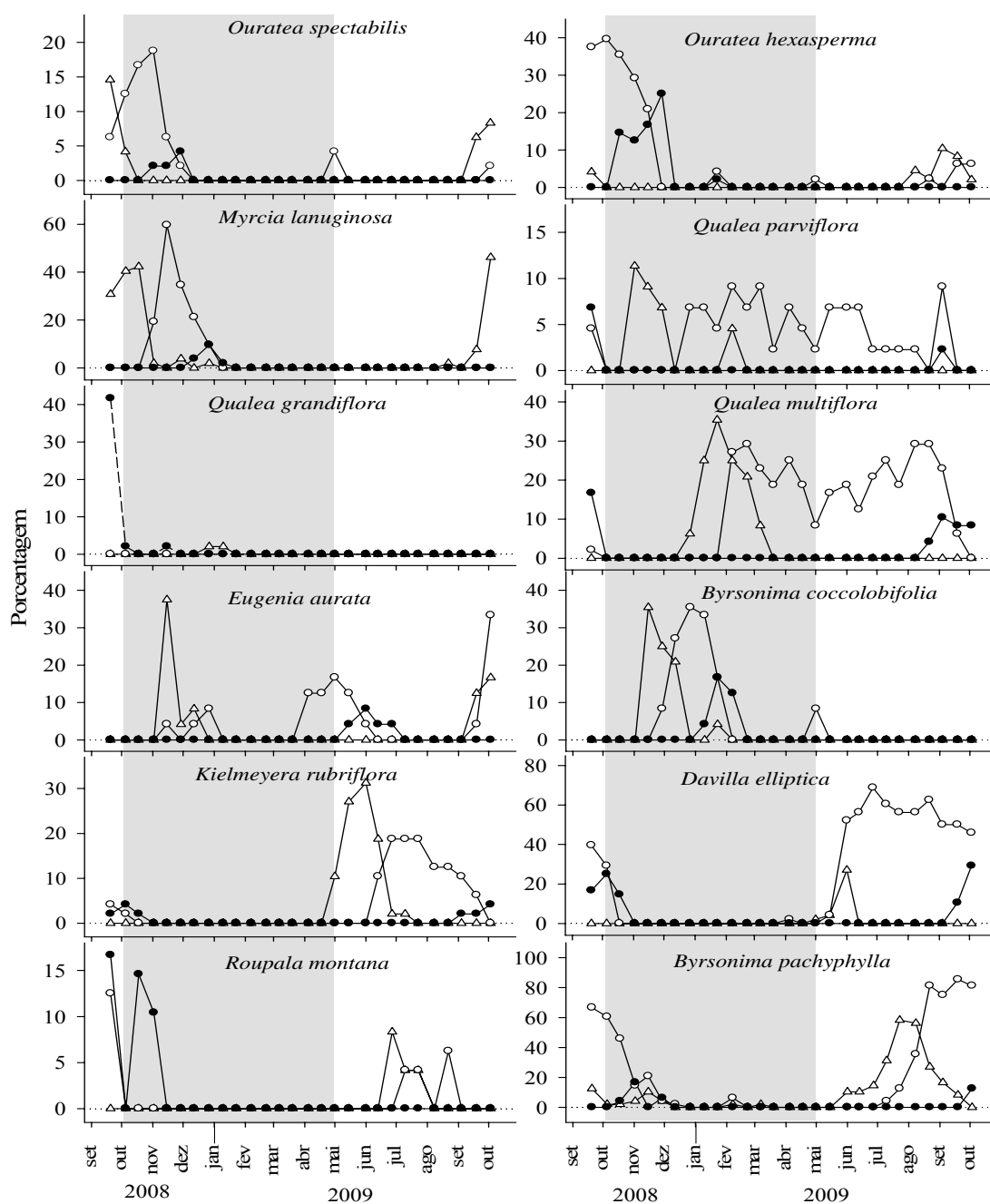


Figura 7. Índice de Fournier (%) dos eventos fenológicos reprodutivos de 12 espécies lenhosas em um cerrado típico, entre 2008 e 2009 no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. Flor (Δ); fruto imaturo (\circ); fruto maduro (\bullet). Área cinza indica período chuvoso.

Figure 7. Fournier index (%) for the reproductive phenological events of 12 woody species in a typical cerrado, from 2008 to 2009 in the Municipal Park Bacaba, Nova Xavantina-MT. Flower (Δ); unripe fruit (\circ); ripe fruit (\bullet). The gray area indicates the rainy period.

3.5. Relação entre fenofases e variáveis climáticas

A cobertura de copa de 11 das 12 espécies estudadas, independente da categoria do comportamento fenológico vegetativo, apresentou correlação negativa e significativa com a temperatura máxima e o DPV (déficit de pressão de vapor), sempre com maiores valores de correlação observados para o DPV. Só *Roupala montana*, espécie estritamente sempre-verde, não apresentou relação entre a cobertura de copa e a temperatura máxima e o DPV. Foi observada correlação entre precipitação e cobertura de copa para quatro espécies e entre temperatura mínima e cobertura de copa para duas espécies e essas correlações ocorreram para espécies pertencentes a distintos grupos fenológicos vegetativos (Tabela 2).

A temperatura mínima foi a variável climática mais relacionada com o brotamento das espécies estudadas (correlação positiva com nove espécies), ainda que cinco espécies apresentassem correlação entre o brotamento e o DPV, três com a temperatura máxima e duas com a precipitação. Em geral, as correlações ocorreram independentemente do comportamento fenológico das espécies, ou seja, uma mesma variável climática se correlacionou de maneira semelhante com espécies com comportamentos fenológicos distintos (Tabela 2).

A temperatura mínima também apresentou correlação significativa com a floração para a maioria das espécies estudadas (cinco positivas e quatro negativas), embora tenha sido observada correlação dessa fenofase com o DPV (quatro positivas e duas negativas), com a temperatura máxima (quatro positivas e duas negativas) e com a precipitação (uma positiva e três negativas) (Tabela 2).

As cinco espécies anemocóricas e uma zoocórica com fruto deiscente (*Davilla elliptica*) apresentaram relação positiva e significativa entre a maturação dos frutos e a temperatura máxima e o DPV, indicando que a dispersão dos diásporos destas espécies ocorre quando há um aumento na temperatura máxima e na demanda evaporativa do ar. As correlações entre o período de maturação e as variáveis precipitação e temperatura mínima foram menos evidentes e conclusivas para as 12 espécies estudadas.

Analisando conjuntamente as 192 correlações possíveis entre as quatro variáveis climáticas e as quatro fenofases das 12 espécies estudadas, nota-se que a precipitação é a variável climática com menor número de correlações significativas. Observa-se ainda que o brotamento das espécies está consistentemente relacionado com elevações na temperatura mínima e que aumentos na cobertura de copa estão fortemente associados com temperaturas máximas mais baixas e com um menor déficit de pressão de vapor.

Tabela 2. Matriz de correlação de Spearman (r_s) entre a precipitação absoluta em intervalos quinzenais (PR), médias quinzenais das temperaturas mínimas (TMI), médias quinzenais das temperaturas máximas (TMX), déficit de pressão de vapor (DPV) e as fenofases de cobertura de copa, brotação, floração e dispersão de frutos para 12 espécies lenhosas estudadas no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT.

Table 2. Spearman's correlation matrix (r_s) between absolute precipitation fortnightly (PR), fortnightly average minimum temperature (TMI), fortnightly average maximum temperature (TMX), vapour pressure deficit (DPV) and the phenophases of canopy cover, leaf flushing, flowering and fruit dispersion for 12 woody species studied in the Municipal Park Bacaba, Nova Xavantina-MT.

Copa	Copa				Brotação				Floração				Maturação			
	PR	TMI	TMX	DPV	PR	TMI	TMX	DPV	PR	TMI	TMX	DPV	PR	TMI	TMX	DPV
Sempre verdes com crescimento contínuo (SVC)																
<i>M. lanuginosa</i>	0,16	-0,33	-0,50*	-0,69*	0,26	0,30	0,11	-0,02	-0,11	0,44*	0,55*	0,64*	0,39*	0,32	-0,43*	-0,36
<i>O. hexasperma</i>	0,26	0,01	-0,41*	-0,66*	0,42*	0,82*	0,16	-0,01	-0,50*	-0,53*	0,54*	0,61*	0,25	0,57*	0,15	0,23
<i>O. spectabilis</i>	0,10	-0,56*	-0,52*	-0,59*	0,37	0,64*	0,09	-0,17	-0,36	-0,08	0,72*	0,76*	0,24	0,55*	0,05	0,14
<i>R. montana</i>	0,14	-0,19	-0,16	-0,28	-0,45*	-0,24	0,17	0,54*	-0,57*	-0,67*	-0,18	0,12	-0,24	0,22	0,40*	0,43*
Sempre verdes com crescimento sazonal (SVS)																
<i>B. pachyphylla</i>	0,40*	-0,03	-0,80*	-0,84*	-0,24	0,38*	0,38*	0,47*	-0,77*	-0,68*	0,32	0,60*	0,04	0,48*	0,19	0,26
Brevidecíduas (BDC)																
<i>D. elliptica</i>	0,38*	0,02	-0,74*	-0,77*	0,33	0,68*	0,11	-0,14	-0,31	-0,41*	-0,38*	-0,21	-0,40*	0,15	0,61*	0,61*
<i>E. aurata</i>	0,49*	0,02	-0,73*	-0,86*	-0,21	0,42*	0,43*	0,58*	0,15	0,49*	0,15	0,24	-0,35	-0,48*	-0,40*	-0,06
Decíduas (DEC)																
<i>K. rubriflora</i>	0,75*	0,56*	-0,61*	-0,81*	-0,08	0,56*	0,38	0,35	-0,18	0,44*	0,41*	0,56*	-0,35	0,13	0,68*	0,67*
<i>Q. grandiflora</i>	0,26	-0,33	-0,66*	-0,69*	-0,13	0,19	0,29	0,29	0,37	0,35	-0,23	-0,16	-0,14	0,22	0,40*	0,42*
<i>Q. multiflora</i>	0,34	-0,15	-0,77*	-0,82*	-0,07	0,53*	0,35	0,40*	0,53*	0,31	-0,42*	-0,62*	-0,27	-0,16	0,51*	0,54*
<i>Q. parviflora</i>	0,36	-0,09	-0,67*	-0,67*	-0,24	0,39*	0,59*	0,53*	0,07	0,49*	0,19	0,18	-0,19	-0,08	0,41*	0,41*
<i>B. coccolobifolia</i>	0,18	-0,32	-0,71*	-0,79*	0,14	0,58*	0,42*	0,27	0,22	0,62*	0,11	0,20	0,16	0,05	0,02	-0,17

*Significativo em nível de 5%

4. Discussão

A abscisão foliar e o brotamento concentrados no período seco, evidencia forte sazonalidade para as fenofases nas espécies estudadas. Esta dinâmica foliar fortemente sazonal é comum para comunidades lenhosas de fitofisionomias savânicas do bioma Cerrado (Mantovani & Martins 1988, Oliveira & Gibbs 2000, Lenza & Klink 2006, Oliveira 2008), determina o caráter semidecidual sazonal da vegetação lenhosa (Lenza & Klink 2006) e sugere que a restrição hídrica é um dos fatores determinante dos eventos fenológicos vegetativos das espécies lenhosas. Tomados em conjunto, os estudos sobre o comportamento fenológico vegetativo de espécies lenhosas de formações savânicas do Cerrado indicam que o comportamento de troca completa (decíduo e brevidecíduo), como observado em sete das doze espécies estudadas, ou parcial da folhagem (sempre verde com crescimento sazonal), como em *Byrsonima pachyphylla*, é a estratégia mais amplamente adotada pelas espécies para lidar com as restrições ambientais (Franco et al. 2005, Lenza & Klink 2006, Pirani et al 2009).

Em geral, essas espécies possuem adaptações morfológicas e ecofisiológicas que limitam a perda e maximizam o uso de água em resposta à limitação hídrica sazonal, como forte controle estomático (Franco et al. 2002, Naves-Barbiero et al. 2000), folhas pilosas e esclerófilas (Oliveira et al. 2003) e raízes profundas, capazes de absorver e armazenar água (Warming 1973, Oliveira & Silva 1993, Oliveira et al. 2005). Entre estas adaptações, a perda ou substituição completa da folhagem no período hídrico desfavorável também atua como um mecanismo na economia e eficiência do uso de água pelas plantas, como observado para oito das doze espécies aqui estudadas. Assim, a redução na disponibilidade de água na estação seca parece funcionar como fator de indução à queda de folhas, como discutido por Pedroni et al. (2002).

Oito das 12 populações avaliadas no presente estudado apresentaram evidências da indução climática e do ajuste fenológico das plantas à condição de redução da disponibilidade de água, uma vez que a abscisão foliar dessas espécies foi mais intensa em 2008 que apresentou menor pluviosidade no período seco (maio a setembro) do que no mesmo período do ano de 2009. O fato da copa de 11 das 12 espécies estudadas ter apresentado relação negativa e significativa com o DPV confirma esta idéia, indicando que o aumento da demanda evaporativa leva invariavelmente a uma perda da folhagem da copa das plantas, independentemente do comportamento fenológico apresentado pela espécie. Apesar do papel chave da precipitação como fonte de água para as plantas, o presente estudo sugere que a abscisão foliar parece responder mais diretamente à demanda evaporativa do ar. Segundo Lenza (2005), a disponibilidade de água no solo também exerce influência sobre os eventos fenológicos vegetativos de espécies lenhosas de cerrado sentido restrito. Assim, os eventos fenológicos vegetativos das espécies parecem depender do balanço entre água disponível no solo e a demanda de água na atmosfera e aguardam estudos específicos para sua confirmação.

Algumas espécies podem apresentar o mesmo comportamento de abscisão foliar em diferentes regiões, como em *Qualea parviflora*, que se comportou como decídua tanto neste estudo como nos estudos de Figueiredo (2008), no nordeste do Maranhão e de Marquis et al. (2001) e Franco et al. (2005), ambos no Distrito Federal (Tabela 3). Outras podem apresentar variações como *Roupala montana* e *Davilla elliptica*, que se comportaram respectivamente como SVC e BDC no presente estudo e como SVS

e DEC no estudo de Lenza & Klink (2006) (Tabela 3). Este fato indica que a produção e queda foliar em espécies lenhosas do cerrado sentido restrito pode apresentar plasticidade fenotípica, permitindo que as espécies apresentem ampla distribuição espacial no bioma e ainda ocupem ecossistemas com distintos substratos e níveis de restrição hídrica.

A temperatura mínima parece ser a variável climática mais fortemente determinante da indução do brotamento e da floração no conjunto das espécies estudadas. A emissão de folhas jovens concentrada principalmente na transição entre as estações de seca e chuva, como observado em Lenza & Klink (2006), e a correlação significativa desta fenofase principalmente com a temperatura mínima (presente estudo) ou a temperatura média (Pirani et al. 2009), sugerem que a brotação das espécies estudadas é possivelmente induzida por mudanças na temperatura. O aumento da temperatura mínima parece sinalizar o início do período chuvoso, estimulando a brotação para recomposição da copa e maximização do processo de fotossíntese durante o período chuvoso. Folhas recém formadas são mais suscetíveis à lixiviação de nutrientes pela água das chuvas (Sarmiento et al. 1985) e sua produção justamente na transição entre seca e chuva, período no qual as precipitações ainda são menos intensas, pode ser uma estratégia para reduzir perdas de nutrientes por lixiviação dos tecidos foliares (Lenza & Klink 2006).

Apesar de haver espécies em floração ao longo do ano, houve maior número de espécies em floração no início e durante a estação chuvosa, como também constatado em cerrados de São Paulo (Mantovani & Martins, 1988, Tannus et al. 2006), Distrito Federal (Lenza & Klink 2006) e Goiás (Batalha & Martins 2004). Segundo Mantovani & Martins (1988), este padrão pode ser visto como uma adaptação às condições de aumento na precipitação, temperatura média mensal e fotoperíodo. Em espécies como *Qualea grandiflora*, *Q. parviflora*, *Q. multiflora* e *Byrsonima coccolobifolia*, apenas após a recomposição da folhagem na copa ao final da estação seca é que ocorre a floração, fato que restringe a ocorrência desse evento à estação chuvosa.

Quatro espécies do presente estudo foram estudadas também por Lenza & Klink (2006) no Distrito Federal e três delas, *Ouratea hexasperma*, *Qualea grandiflora* e *Roupala montana*, apresentaram o mesmo padrão de floração (precoce, retardada e tardia, respectivamente) registrado no presente estudo. Entretanto, *Davilla elliptica* que se comportou como tardia no presente estudo apresentou floração retardada no estudo de Lenza & Klink (2006), indicando que a precipitação pode não ser determinante no ajuste temporal da floração desta espécie. Além do mais, das variáveis ambientais analisadas no presente estudo, a floração desta espécie só apresentou relação com a temperatura mínima e parece haver um ótimo para floração desta espécie, visto que no presente estudo a floração começou em maio, quando a média da temperatura mínima mensal foi de 18° C e no estudo de Lenza e Klink (2006) a espécie começou a florir em janeiro quando a média mensal de temperatura mínima também estava em torno de 17 a 18° C.

O padrão de floração anual e unimodal com picos rápidos e sincrônicos, apresentado pela maioria das espécies do presente estudo, também foi verificado por Lenza & Klink (2006), constituindo estratégia que parece ser comum entre as espécies polinizadas por insetos, favorecendo a atração de polinizadores e facilitando o fluxo de pólen e a polinização cruzada (Augsburger 1981, Marquis 1988).

Como observado também no presente estudo, as espécies anemocóricas de comunidades lenhosas de Cerrado, de forma geral, dispersam frutos durante o período seco, enquanto a dispersão de

espécies zoocóricas ocorre predominantemente durante o período chuvoso (Mantovani & Martins 1988, Batalha & Mantovani 2000, Lenza & Klink 2006, Oliveira 2008). Uma exceção a este padrão foi observado para *Eugenia aurata* que, sendo zoocórica dispersou frutos durante a estação seca (maio a julho de 2009). Entretanto, o referido episódio de frutificação parece ser um evento esporádico, principalmente devido à baixa intensidade, e ao fato de dois meses após (setembro de 2009), se iniciar um novo evento reprodutivo com maior intensidade. Esta explicação está de acordo com Oliveira & Paula (2001) que apresentam o período de frutificação de *Eugenia aurata* como sendo de setembro a abril, uma estação predominantemente chuvosa no bioma Cerrado.

A dispersão de frutos anemocóricos na estação seca, como verificado no presente estudo, é favorecida pelo dessecamento do pericarpo provocado principalmente pela baixa umidade do ar e o aumento na velocidade dos ventos (Batalha & Mantovani 2000, Oliveira 2008). O fato da dispersão de todas as espécies anemocóricas apresentar relação positiva e significativa com o DPV confirma esta idéia. Nesse sentido, a redução da cobertura de folhas na vegetação neste período, também facilita a abertura dos frutos e a dispersão das sementes (Lenza & Klink 2006). Por outro lado, a maturação dos frutos zoocóricos durante o período chuvoso é favorecida pela maior atividade dos dispersores durante este período, e pela alta umidade que garante uma atratividade dos frutos por períodos mais prolongados melhorando as chances de dispersão (Mantovani & Martins 1988, Batalha & Mantovani 2000, Oliveira 2008).

Diferente do comportamento de floração, com espécies florescendo ao longo de todo o ano, a maturação dos frutos, considerando as 12 espécies conjuntamente, se mostrou fortemente concentrada nos três meses de transição entre a estação seca e a chuvosa (setembro a novembro). Esse fato confirma a proposta de Oliveira (2008) de que há um ajustamento as demais fenofases para garantir que a dispersão, principalmente das sementes que não apresentam dormência, ocorra em um período favorável à sua germinação, que coincide com o início do período chuvoso. Assim, frutos secos e anemocóricos do Cerrado possuem vantagens para dispersão na seca, enquanto frutos carnosos e zoocóricos se beneficiam com a maturação nas chuvas (Batalha & Mantovani 2000, Oliveira 2008), maximizando a dispersão das sementes. Por outro lado a ligação temporal e funcional entre as distintas fenofases parece ser o fator determinante para o sucesso de germinação e estabelecimento dos novos indivíduos na população.

Este estudo sugere um ajuste fenológico vegetativo das espécies lenhosas de cerrado sentido restrito às variações na quantidade de água disponível para as plantas, uma vez que oito das doze espécies aqui estudadas apresentaram deciduidade foliar mais intensa, no ano de 2008, cuja estação seca foi mais rigorosa. A suposta plasticidade fenotípica dos eventos vegetativos, apresentada por essas espécies, fornece a oportunidade de condução de novos estudos testando o valor adaptativo da flexibilidade fenológica na ocupação de ambientes com distintas limitações hídricas e conseqüentemente na distribuição geográfica dessas espécies no bioma Cerrado.

5. Referências bibliográficas

AUGSPURGER, C.K. 1981. Reproductive synchrony of a tropical plant: experimental effects of pollinators and seed predators on *Hybanthus prunifolius* (Violaceae). *Ecology* 62:775-788.

- BATALHA, M.A. & MANTOVANI, W. 2000. Reproductive phenology patterns of cerrado plant species at the Pé-de-Gigante Reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): a comparison between the herbaceous and woody flora. *Rev. Bras. Biol.* 60(1):129-145.
- BATALHA, M.A. & MARTINS, F.R. 2004. Reproductive phenology of the cerrado plant community in Emas National Park (central Brazil). *Aust. J. Bot.* 52:149-161.
- BRIDGEWATER, S., RATTER, J.A. & RIBEIRO, J.F. 2004. Biogeographic patterns, b-diversity and dominance in the cerrado biome of Brazil. *Biodiv. Cons.* 13(12):2295-2318.
- BUCCI, S.J., GOLDSTEIN, G., MEINZER, F.C., FRANCO, A.C. CAMPANELLO, P. & SCHOLZ, F.G. 2005. Mechanisms contributing to seasonal homeostasis of minimum leaf water potential and predawn disequilibrium between soil and plant water potential in Neotropical savanna trees. *Trees* 19(3):296-304.
- COSTA, C.B.N., COSTA, J.A.S., RAMALHO, M. 2006. Biologia reprodutiva de espécies simpátricas de Malpighiaceae em dunas costeiras da Bahia, Brasil. *Rev. Bras. Bot.* 29(1):103-114.
- COUTINHO, L.M. 1990. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. In *Fire in the Tropical Biota: Ecological processes and global challenges*. (J.G Goldammer, ed.). Spring-Verlag, New York. p.82-105.
- DELITTI, W.B.C. 1995. Estudos de ciclagem de nutrientes: instrumentos para a análise funcional de ecossistemas terrestres. In *Oecologia Brasiliensis*. v.1. (F.A. Esteves, ed.). Estrutura, funcionamento e manejo de ecossistemas brasileiros. Ed. IB/UFRJ. Rio de Janeiro. p. 470-485.
- EITEN, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. *Bot. Rev.* 38:201-341.
- FELFILI, J.M., SILVA JUNIOR, 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. *Rev. Bras. Bot.* 22(1):83-90.
- FERNANDES-BULHÃO, C. & FIGUEIREDO P.S. 2002. Fenologia das leguminosas arbóreas em uma área de cerrado marginal no nordeste do Maranhão. *Rev. Bras. Bot.* 25(3):361-369.
- FIGUEIREDO, P.S. 2008. Fenologia e estratégias reprodutivas das espécies arbóreas em uma área marginal de cerrado, na transição para o semi-árido no nordeste do Maranhão, Brasil. *Rev. Trópica* 2(2):8-21.
- FILGUEIRAS, T.S. 2002. Herbaceous plant communities. In *The cerrados of Brazil* (P.S. Oliveira & R.J. Marquis, eds.). Columbia University Press, New York, p.121-138.
- FOURNIER, L.A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba* 24(4):422-423.
- FRANCO, A.C. 1998. Seasonal patterns of gas exchange, water relations and growth of *Roupala montana*, an evergreen savanna species. *Plant Ecol.* 136(1): 69-76.
- FRANCO, A.C. 2002. Ecophysiology of woody plants. In *The cerrados of Brazil* (P.S. Oliveira & R.J. Marquis, eds.). Columbia University Press, New York, p.178-197.
- FRANCO, A.C., BUSTAMANTE, M., CALDAS, L.S., GOLDSTEIN, G., MEINZER, F.C., KOZOVITS, A. R., RUNDEL, P., CORADIN, V.T.R. 2005. Leaf functional traits of Neotropical savanna trees in relation to seasonal water deficit. *Trees* 19:326-335.

- FROST, P.G.H & ROBERTSON, F. 1987. The Ecological Effects of Fire in Savannas. In Ecology and Management of the World Savannas. (J. C. Tothill & J.J. Mott eds.). Australian Academy Science, Camberra. p.93-139.
- HARIDASAN, M. 2000. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. Rev. Bras. Fisiol. Veg. 12:54-64.
- JACKSON, P.C., MEINZER, F.C., BUSTAMANTE, M., GOLDSTEIN, G., FRANCO, A.C., RUNDEL, P.W., CALDAS L.S., IGLER, E. & CAUSIN, F. 1999. Partitioning of soil water among tree species in a Brazilian Cerrado. Tree Physiology 19(11):717-724.
- LENZA, E. 2005. Fenologia, demografia foliar e características foliares de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito no Distrito Federal e suas relações com as condições climáticas. Tese de doutorado, Universidade de Brasília, Brasília.
- LENZA, E. & KLINK, C.A. 2006 Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. Rev. Bras. Bot. 29(4): 627-638.
- MANTOVANI, W. & MARTINS, F.R. 1988. Variações fenológicas das espécies do cerrado da Reserva Biológica de Moji-Guaçu, Estado de São Paulo. Rev. Bras. Bot. 11:101-112.
- MARIMON JUNIOR, B.H. & HARIDASAN, M. 2005. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado stricto sensu em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. Acta Bot. Bras. 19(4): 913-926.
- MARQUIS, R.J. 1988. Phenological variation in the neotropical understory shrub *Piper arieianum*: causes and consequences. Ecology 69(5):1552-1565.
- MARQUIS, R.J., DINIZ, I.R. & MORAIS, H.C. 2001. Patterns and correlates of interspecific variation in foliar insect herbivory and pathogen attack in Brazilian cerradão. J. Trop. Ecol. 17(1):127-148.
- MARQUIS, R.J., MORAIS, H.C & DINIZ, I.R. 2002. Interactions among Cerrado plants and their herbivores: unique or typical? In The cerrados of Brazil (P.S. Oliveira & R.J. Marquis, eds.). Columbia University Press, New York, p.306-328.
- MENDONÇA, R.C, FELFILI, J.M., WALTER, B.M.T., SILVA JUNIOR, M.C., REZENDE, A.V., FILGUEIRAS, T.S., NOGUEIRA, P.E. & FAGG, C.W. 2008. Flora vascular do bioma Cerrado. In Cerrado: Ecologia e flora vol. 2 (S.M. Sano; S.P. Almeida & J.F. Ribeiro, eds.). Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, p.222-1279.
- MIRANDA, H.S., BUSTAMANTE, M. & MIRANDA, A.C. 2002. The fire factor. In The cerrados of Brazil (P.S. Oliveira & R.J. Marquis, eds.). Columbia University Press, New York, p.51-68.
- MIRANDA, H.S., SATO, M.N., ANDRADE, S.M.A., HARIDASAN, M. & MORAIS, H.C. 2004. Queimadas de Cerrado: caracterização e impactos. In Cerrado ecologia e caracterização (Aguilar, L.M.S. & Camargo, A.J.A., eds.). EMBRAPA Cerrados, Planaltina, DF, p. 69-123.
- MORAIS, H.C., DINIZ, I.R. & BAUMGARTEN, L. 1995. Padrões de produção de folhas e sua utilização por larvas de Lepidoptera em um cerrado de Brasília. Rev. Bras. Bot. 18(2): 163-170.
- MUNHOZ, C.R.B. & FELFILI, J.M. 2007. Reproductive phenology of an herbaceous-subshrub layer of a Savannah (Campo Sujo) in the Cerrado Biosphere Reserve I, Brazil. Braz. J. Biol. 67(2):299-307.

- NAVES-BARBIERO, C.C., FRANCO, A.C., BUCCI, S.J. & GOLDSTEIN, G. 2000. Fluxo de seiva e condutância estomática de duas espécies lenhosas sempre-verdes no campo sujo e cerrado. *Rev. Bras. Fisiol. Veg.* 12(2):119-134.
- OLIVEIRA, A.F.M, MEIRELLES, S.T. & SALATINO, A. 2003. Epicuticular waxes from caatinga and cerrado species and their efficiency against water loss. *An. Acad. Bras. Cienc.* 75(4): 431-439
- OLIVEIRA, P.E. & GIBBS, P.E. 2000. Reproductive biology of woody plants in a cerrado community of the central Brazil. *Flora* 195:311-329.
- OLIVEIRA, P.E. & SILVA, J.C.S. 1993. Reproductive Biology of two species of *Kielmeyera* (Guttiferae) in the Cerrados of Central Brazil. *J. Trop. Ecol.* 9(1):67-79.
- OLIVEIRA, P.E. 2008. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de Cerrado. In *Cerrado: ambiente e flora.* (S. M., Sano & S. P., Almeida, eds.). EMBRAPA - Cerrados, Planaltina. p.169-188.
- OLIVEIRA, P.E.A.M. & PAULA, F.R. 2001. Fenologia e biologia reprodutiva de plantas de matas de galeria. In *Cerrado caracterização e recuperação de matas de galeria.* (J.F. Ribeiro, C.E.L. Fonseca & J.C. Sousa-Silva eds.). EMBRAPA-CEPAC, Planaltina. p.303-332.
- OLIVEIRA, R.S., BEZERRA, L., DAVIDSON, E.A., PINTO, F., KLINK, C.A., NEPSTAD, D.C. & MOREIRA, A. 2005. Deep root function in soil water dynamics in cerrado savannas of central Brazil. *Funct. Ecol.* 19(4):574-581.
- OPLER, P.A., FRANKIE, G.W. & BRAWA, K.A. 1976. Rainfall as a factor in the release, timing, and synchronization of anthesis by tropical trees and shrubs. *J. Biogeog.* 3:231-236.
- PEDRONI, F., SANCHEZ, M. & SANTOS, F.A.M. 2002. Fenologia da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf. – Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. *Rev. Bras. Bot.* 25(2): 183-194.
- PIRANI, F.R., SANCHEZ, M. & PEDRONI, F. 2009. Fenologia de uma comunidade arbórea em cerrado sentido restrito, Barra do Garças, MT. *Acta Bot. Bras.* 23(4):1096-1109.
- RADAMBRASIL. 1981. Levantamento de recursos naturais. Rio de Janeiro, Ministério das Minas e Energia 25, folha SD- 22/Goiás.
- RATTER, J.A., BRIDGEWATER, S. & RIBEIRO, J.F. 2003. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: Comparison of the woody vegetation of 376 areas. *Edinb. J. Bot.* 60(1):57–109.
- REATTO A., CORREIA J.R., SPERA S.T. & MARTINS, E.S. 2008. Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In *Cerrado: ecologia e flora* (S.M. Sano; S.P. Almeida & J.F. Ribeiro, eds.). Embrapa Cerrados, Brasília, p.107-149.
- RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In *Cerrado: ecologia e flora* (S.M. Sano; S.P. Almeida & J.F. Ribeiro, eds.). Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, p.151-212.
- RUNDEL, P.W. & JARREL, W.M. 1989. Water in the environment. In *Plant physiological ecology: field methods and instrumentation* (R.W. Pearcy, J. Ehleringer, H.A. Mooney & P.W. Rundel, eds.) Chapman & Hall, London.
- SARMIENTO, G. & MONASTERIO, M. 1983. Life forms and phenology. In *Ecosystems of the World: tropical savannas* (F. Bouliere, ed.). Elsevier, Amsterdam. p.79-108.

- SARMIENTO, G., GOLDSTEIN, G. & MEINZER, F. 1985. Adaptive strategies of woody species in neotropical savannas. *Biol. Rev.* 60:315-355.
- SILVA, F.A.M., ASSAD, E.D. & EVANGELISTA, B.A. 2008. Caracterização climática do Bioma Cerrado. In *Cerrado: ecologia e flora* (S.M. Sano; S.P. Almeida & J.F. Ribeiro, eds.). Embrapa Cerrados, Brasília, p.61-88.
- SILVA, J.F., FARIÑAS, M.R., FELFILI, J.M. & KLINK, C.A. 2006. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. *J. Biogeog.* 33:536–548.
- TALORA, D.C. & MORELLATO, P.C. 2000. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Rev. Bras. Bot.* 23(1):13-26.
- TANNUS, J.L.S., ASSIS, M.A. & MORELLATO, L.P.C. 2006. Fenologia reprodutiva em campo sujo e campo úmido numa área de cerrado no sudeste do Brasil, Itirapina – SP. *Biota Neotropica* v6(n3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v6n3/pt/abstract?article+bn02806032006>.
- van der PIJL, L. 1982. Principles of dispersal in higher plants. Springer Verlag, New York.
- WARMING, E. 1973. Lagoa Santa; a vegetação de cerrados brasileiros. In *Lagoa Santa*. (E. Warming & M. G. Ferri, eds.). EDUSP/ITATIAIA, São Paulo/Belo Horizonte, p.1-284.
- ZAR, J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. 4^a ed. New Jersey. Prentice Hall.

Artigo 2 - Influência do fogo sobre o comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado típico no leste de Mato Grosso, Brasil

Escrito de acordo as regras da Revista Brasileira de Botânica (Normas gerais para redação vide Anexo 1)

Influência do fogo sobre o comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado típico no leste de Mato Grosso, Brasil

DIVINO VICENTE SILVÉRIO^{1,2}, EDDIE LENZA¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, *Campus* de Nova Xavantina, Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, BR-158, km 148, Caixa Postal 08, CEP: 78.690-000, Nova Xavantina, MT, Brasil. <www.unemat.br/ppgec>, ² Autor para correspondência: vicentth@yahoo.com.br

Abstract – (Influence of fire on the phenological behaviour of woody species in a typical cerrado (savanna *sensu stricto*) of eastern Mato Grosso, Brazil). Fire is one of the main conditioning factors of the floristic composition, vegetation structure and functioning of the species. In this study the effects of fire on the phenological behaviour of 10 tree and shrub species with distinct degrees of leaf fall were evaluated in an area of typical *cerrado* in the municipality of Nova Xavantina-MT. After an accidental burning in the area in September 2008, two adjacent sites (burned and unburned) were established. In both sites the adult individuals were tagged and surveyed in relation to phenological behaviour at each 15-day interval for one year after the fire. Sprouting, flowering and fruiting were seasonal and synchronic in both sites, a common pattern for woody species of the savannic physiognomies of Cerrado. Fire caused immediate damage to the leaves, flowers and fruits, leading to abscission. Evergreen species or those species which presented leaves, flowers or fruits at the time of fire suffered larger, immediate damages. In the burned site sprouting, flowering and fruiting were more intense for eight species, indicating a general mechanism of phenological compensation (positive feedback) of the surviving individuals in response to burning. However, the analyses of circular distributions showed little temporal variation between the sites in relation to sprouting and flowering peak of the species. The fire induced distinct responses of the species regarding the intensity of phenophases, but species' seasonality and interindividual synchrony were maintained.

Key words: Fire, phenological response, deciduousness and reproductive success.

Resumo – (Influência do fogo sobre o comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado típico no leste de Mato Grosso, Brasil). O fogo é um dos principais fatores condicionantes da composição florística, da estrutura da vegetação e do funcionamento das espécies. Nesse estudo, foram avaliados os efeitos do fogo sobre o comportamento fenológico de dez espécies arbustivo-arbóreas, com diferentes níveis de deciduidade, de uma área de cerrado típico no município de Nova Xavantina-MT. Após uma queimada acidental na área, em setembro de 2008, foram selecionados dois sítios adjacentes, um queimado e outro não queimado. Nos dois sítios, foram marcados indivíduos adultos, cujo comportamento fenológico foi acompanhado, em censos com intervalos quinzenais, até um ano após a queimada. O brotamento, floração e frutificação nos dois sítios foram sazonais e sincrônicas, padrões comuns em espécies lenhosas de fitofisionomias savânicas do Cerrado. O fogo causou danos imediatos às folhas, flores e frutos levando à sua abscisão. Espécies sempre verdes ou aquelas que possuíam folhas, flores ou frutos no momento da queimada sofreram maiores danos imediatos. Na área queimada, a brotamento a floração e a frutificação foram mais intensos em oito espécies, evidenciando mecanismo geral de compensação fenológica (*feedback* positivo) dos indivíduos sobreviventes, em função da queimada. No entanto, análises de distribuições circulares evidenciaram pouca variação temporal entre os dois sítios quanto ao pico de brotamento e floração das espécies. O fogo promoveu diferentes respostas das espécies quanto às intensidades das fenofases, mas a sazonalidade e a sincronia interindividual das espécies dentro da mesma população foram mantidas.

Palavras chave: Fogo, resposta fenológica, deciduidade e sucesso reprodutivo.

Introdução

A ocorrência de queimadas naturais ou de origem antrópica é fenômeno comum nas savanas mundiais, incluindo o Cerrado brasileiro (Frost & Robertson 1987, Coutinho 1982, Mistry 1998, Miranda *et al.* 2002). No Cerrado, há registros de queimadas há cerca de 32.000 mil anos, antes da chegada do homem no continente sul americano, sugerindo ocorrência natural do fogo (Vincentini 1993, Miranda *et al.* 2002, 2004). Esta longa história do fogo no Cerrado levou ao desenvolvimento de adaptações morfológicas e funcionais da flora, incluindo forte suberização dos troncos e galhos (Guedes 1993, Hoffman & Moreira 2002), grande investimento em carboidratos e nutrientes de reserva (Hoffman *et al.* 2000) e alta capacidade de rebrota (Hoffmann 1999, Hoffman & Moreira 2002, Hoffmann & Solbrig 2003).

Entretanto, tais adaptações parecem ser mais eficientes para os incêndios de ocorrência natural (Miranda *et al.* 2004), que possuem baixa frequência (Vincentini 1999, Medeiros & Fiedler 2004) e menor severidade (Medeiros & Fiedler 2004). A rápida ocupação da região do Cerrado, a partir da década de 50, mudou o regime natural do fogo, aumentando a frequência e alterando a época em que este comumente ocorre (Klink & Machado 2005). Estas mudanças tornam menos eficientes as adaptações das plantas, com consequências negativas para a vegetação (Frost & Robertson 1985, Miranda *et al.* 2002), principalmente devido ao aumento nas taxas de mortalidade e alterações nos padrões de recrutamento e estabelecimento de novos indivíduos (Frost & Robertson 1985, Hoffman 1996, Moreira 2000, Miranda *et al.* 2002, Hoffmann *et al.* 2009). As queimadas provocam ainda alterações na frequência e intensidade de fenômenos biológicos vegetativos e reprodutivos das plantas (Landim & Hay 1996, Hoffmann 1998, Felfili 1999), conhecidos como eventos fenológicos.

Nas diferentes fitofisionomias do Cerrado, as queimadas provocam um efeito imediato na folhagem das espécies lenhosas, uma vez que as altas temperaturas das chamas causam danos foliares e conseqüentemente abscisão foliar (Miranda *et al.* 2002, Hoffmann & Solbrig 2003). Os efeitos do fogo nos padrões fenológicos das espécies lenhosas do Cerrado são ainda pouco compreendidos, principalmente devido ao reduzido número de estudos existentes (Miyaniishi & Kellman 1986, Landim & Ray 1996, Hoffman 1998, Felfili *et al.* 1999). Em geral, para espécies lenhosas, alguns estudos sugerem efeito negativo do fogo sobre a quantidade de flores produzidas (Felfili *et al.* 1999) e, conseqüentemente, sobre a quantidade de frutos formados (Landim &

Ray 1996; Hoffman 1998, Felfili *et al.* 1999). A intensidade dos danos parece depender das estratégias adaptativas de cada espécie, da arquitetura da planta e do momento fenológico dos indivíduos durante a passagem do fogo (Hoffman 1998, Felfili *et al.* 1999). Por outro lado, algumas espécies são favorecidas com a ocorrência de queimadas, aumentando a propagação vegetativa (Hoffmann 1999, Hoffmann *et al.* 2009) ou a produção de frutos e sementes (Hoffman 1998), aumentando assim, suas densidades (Moreira 2000, Hoffmann 1999).

Embora existam estudos avaliando os efeitos do fogo na produção de flores e frutos para algumas espécies lenhosas do Cerrado, há ainda a necessidade de estudos mais específicos para melhor compreender o papel do fogo nas variações temporais dos ciclos biológicos e no sucesso reprodutivo das espécies. Neste contexto, o presente estudo buscou descrever a influência do fogo sobre as fenofases vegetativas e reprodutivas de 10 espécies lenhosas, comuns em duas áreas adjacentes de cerrado típico no Parque Municipal do Bacaba em Nova Xavantina-MT, uma recém queimada e outra protegida do fogo há cerca de cinco anos.

Material e métodos

Este trabalho foi desenvolvido no Parque Municipal do Bacaba (14°41'S e 52°20'W), uma unidade de conservação do município de Nova Xavantina, localizada às margens da BR 158, no leste Mato-Grossense. O Parque tem área de 492 ha e as fitofisionomias savânicas do bioma Cerrado são predominantes na paisagem. O clima da região é do tipo Aw, de acordo com a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 24° C e a precipitação em torno de 1.500 mm. Os solos na área de estudo são profundos, bem drenados e apresentam pH < 5, baixos teores de cálcio e magnésio e altos teores de alumínio trocável (Marimon-Júnior & Haridasan 2005).

Entre os dias 09 e 11 de setembro de 2008 ocorreu uma queimada acidental na área de estudo, restando apenas uma pequena porção de cerrado típico não queimado (aproximadamente 2 hectares), sendo que a maior parte da área do parque foi queimada no primeiro dia. Segundo dados coletados na estação meteorológica de Nova Xavantina (INMET 83319-MT), situada no Parque Municipal do Bacaba, não foi registrada nenhuma precipitação no quatro meses que antecederam a ocorrência do incêndio e no primeiro dia do fogo a média diária da umidade relativa do ar foi 41%, a temperatura do ar foi 29° C, a temperatura máxima de 40° C, a mínima de 17° C e a velocidade média

do vento foi de 2,1 km/h. Há mais de três anos não era registrado incêndio no Parque e durante a queimada as chamas alcançaram até 5 m de altura (observação pessoal), atingindo a copa da maioria das árvores e arbustos. Em 17 de setembro de 2008, foram marcados indivíduos adultos de dez espécies arbustivo-arbóreas representativas da comunidade de cerrado típico (Marimon-Júnior & Haridasan 2005), e comuns aos sítios queimado e não queimado, que se localizam em áreas adjacentes, cerca de 50 m entre si (Tabela 1). Em ambos os sítios foram realizadas observações quinzenais dos eventos fenológicos entre 20 de setembro de 2008 e 19 de setembro de 2009.

Para cada espécie foi estimada a cobertura individual da folhagem na copa e registrada a ocorrência de brotamento (fenofases vegetativas), além da ocorrência de flores e frutos imaturos e maduros (fenofases reprodutivas) (Lenza & Klink 2006, Pirani et al. 2009). Por brotamento, considerou-se o desenvolvimento inicial das gemas com formação dos primórdios foliares. As fenofases vegetativas e reprodutivas foram estimadas visualmente de acordo o método proposto por Fournier (1974), que consiste numa escala intervalar semi-quantitativa de cinco categorias (0 a 4), sendo: 0 = ausência da fenofase; 1 = intensidade entre 1% e 25%; 2 = intensidade entre 26% e 50%; 3 = intensidade entre 51% e 75% e 4 = intensidade entre 76% e 100%. A partir do índice de Fournier, calculou-se a intensidade das distintas fenofases comparando-se as áreas queimadas e o não queimadas.

O tempo médio dos picos individuais das fenofases de brotamento e floração nas áreas queimada e não queimada foram determinados através da Análise de Distribuições Circulares (Zar 1999). As análises circulares permitem determinar o ângulo médio de ocorrência do evento (a) e medidas de dispersão ao redor deste ângulo. A uniformidade da distribuição dos eventos ao longo do ano foi examinada pelo teste de Rayleigh (Z) (Zar 1999). O pico individual de cada fenofase foi definido com base no maior índice de intensidade de Fournier apresentado pelo indivíduo ao longo dos 12 meses analisados (Benke & Morellato 2002). Não foi possível realizar as análises circulares para as demais fenofases, uma vez que a ocorrência desses eventos ao longo do período de estudos não atendeu as premissas de concentração e distribuição impostas pelo teste. Os ângulos médios do pico para brotamento e floração em cada espécie foram comparados entre as áreas por meio do teste de Watson-Williams (Zar 1999). As análises circulares foram processadas no programa Oriana versão 2.0 (Kovach 2004). Para todas os teste estatísticos utilizados foi adotado nível de significância de 5%.

Tabela 1 – Espécies acompanhadas em estudo fenológico, com o número de indivíduos (N), altura e diâmetros médios e desvios padrão (DP), na área queimada (AQ) e não queimada (AN) em um cerrado típico no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT.

Grupos fenológicos vegetativos ¹ /Espécies	Família	N		Altura±DP		Diâmetro±DP	
		AQ	AN	AQ	AN	AQ	AN
Sempre verdes com crescimento contínuo							
<i>Ouratea hexasperma</i> (A. St.-Hil.) Baill.	OCHNACEAE	12	11	3,4±0,43	3,37±0,59	10,3±1,8	9,3±1,8
<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart. ex Engl.) Engl.	OCHNACEAE	9	12	4,5±0,70	4,73±1,11	9,9±2,4	10,5±3,4
Sempre verdes com crescimento sazonal							
<i>Byrsonima pachyphylla</i> Griseb.	MALPIGHIACEAE	12	12	2,7±0,34	2,83±0,42	6,5±0,6	6,2±1,2
Brevidecíduas							
<i>Davilla elliptica</i> St. Hil.	DILLENACEAE	10	12	3,1±0,55	3,23±0,53	7,7±2,1	9,4±3,1
<i>Eugenia aurata</i> O. Berg.	MYRTACEAE	10	6	3,0±0,60	3,76±1,02	7,7±1,7	8,9±2,5
Decíduas							
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> H. B. & K.	MALPIGHIACEAE	11	12	4,3±0,77	5,41±1,12	8,8±2,0	11,7±3,2
<i>Kielmeyera rubriflora</i> Cambess.	CLUSIACEAE	11	12	4,0±1,13	3,89±0,54	10,4±5,6	9,2±3,6
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	VOCHYSIACEAE	11	12	4,0±0,80	5,05±0,94	9,6±2,4	10,7±2,6
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	VOCHYSIACEAE	10	12	3,4±0,60	3,86±0,74	8,0±1,7	7,6±2,0
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	VOCHYSIACEAE	10	11	5,2±0,60	5,85±1,05	13,1±1,4	12,4±2,7

1. Ver primeiro capítulo 1 da presente dissertação

Resultados

Efeito do fogo sobre o conjunto de espécies - Considerando as 10 espécies em conjunto, observou-se que imediatamente após a passagem do fogo houve diminuição da cobertura de folhagem na copa, cuja intensidade foi 20% menor na área queimada em relação a não queimada, no mês de setembro de 2008 (Figura 1A). Na área queimada, a recomposição da cobertura de folhagem na copa foi mais demorada e só retornou à intensidade semelhante àquela da área não queimada em fevereiro, quatro meses após a passagem do fogo (Figura 1A). No entanto, a área queimada apresentou maior intensidade de brotamento na estação chuvosa seguinte à queimada, que garantiu a recomposição de parte da copa, perdida pela ação do fogo (Figura 1A). Em setembro de 2009, um ano após a queimada, o brotamento foi mais intenso na área queimada em relação a não queimada (Figura 1A).

Na área queimada, a floração foi interrompida pela passagem do fogo, que só voltou a apresentar intensidade semelhante a da área não queimada cerca de dois meses após a queimada (novembro de 2008). A floração permaneceu com intensidade semelhante nas duas áreas até o período seco de 2009, quando na área queimada houve um pico de intensidade de floração de 15%, ou seja, três vezes superior àquele apresentado na área não queimada (5%) (Figura 1B).

O fogo também afetou os frutos em formação, que foram abortados gradativamente até dois meses após a queimada. Após este período, a formação de frutos na área queimada foi retomada, atingindo maior intensidade em relação à área não queimada no meio da estação chuvosa (Janeiro de 2009). Como reflexo da interrupção da floração e do abortamento dos frutos imaturos, as espécies estudadas na área queimada permanecem por um período de três meses (outubro a dezembro de 2008) sem apresentar frutos maduros. Por outro lado, a intensidade de frutos imaturos em meados e final da estação chuvosa de 2008 foi sempre maior na área queimada. Adicionalmente, cerca de um ano após a queimada (agosto e setembro de 2009) houve maior intensidade de maturação de frutos na área queimada (Figura 1C).

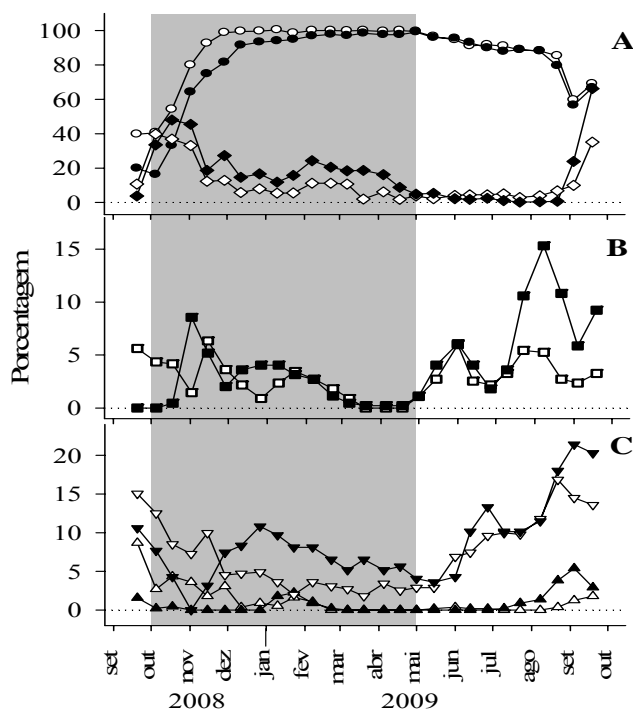


Figura 1. Índice de Fournier (%) dos eventos fenológicos vegetativos (A) e reprodutivos (B e C) de um conjunto de 10 espécies lenhosas em área queimada e não queimada em um cerrado típico no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. Cobertura de folhagem na copa na área queimada (●) e não queimada (○); brotamento na área queimada (◆) e não queimada (◇); floração na área queimada (■) e não queimada (□); fruto verde na área queimada (▼) e não queimada (▽); fruto maduro na área queimada (▲) e não queimada (△). Barra vertical cinza indica período chuvoso.

Efeitos do fogo sobre as espécies - Na área queimada, nove das dez espécies estudadas, exceto *Byrsonima coccolobifolia*, apresentaram menores índices de cobertura de folhagem na copa após a queimada, outubro e novembro de 2008, e evidências de atraso na recomposição da folhagem na copa em relação a área não queimada. Esse tempo de atraso variou de cerca de um mês em *Qualea parviflora*, até cerca de seis meses em *Ouratea spectabilis* e *Eugenia aurata*. Só em meados do período chuvoso, fevereiro de 2009, a folhagem na copa destas duas últimas espécies, na área queimada, alcançou intensidades semelhantes àsquelas observadas na área não queimada (Figura 2).

O fogo causou menores danos às folhas das espécies decíduas e brevidécíduas (Tabela 1, Figura 2) e na espécie sempre verde com crescimento sazonal (*Byrsonima pachyphylla*), cujos indivíduos apresentavam pouca ou nenhuma folhagem no momento da queimada. Entre as espécies decíduas, *Byrsonima coccolobifolia* e *Qualea parviflora*

apresentaram cobertura de folhagem na copa semelhante entre os dois sítios ao longo de todo período de estudo. Por outro lado, nas duas espécies sempre verdes com crescimento contínuo (*Ouratea hexasperma* e *O. spectabilis*) que apresentavam indivíduos com folhagem abundante no momento da passagem do fogo, houve maiores danos às folhas e sua consequente abscisão. Nessas duas últimas espécies os índices de cobertura da folhagem até dois meses após a queimada (outubro e novembro de 2006) foram muito mais baixos na área queimada (Figura 2).

Em oito espécies, exceto *Byrsonima coccolobifolia* e *Qualea parviflora*, o brotamento ocorreu com maior intensidade e por períodos mais prolongados na área queimada, durante o período chuvoso seguinte à queimada. Adicionalmente, cerca de um ano após a queimada (setembro e outubro de 2009) nove espécies, exceto *Byrsonima coccolobifolia*, apresentaram brotamento antecipado e/ou mais intenso na área queimada (Figura 2).

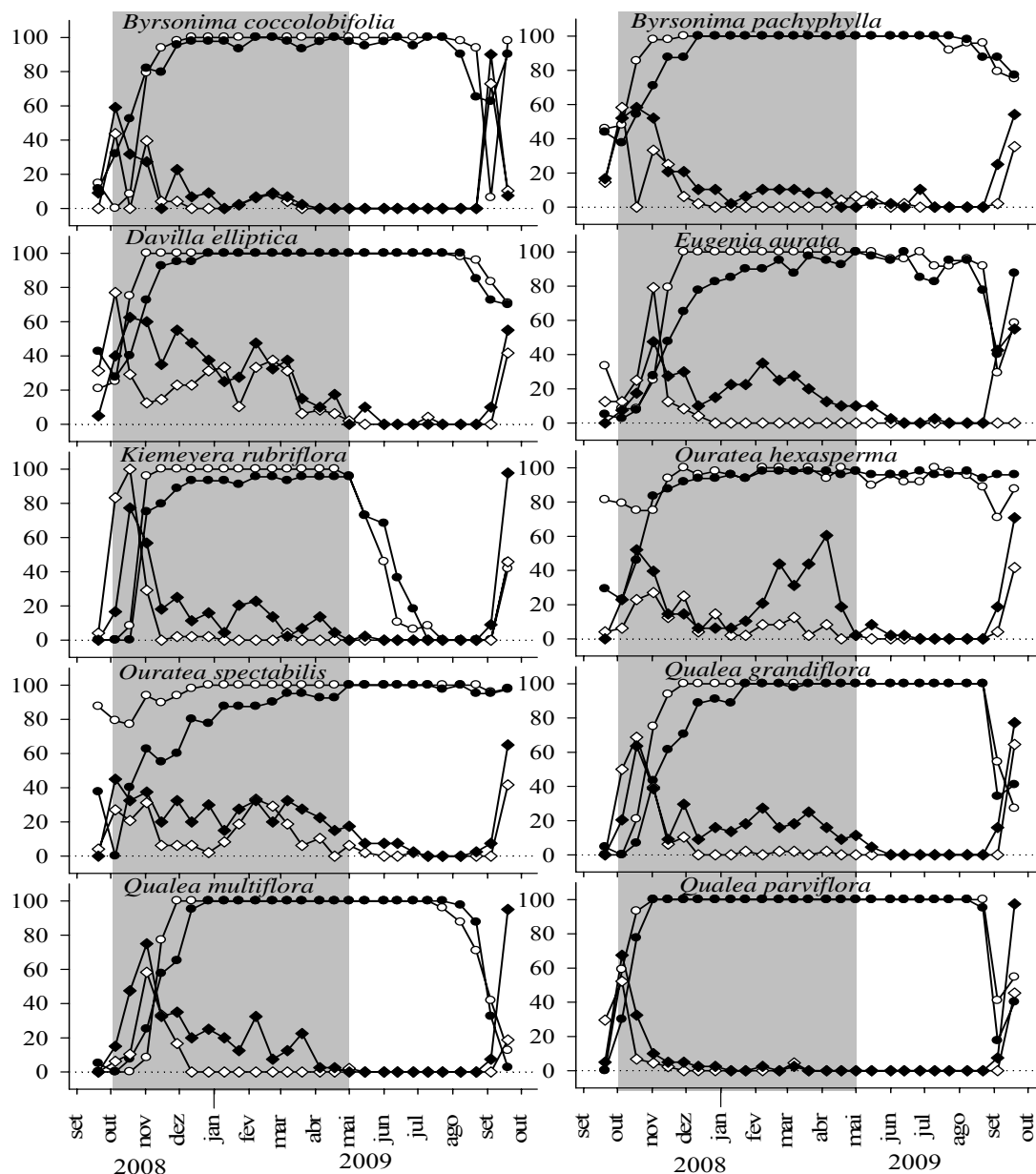


Figura 2. Índice de Fournier (%) dos eventos fenológicos vegetativos para o conjunto de 10 espécies lenhosas em área queimada e não queimada em um cerrado típico no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. Cobertura de folhagem na copa na área queimada (●) e não queimada (○); brotamento na área queimada (◆) e não queimada (◇). Barra vertical cinza indica período chuvoso.

Provavelmente, na área queimada, as espécies *Byrsonima pachyphylla*, *Ouratea hexasperma*, *Ouratea spectabilis* apresentavam flores no momento da queimada, uma vez que essa fenofase foi observada para as três espécies na área não queimada, em setembro de 2008 (Figura 3). A floração deve ter sido suprimida pelo fogo e por isso

foram observadas flores nessas espécies, entre setembro e outubro de 2008, apenas na área não queimada. Houve também dano do fogo sobre os primórdios florais de *Eugenia aurata*, que nem chegaram a produzir flores na área queimada após a queimada. Assim, as quatro espécies citadas acima tiveram, de alguma forma a floração em processo afetada direta e negativamente pela passagem do fogo. No entanto, essas espécies apresentaram picos de floração mais intenso na área queimada cerca de um ano após a queimada, entre agosto e outubro de 2009 (Figura 3).

Das quatro espécies que floresceram de dois a três meses após a queimada, três apresentaram maior intensidade de floração na área queimada após a passagem do fogo (*Byrsonima coccolobifolia*, *Qualea grandiflora* e *Qualea parviflora*) e em três espécies os picos de intensidade de floração foram semelhantes entre os dois sítios (*Davilla elliptica*, *Kielmeyera rubriflora* e *Qualea multiflora*) (Figura 3). Quatro espécies que estavam em flor ou botão floral no momento da queimada e que tiveram a floração suprimida pelo fogo (*Byrsonima pachyphylla*, *Eugenia aurata*, *Ouratea hexasperma* e *Ouratea spectabilis*), apresentaram maiores intensidades de floração na área queimada um ano após a queimada (Figura 3).

Em *Byrsonima coccolobifolia*, assim como ocorreu na floração (Figura 3), houve maior intensidade de frutos imaturos e maduros na área queimada em comparação a não queimada (Figura 4). Durante a queimada os indivíduos dessa espécie estavam quase completamente sem folhas e não apresentavam nenhum tipo de fenofase reprodutiva (observação pessoal, Figuras 3 e 4). As espécies *Byrsonima pachyphylla*, *Eugenia aurata*, *Ouratea hexasperma* e *O. spectabilis*, que tiveram as flores e os frutos em formação danificados pelo fogo (observação pessoal, Figuras 3 e 4), não completaram o desenvolvimento dos frutos ou estes foram abortados até dois meses após a queimada, conseqüentemente, a maturação de frutos ocorreu apenas na área não queimada (Figura 4). No entanto, os mais intensos eventos de floração pós fogo, observados na área queimada para essas quatro espécies (Figura 3), levaram a maiores intensidades de frutos imaturos na área queimada em três delas (*B. pachyphylla*, *E. aurata*, *O. hexasperma*) cerca de um ano após a queimada (Figura 4).

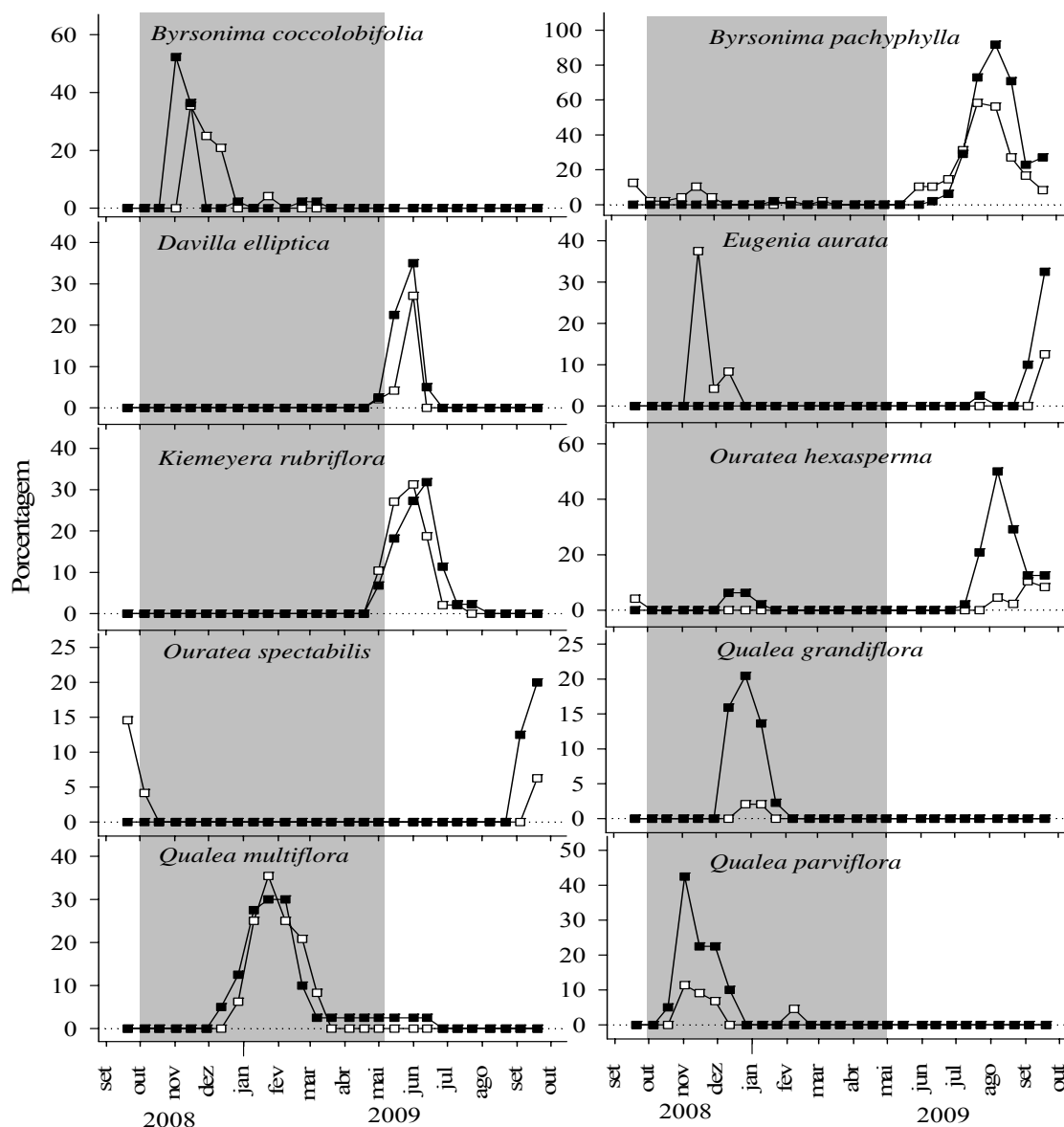


Figura 3. Índice de Fournier (%) da floração para o conjunto de 10 espécies lenhosas em uma área queimada (■) e não queimada (□) de um cerrado típico no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. Barra vertical cinza indica período chuvoso.

Davilla elliptica, *Kielmeyera rubriflora*, *Qualea grandiflora*, *Q. multiflora* e *Q. parviflora* cujos indivíduos se encontravam geralmente sem folhas, totalmente sem flores e na fenofase de maturação dos frutos no momento da queimada (observação pessoal, Figuras 3 e 4) também tiveram os frutos parcial ou totalmente danificados, interrompendo ou reduzindo o processo de maturação na área queimada (Figura 4). Em *Davilla elliptica*, *Kielmeyera rubriflora* e *Q. multiflora*, o padrão de floração similar, após a queimada, entre as áreas queimada e não queimada (Figura 3) levou a

semelhantes padrões de produção e maturação de frutos entre os dois sítios (Figura 4). Em *Qualea parviflora*, após a queimada, foram notáveis as maiores intensidades na produção e maturação de frutos na área queimada, um ano após o fogo. Apesar de *Q. grandiflora* ter apresentado evidentes eventos de floração nos dois sítios após a queimada (Figura 3), não foi observada a formação e maturação de frutos em nenhum desses sítios (Figura 4).

Análise circular para pico de brotamento e floração das espécies - O período médio do pico de brotamento e floração, entre os sítios queimado e não queimado, apresentou ampla variação entre as espécies (Tabela 2). Apenas quatro das dez espécies apresentaram diferenças temporais significativas quanto ao período de maior intensidade de brotamento para os indivíduos. Em *Kielmeyera rubriflora*, *Ouratea spectabilis* e *Qualea grandiflora* a data média de pico de brotamento foram atrasadas em 6, 16 e 24 dias, respectivamente, na área queimada em relação a área não queimada. Ao contrário, em *Byrsonima coccolobifolia*, a data média do pico de brotamento individual foi antecipada em 17 dias na área queimada (Tabela 2).

Em quatro das 10 espécies estudadas não foi possível aplicar as análises circulares para o pico de floração, ou porque essa fenofase não foi completa durante o período de estudo (*Eugenia aurata*, *Ouratea hexasperma* e *O. spectabilis*), ou porque o número de indivíduos que floresceram foi muito pequeno (*Qualea grandiflora*) (Figura 3).

Das seis espécies analisadas, apenas *Byrsonima coccolobifolia* e *Qualea multiflora* apresentaram diferenças significativas entre os dois sítios. Nessas espécies a floração foi antecipada em 22 e 16 dias, respectivamente, na área queimada em relação a área não queimada (Tabela 2).

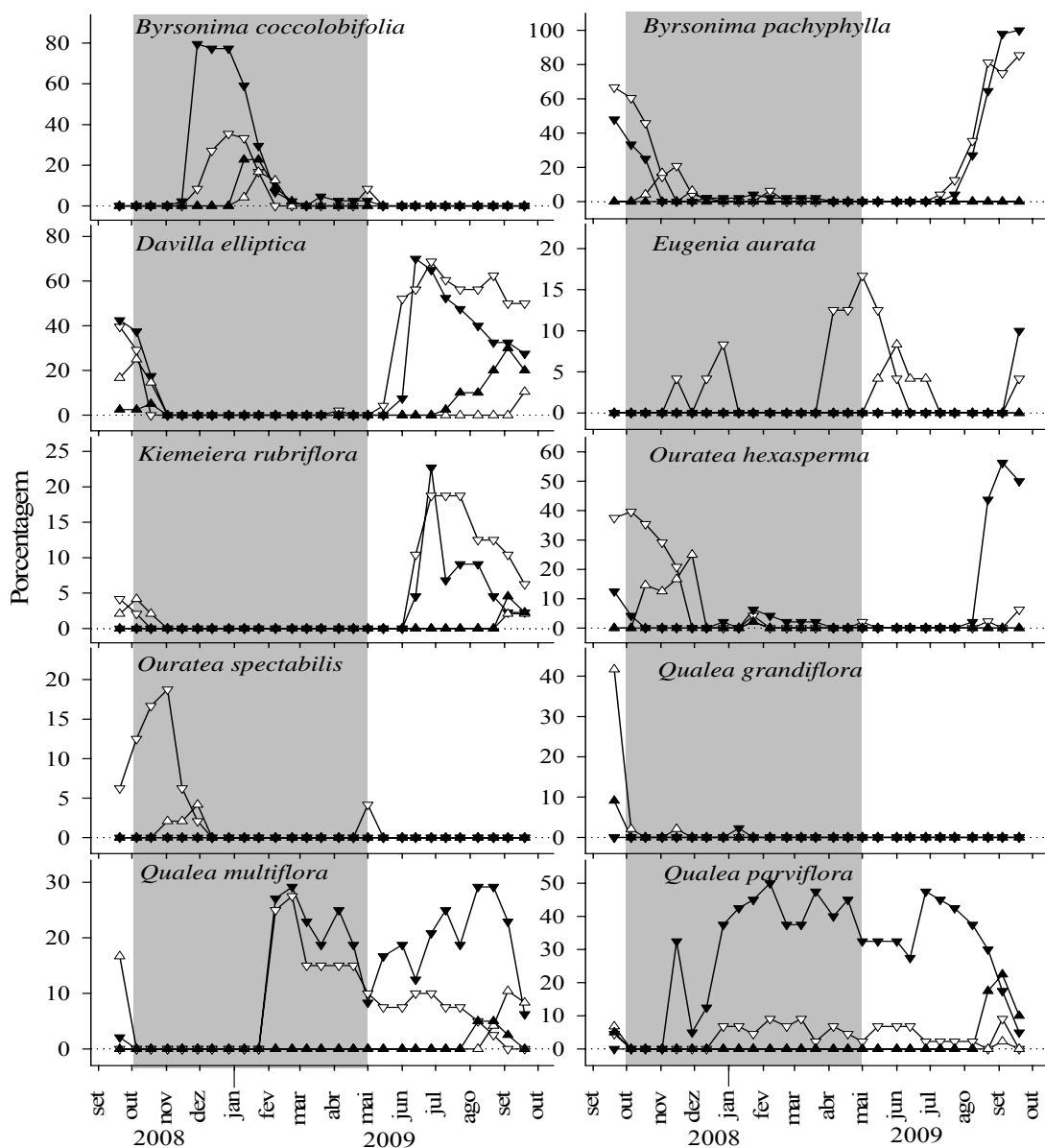


Figura 4. Índice de Fournier (%) da frutificação para o conjunto de 10 espécies lenhosas em uma área queimada e não queimada em um cerrado típico no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. Fruto verde na área queimada (▼) e não queimada (▽); fruto maduro na área queimada (▲) e não queimada (△). Barra vertical cinza indica período chuvoso.

Tabela 2 - Data média de ocorrência \pm desvio padrão em dias (DP) e comparação da época de ocorrência do pico do brotamento e de floração para o conjunto de 10 espécies lenhosas em área queimada e não queimada de cerrado típico no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. N= número de indivíduos; r = concentração do vetor médio; z = teste de Rayleigh para uniformidade circular. F = resultado do teste de Watson-Williams para comparação entre os ângulos médios de ocorrência nas áreas queimada e não queimada.

Fenofase/Espécies	Área não queimada				Área queimada				(Watson-Williams)	
	N	r	z (p)	Data \pm DP	N	R	z (p)	Data \pm DP	F	p
Brotamento										
<i>B. coccolobifolia</i>	12	0,976	11,43 (<0,01)	16/10/08 \pm 13	11	0,992	10,83 (<0,01)	29/09/08 \pm 7	13,99	0,001
<i>B. pachyphylla</i>	12	0,988	11,70 (<0,01)	03/10/08 \pm 9	12	0,992	11,80 (<0,01)	28/09/08 \pm 7	1,75	0,199
<i>D. elliptica</i>	12	0,992	11,80 (<0,01)	28/09/08 \pm 7	10	0,995	9,89 (<0,01)	02/10/08 \pm 6	1,14	0,298
<i>E. aurata</i>	6	0,959	5,52 (<0,01)	19/10/08 \pm 16	9	0,986	8,74 (<0,01)	27/10/08 \pm 10	1,15	0,304
<i>K. rubriflora</i>	12	0,995	11,88 (<0,01)	05/10/08 \pm 6	11	0,994	10,86 (<0,01)	11/10/08 \pm 6	5,20	0,033
<i>O. hexasperma</i>	11	0,985	10,67 (<0,01)	07/10/08 \pm 10	12	0,996	11,92 (<0,01)	07/10/08 \pm 5	0,02	0,966
<i>O. spectabilis</i>	9	0,979	8,63 (<0,01)	28/09/08 \pm 12	12	0,984	11,62 (<0,01)	14/10/08 \pm 10	10,17	0,005
<i>Q. grandiflora</i>	12	0,988	11,71 (<0,01)	24/09/08 \pm 9	12	0,968	11,25 (<0,01)	18/10/08 \pm 15	20,55	<0,001
<i>Q. multiflora</i>	12	0,983	11,58 (<0,01)	17/10/08 \pm 11	12	0,988	11,71 (<0,01)	17/10/08 \pm 9	0,00	0,981
<i>Q. parviflora</i>	12	0,990	11,76 (<0,01)	04/10/08 \pm 8	10	0,997	9,94 (<0,01)	03/10/08 \pm 4	0,15	0,703
Floração										
<i>B. coccolobifolia</i>	12	0,984	11,61 (<0,01)	26/11/09 \pm 10	10	0,998	9,95 (<0,01)	04/11/09 \pm 4	38,21	<0,001
<i>B. pachyphylla</i>	12	0,978	11,47 (<0,01)	25/07/09 \pm 12	11	0,986	10,7 (<0,01)	03/08/09 \pm 9	3,74	0,067
<i>D. elliptica</i>	10	0,983	9,67 (<0,01)	26/05/09 \pm 11	10	0,989	9,79 (<0,01)	25/05/09 \pm 8	0,01	0,936
<i>K. rubriflora</i>	11	0,991	9,82 (<0,01)	27/05/09 \pm 8	11	0,977	9,56 (<0,01)	03/06/09 \pm 12	2,07	0,168
<i>Q. multiflora</i>	10	0,974	9,49 (<0,01)	22/01/09 \pm 13	6	0,986	5,83 (<0,01)	06/01/09 \pm 10	6,23	0,026
<i>Q. parviflora</i>	7	0,986	6,81 (<0,01)	10/11/08 \pm 9	10	0,991	9,82 (<0,01)	05/11/08 \pm 8	1,18	0,294

Discussão

Considerando as 10 espécies em conjunto os resultados do presente estudo indicaram que a ocorrência de fogo afeta o comportamento fenológico de duas maneiras distintas. A primeira foi um efeito imediato e sempre negativo, tanto para as fenofases vegetativas quanto às reprodutivas. Os danos provocados pelo fogo às folhas jovens ou adultas em plena atividade fotossintética promoveram a abscisão foliar, enquanto que os danos às flores, aos frutos imaturos e maduros, causaram abortamento, impedindo a formação de novos frutos e dispersão das sementes. A segunda é o efeito em mais longo prazo e que, em geral, foi positivo sobre a produção de folhas, floração e frutificação até um ano após a queimada.

Para a fenologia vegetativa o brotamento prolongado durante a estação chuvosa seguinte à passagem do fogo, bem como o pico de brotamento antecipado e mais intenso, um ano após a queimada, sugerem mecanismo compensatório de recomposição da folhagem perdida na queimada e conseqüentemente, maior atividade fotossintética até um ano após o fogo na área queimada (Felfili et al. 1999, Fernandes Bulhão & Figueiredo 2002). Esse comportamento compensatório foi claramente observado para oito das dez espécies estudadas, sugerindo ser uma estratégia amplamente adotada pelas espécies lenhosas do Cerrado sentido restrito em resposta ao fogo (Felfili et al. 1999, Fernandes Bulhão & Figueiredo 2002, Franco 2005).

Para a fenologia reprodutiva picos de floração, frutificação e maturação mais intensos, após o fogo na área queimada, também estariam compensando a perda do sucesso reprodutivo (aborto de botões, flores e frutos) causado pelas chamas. A floração mais intensa na área queimada, até um ano após a queimada, foi evidente para sete das dez espécies, caracterizando também a compensação ou o favorecimento dessa fenofase após a queimada. Sugerimos ainda, que pode estar havendo ligação funcional entre as fenofases vegetativas e reprodutivas, uma vez que a maior formação de folhas observada pós-fogo poderia elevar a produção de fotossintatos, sendo capaz de sustentar uma maior produção de flores, que por sua vez pode aumentar a formação de frutos e sementes (Franco 2005). A mortalidade e a queima da parte aérea dos indivíduos, diminuindo a competição por espaço e luz (Hoffmann & Solbrig 2003, Miranda *et al.* 2002) e uma maior disponibilização no solo de alguns nutrientes como Ca, K, e Mg

(Coutinho 1982) poderiam permitir a ocorrência mais intensa dos eventos fenológicos dos indivíduos sobreviventes após a queimada.

Alguns autores que tratam da reprodução das espécies na estação seguinte ao fogo obtiveram resultados diferenciados. Hoffmann (1998) observou número significativamente maior de flores produzidas no primeiro ano após a queimada para *Piptocarpha rotundifolia*, e Silva *et al.* (1996), tal como registrado no presente estudo, também observaram aumento no sucesso reprodutivo de *Byrsonima pachyphylla* após o fogo. Por outro lado, Landim & Hay (1996) não observaram diferença na produção de flores de *Kielmeyera coriacea* e Felfili *et al.* (1999) não registraram mudanças no número de flores produzidas em *Stryphnodendron adstringens* após a queimada.

Considerando as espécies separadamente, notou-se que o fogo exerceu efeitos variados sobre o comportamento fenológico e estes efeitos dependeram do grupo fenológico de cada espécie e do estágio fenológico em que os indivíduos se encontravam no momento da queimada. Quanto à fenologia vegetativa o efeito imediato da queimada sobre a cobertura de copa foi mais evidente sobre as espécies sempre verdes com crescimento contínuo que apresentavam folhagem mais abundante a qual foi completa ou parcialmente danificada pelas chamas. Os danos às folhas maduras e fotossinteticamente ativas causariam um alto custo para a produção de uma nova coorte de folhas nas espécies sempre verdes. Este investimento preferencial e inesperado na produção de novas folhas poderia limitar os recursos para outras funções, como a produção compostos secundários, que atuam na proteção contra herbívoros (Marquis *et al.* 2001). Por outro lado, as espécies brevidecíduas e decíduas e sempre verdes com crescimento sazonal que apresentavam folhas senescentes ou poucas folhas na copa durante a queimada sofreram menores danos.

Um atraso na recomposição da folhagem da copa, como observado na área queimada do presente estudo, também foi verificado por Figueiredo (2008), em dois anos consecutivos de observações, em espécies arbóreas de uma área queimada de cerrado sentido restrito no nordeste do Maranhão. Esse atraso parece estar relacionado à interrupção ou danos, provocados pelo fogo, aos primórdios foliares e às folhas ainda jovens (Felfili *et al.* 1999, Fernandes bulhão & Figueiredo 2002, Figueiredo 2008).

A queima da folhagem na copa com intensificação do processo de abscisão também foi observado por Landim & Hay (1996) para *Kielmeyera coriacea* no Distrito Federal, por Fernandes-Bulhão & Figueiredo (2002) para dez espécies de Leguminosas

no Maranhão, por Felfili *et al.* (1999) para *Stryphnodendron adstringens* no Distrito Federal, e por Hoffmann (1998) para seis espécies lenhosas também no Distrito Federal.

Brotamento mais intenso e por períodos mais prolongados na área queimada pode ser explicado pela necessidade da planta em recompor a folhagem da copa perdida ainda na estação chuvosa e assim maximizar o processo de fotossíntese. Pode também, ser reflexo da rápida mineralização e maior disponibilização de nutrientes nas camadas superficiais do solo provocados pelo fogo (Coutinho 1982, Mistry 1998), possibilitando, assim, rápida retomada na produção de biomassa. Estas observações estão de acordo os resultados de Santos *et al.* (2003) que verificaram que dois meses depois do fogo em área de cerrado sentido restrito apresentava maior assimilação de CO₂ e maior taxa de evapotranspiração do que uma área semelhante não queimada.

Quanto à fenologia reprodutiva das espécies em resposta à queimada, foram notadas quatro situações. Em duas espécies (*B. coccolobifolia* e *Qualea grandiflora*), não houve danos às estruturas reprodutivas na área queimada, mas evidentes aumentos, nas intensidades de floração, formação e maturação dos frutos (*B. coccolobifolia*) ou de floração (*Qualea grandiflora*). Em quatro espécies, na área queimada, houve danos às flores ou aos frutos e maiores intensidades de floração e frutificação (*Byrsonima pachyphylla*, *Ouratea hexasperma* e *Qualea parviflora*) ou de floração (*Ouratea spectabilis*) até um ano após a queimada. Em *Eugenia aurata*, a floração e a frutificação, na área queimada, foram suprimidas até onze meses após a queimada, no entanto, um ano após o fogo houve evidências de floração mais intensa na área queimada, sugerindo um mecanismo de compensação mais tardia. Em *Davilla elliptica*, *Kielmeyera rubriflora* e *Qualea multiflora*, frutos imaturos e maduros no final do período reprodutivo das três espécies foram danificados pelo fogo, no entanto, não foram registradas diferenças marcantes entre as áreas queimada e não queimada, quanto às intensidades de floração e produção de frutos.

Sendo assim, a compensação ou favorecimento reprodutivo, ou seja, o *feedback* positivo em resposta ao fogo, foram observados em sete espécies, enquanto em três espécie o sucesso reprodutivo, inferido pelas intensidades de floração e frutificação, não foi alterado após a queimada. Esses resultados estão de acordo com Frost & Robertson (1987) que relatam que as queimadas interagem com a fenodinâmica das espécies e as condições climáticas pós-fogo, afetando de forma diferenciada a reprodução das plantas. Assim, os efeitos do fogo sobre a fenologia das plantas parece dependerem

tanto do grupo fenológico e estágio reprodutivo da espécie quanto da época do ano em que o incêndio ocorre.

Assim como verificado para as fenofases reprodutivas das espécies no presente estudo, o efeito negativo e imediato do fogo foi também reportado em estudos com outras espécies lenhosas no Cerrado. Landim & Hay (1996) verificaram que cerca de 60% dos frutos de *Kielmeyera coriacea* foram danificados pela passagem do fogo. Fernandes-Bulhão & Figueiredo (2002) verificaram redução significativamente no número de flores em espécies arbóreas de Leguminosas. Figueiredo (2008) verificou que o fogo provocou o abortamento de flores e frutos para a maioria de 27 espécies lenhosas de cerrado sentido restrito. Estudando seis espécies lenhosas no Distrito Federal, Hoffmann (1998) também verificou que os danos causados pelo fogo às flores e frutos reduziram drasticamente a produção anual de sementes e conseqüentemente o sucesso reprodutivo das espécies. Assim, o efeito imediato e negativo do fogo sobre o sucesso reprodutivo das espécies lenhosas de Cerrado é um fenômeno amplamente aceito.

Em termos de frutos imaturos e maduros, nossos resultados para a cinco espécies anemocóricas aqui estudadas (*Davilla elliptica*, *Kielmeyera rubriflora*, *Qualea grandiflora*, *Qualea multiflora* e *Qualea parviflora*) indicam redução nas intensidades de produção ou maturação de frutos na área queimada, confirmando os efeitos imediatos e negativos do fogo aos frutos e conseqüentemente à dispersão das sementes, mesmo para espécies anemocóricas. Coutinho (1982) propõe um efeito positivo do fogo sobre a dispersão de frutos das espécies anemocóricas que, em sua maioria, possuem estruturas para proteção do fruto. Entretanto, os benefícios podem ser superados pelos prejuízos à dispersão de sementes, uma vez que, com a queimada, sementes maduras e não dispersas permanecem por curto período de tempo nas plantas (Hoffmann & Moreira 2002). Além do mais, as sementes já dispersas ou aquelas expostas pela deiscência dos frutos podem ser danificadas pelo fogo (Landim & Hay 1996).

O efeito não imediato e em mais longo prazo do fogo, ou seja, nas estações subsequentes, não parece seguir um padrão bem definido. Felfili *et al.* (1999) não observaram diferença significativa para a produção de flores de *S. adstringens*, um ano após um incêndio, Landim & Hay (1996) também não observaram diferença na floração de *Kielmeyera coriacea* um ano após o fogo. Enquanto que Hoffmann (1998) verificou que *Piptocarpha rotundifolia* apresenta uma resposta positiva à ocorrência de queimadas, com número de flores no primeiro ano após a queimada, significativamente

maior do que em área sem queima. Este mesmo autor verificou que *R. montana* não apresentou diferenças significativas na produção de flores um ano após o fogo. Desta forma, os efeitos não imediatos do fogo sobre a fenologia das espécies parecem depender do grau de adaptação da espécie ao fogo e das interações das estratégias fenológicas com o momento da ocorrência do fogo (Landim & Hay 1996, Hoffmann 1998, Miranda *et al.* 2004, Felfili *et al.* 1999). Os resultados permitem inferir ainda que as respostas fenológicas das espécies dependem do comportamento fenológico típico da espécie, ou seja, do grau de deciduidade dos indivíduos, bem como do momento fenológico vegetativo e reprodutivo em que os indivíduos se encontram no momento da queimada (Landim & Hay 1996, Felfili *et al.* 1999, Hoffmann 1998).

Hoffmann (1998) concluiu que, para a maioria das espécies, de cerrado sentido restrito os efeitos imediatos do fogo como morte de ramos ou a destruição completa das folhas, sempre resultam em efeitos negativos sobre o sucesso reprodutivo das plantas tanto no ano de ocorrência do fogo como no ano subsequente. Os resultados registrados no presente estudo corroboram a idéia de que há os efeitos negativos imediatos do fogo tanto sobre as fenofases vegetativas quanto reprodutivas (Landim & Hay 1996, Hoffmann 1998, Felfili *et al.* 1999, Fernandes-Bulhão & Figueiredo 2002). No entanto, não evidencia a relação entre os danos parciais sofridos pelas estruturas vegetativas e reprodutivas e a redução do sucesso reprodutivo. Ao contrário, foi notado incremento na produção de folhas, flores e frutos, subsequentes ao fogo, sugerindo comportamento compensatório e de favorecimento das fenofases vegetativas e reprodutivas, para a maioria das espécies, após a queimada. Mesmo com o maior comprometimento da parte aérea da planta como observado para as espécies sempre verdes no presente estudo, houve grande investimento em floração na estação seca seguinte à queimada. Assim, as perdas reprodutivas para as populações com a morte completa ou parcial da parte aérea de alguns indivíduos pela ação do fogo, seriam compensadas pelos aumentos subsequentes em floração e frutificação dos indivíduos sobreviventes e poderiam garantir certos níveis de reprodução sexuada após a queimada. Esse fato destaca a importância da reprodução sexual para a disseminação e manutenção da variabilidade genética das plantas lenhosas do Cerrado, mesmo diante de intensos distúrbios como a ocorrência de incêndios.

Apesar das mudanças gerais observadas na intensidade e duração dos eventos fenológicos das espécies em resposta a queimada, as dez espécies mantiveram o padrão sazonal de brotamento, floração e frutificação típicos de espécies lenhosas de cerrado

sentido restrito (Lenza & Klink 2006, Oliveira 2008). As análises circulares confirmam esse fato para brotamento e floração, uma vez que apenas 40% e 33% das espécies analisadas, respectivamente, apresentaram mudanças temporais significativas quantos aos picos individuais dessas duas fenofases. Além do mais, mesmo naquelas espécies em que foram detectadas diferenças temporais entre a área queimada e o não queimada, essas foram sempre inferiores a quatro semanas.

Por fim, sugerimos que a sazonalidade dos eventos vegetativos e reprodutivos é uma característica evolutiva das espécies e não está sujeita a mudanças em curto prazo pela ação do fogo. Neste caso, grandes mudanças no tempo do pico de brotamento dos indivíduos estudados poderiam fazer com que estes ocorressem em momento não adequado à aquisição e conservação de nutrientes. Por outro lado, a perda da sincronia de floração poderia comprometer os mecanismos de polinização e formação de frutos, diminuindo o sucesso reprodutivo das espécies lenhosas. De forma geral, os resultados permitem sugerir a ocorrência de um mecanismo de compensação fenológica, pois as espécies apresentaram, em sua maioria, ajuste fenológico à queimada, aumentando a intensidade dos eventos fenológicos individuais subsequentes à queimada, mas mantendo a sazonalidade e a sincronia interindividual específica.

Referências Bibliográficas

- BENCKE, C.S.C. & MORELLATO, P.C. 2002. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. *Revista Brasileira de Botânica* 25: 269-275.
- COUTINHO, L.M. 1982. Ecological effects of fire in Brazilian Cerrado. *In Ecology of tropical savannas* (B.J. Huntley & B.H. Walker, Eds.). Springer-Verlag, Berlin, p. 273-29.
- FELFILI, J.M., SILVA JUNIOR, 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.
- FERNANDES-BULHÃO, C. & FIGUEIREDO P.S. 2002. Fenologia das leguminosas arbóreas em uma área de cerrado marginal no nordeste do Maranhão. *Revista Brasileira de Botânica* 25: 361-369.

- FIGUEIREDO, P.S. 2008. Fenologia e estratégias reprodutivas das espécies arbóreas em uma área marginal de cerrado, na transição para o semi-árido no nordeste do Maranhão, Brasil. *Revista Trópica* 2:8-21.
- FOURNIER, L.A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba* 24: 422-423.
- FRANCO, A.C. 2005. Biodiversidade de forma e função: implicações ecofisiológicas das estratégias de utilização de água e luz em plantas lenhosas do Cerrado. In *Cerrado: Ecologia, biodiversidade e conservação*. (Scariot, A. Sousa-Silva, J.C., Felfili, J.M., orgs.). MMA, Brasília, DF.
- FROST, P.G.H. & F. ROBERTSON. 1987. The ecological effects of fire in savannas. In *Determinants of Tropical Savannas* (B.J. Walker, ed.). IUBS Special, nº 3, Paris, p. 93–140.
- GUEDES, D.M. 1993. Resistência das árvores do cerrado ao fogo: papel da casca como isolante térmico. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília.
- HOFFMANN, W. A. 1999. Fire and population dynamics of woody plants in a neotropical savanna: Matrix model predictions. *Ecology* 80:1354–1369.
- HOFFMANN, W.A. & MOREIRA, A. 2002. The role of fire in population dynamics of woody plants. In *The cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical savanna* (P.S. Oliveira & R.S. Marquis, eds.). The University of Columbia Press, p.159-177.
- HOFFMANN, W.A. & SOLBRIG, O.T. 2003. The role of topkill in the differential response of savanna woody species to fire. *Forest Ecology and Management* 180: 273-286.
- HOFFMANN, W.A. 1996. The effects of cover and fire 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., ADASME, R., HARIDASAN, M., CARVALHO, M.T., GEIGER, E.L., PEREIRA, M.A., GOTSCH, S.G., FRANCO, A.C. 2009. Tree topkill, not mortality, governs the dynamics of savanna-forest boundaries under frequent fire in central Brazil. *Ecology* 90:1326-1337.
- KLINK, C.A. & MACHADO, R.B. 2005. A Conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade* 1:147-155.

- KOVACH, W.L. 2004. Oriana for windows, version 2.0. Kovach Computer Services. Pentraeth, Wales, UK.
- LANDIM, M.F. & J.D. HAY. 1996. Impacto do fogo sobre alguns aspectos da biologia reprodutiva de *Kielmeyera coriácea* Mart. Revista Brasileira de Biologia 56:127-134.
- 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.
- MARIMON JUNIOR, B.H. & HARIDASAN, M. 2005. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado stricto sensu em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. Acta Botanica Brasilica 19: 913-926.
- MARQUIS, R.J., DINIZ, I.D. & MORAIS, H.C. 2001. Patterns and correlates of interspecific variation in foliar insect herbivory and pathogen attack in Brazilian cerradão. Journal of Tropical Ecology 17:127-148.
- MARQUIS, R.J., MORAIS, H.C. & DINIZ, I.D. 2002. Interactions Among Cerrado Plants and Their Herbivores: Unique or Typical? In The cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical savanna (P.S. Oliveira & R.S. Marquis, eds.). The University of Columbia Press, p.306-328.
- MEDEIROS, M.D. & FIEDLER, N.D. 2004. Incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra: desafios para a conservação da biodiversidade. Ciência Florestal 14:157-168.
- MIRANDA, H.S., BUSTAMANTE, M.M.C. & MIRANDA, A.C. 2002. The fire factor. In The cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical savanna (P.S. Oliveira & R.S. Marquis, eds.). The University of Columbia Press, New York, p.51-68.
- MIRANDA, H.S., SATO, M.N., ANDRADE, S.M.A., HARIDASAN, M. & MORAIS, H.C. 2004. Queimadas de Cerrado: caracterização e impactos. In Cerrado ecologia e caracterização (L.M.S. Aguiar & A.J.A. Camargo, eds.). EMBRAPA Cerrados, Planaltina, p. 69-123.
- MISTRY, J. 1998. Fire in the cerrado (savannas) of Brazil: an ecological review. Progress Physical Geography 22:425-448.
- MIYANISHI, K., & M. KELLMAN. 1986. The role of fire in the recruitment of two neotropical savanna shrubs, *Miconia albicans* and *Clidemia sericea*. Biotropica 18: 224-230.

- MOREIRA, A.G. 2000. Effects of fire protection on savanna structure in Central Brazil. *Journal of Biogeography* 27:1021-1029.
- PIRANI, F.R., SANCHEZ, M. & PEDRONI, F. 2009. Fenologia de uma comunidade arbórea em cerrado sentido restrito, Barra do Garças, MT. *Acta Botanica Brasilica* 23: 1096-1109.
- SANTOS, A.J.B., SILVA, G.T.D.A., MIRANDA, H.S., MIRANDA, A.C., & LLOYD, J. 2003. Effects of fire on surface carbon, energy and water vapour fluxes over *campo sujo* savanna in central Brazil. *Functional Ecology* 17: 711-719.
- SILVA, D.M.S., Hay, J.D. & Morais, H.C. 1996. Sucesso reprodutivo de *Byrsonima crassa* (Malpighiaceae) após uma queimada em um cerrado de Brasília–DF. *In* Impactos de Queimadas em Áreas de Cerrado e Restinga (H.S. Miranda, C.H. Saito & B.F.S. Dias, eds.). ECL/Universidade de Brasília, Brasília, pp. 122–127.
- SARMIENTO, G., GOLDSTEIN, G. & MEINZER, F. 1985. Adaptive strategies of woody species in neotropical savannas. *Biological Review* 60:315-355.
- VICENTINI, K.R.F. História do Fogo no Cerrado: uma Análise Palinológica. 1999. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília.
- ZAR, J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. 4^a ed. New Jersey. Prentice Hall. 663p.

Artigo 3- Efeito do fogo sobre o comportamento fenológico de espécies lenhosas em duas fisionomias de cerrado sentido restrito no leste de Mato grosso, Brasil

Escrito de acordo as regras da revista Acta Botanica Brasilica ([Link para regras em Anexo 1](#))

Efeito do fogo sobre o comportamento fenológico de espécies lenhosas em duas fisionomias de cerrado sentido restrito no leste de Mato grosso, Brasil

DIVINO VICENTE SILVÉRIO^{1,2}, EDDIE LENZA¹

¹Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, *Campus* de Nova Xavantina, Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, BR-158, km 148, Caixa Postal 08, CEP: 78.690-000, Nova Xavantina, MT, Brasil. <www.unemat.br/ppgec>, ²Autor para correspondência: vicentth@yahoo.com.br

RESUMO: (Comportamento Fenológico pós-fogo de espécies lenhosas em duas fisionomias de Cerrado no leste de Mato grosso, Brasil). Nesse estudo foram avaliados os efeitos do fogo e do substrato sobre o comportamento fenológico de 28 espécies arbustivo-arbóreas, com diferentes níveis de deciduidade foliar, em duas fitofisionomias de cerrado sentido restrito no município de Nova Xavantina-MT. As observações fenológicas de 21 espécies em um cerrado típico e de 22 em um cerrado rupestre, sendo 15 espécies comuns às duas fitofisionomias, foram realizadas entre abril de 2008 e setembro de 2009. Para cada espécie foram selecionados e marcados 12 indivíduos adultos, cujo comportamento fenológico foi acompanhado em intervalos quinzenais. Em setembro de 2008 ocorreu uma queimada acidental, reduzindo o número de indivíduos de algumas espécies avaliadas, entretanto, aquelas que ainda permaneceram com indivíduos vivos foram acompanhadas até um ano após a queimada. Analisou-se conjuntamente o comportamento fenológico das 28 espécies em ambas as fitofisionomias, bem como comparou-se o comportamento de doze espécies, comum às duas áreas e que permaneceram com sete ou mais indivíduos após o fogo. Tanto na análise conjunta das 28 espécies como para as 12 espécies comuns, o fogo causou danos imediatos às folhas, flores e frutos, sendo mais afetadas as espécies sempre verdes ou aquelas que possuíam folhas, flores ou frutos no momento da queimada. Em oito das doze espécies comuns, houve tendência para deciduidade mais intensa ou prolongada no cerrado rupestre. Houveram aparentes atrasos no momento do início (3 espécies) e pico (4 espécies) de brotamento, no entanto, nenhuma tendência foi observada para o momento do início e pico de floração. Em três espécies no rupestre e duas no cerrado típico foram observadas floração extemporânea após o fogo, indicando que o fogo parece induzir a floração em algumas espécies. No geral, os resultados permitiram sugerir que o comportamento fenológico foi mais fortemente influenciado pela sazonalidade climática no cerrado rupestre, onde o substrato é mais restritivo. No entanto, os efeitos da queimada sobre os eventos fenológicos são menos evidentes no cerrado rupestre, provavelmente devido à menor intensidade do fogo nessa fitofisionomia.

Palavras-chave: Cerrado, fogo, cerrado rupestre, deciduidade

ABSTRACT: (Post-fire phenological behaviour of woody species in two Cerrado *censu stricto* physiognomies in eastern Mato Grosso, Brazil). This study evaluates the effects of fire and substrate on the phenological behaviour of 28 arboreous and shrub species with distinct degrees of leaf fall in two Cerrado physiognomies in the municipality of Nova Xavantina-MT. Phenological observations of 21 species from typical *cerradão* (Cerrado *censu stricto*) and 22 from *cerrado rupestre* (savanna in rock soil) (with 15 species being common to both physiognomies) were conducted between April 2008 and September 2009. For each species, 12 adult individuals were selected, tagged and their phenological behaviour was recorded at 15-day interval. In September 2008 an accidental burning occurred and reduced the number of individuals of some of the evaluated species, however, those who presented living individuals were followed for one year after burning. The overall phenological behaviour of 28 species in both physiognomic types was evaluated, and the behaviour of 12 species common to both areas and with seven or more individuals after the fire was also compared. In the overall analyses of the 28 species, as well as of the 12 shared species, fire caused immediate damage to leaves, flowers and fruits, and evergreen species or those species which had leaves, flowers or fruits at the time of fire were the most affected. In eight out of the 12 shared species there was a tendency for more intense or prolonged deciduousness in the *cerrado rupestre*. There was a trend to delay in the beginning (3 species) and peak (4 species) of sprouting, but no trend was observed for the beginning and peak of flowering. An episodic flowering event after fire was recorded for three species in the *cerrado rupestre* and two in the typical *cerrado*, indicating that fire seems to induce flowering in some species. Overall, the results suggest that phenological behaviour of the species is more strongly influenced by climatic seasonality in the *cerrado rupestre*, where the substrate is more restrictive. However, the effects of burning on the phenological events are less evident in the *cerrado rupestre*, probably due to the lower intensity of fire in this physiognomic type.

Key words: Cerrado, fire, cerrado rupestre, deciduousness

Introdução

A grande riqueza de espécies e os elevados níveis de endemismo fazem do bioma Cerrado uma das savanas mais diversas do mundo (Myers *et al.* 2000; Silva & Bates 2002). Por outro lado, a mudança da paisagem, provocada principalmente pelos desmatamentos para fins de agricultura e pecuária, constitui uma das mais marcantes interferências ambientais causadas pelo homem (Oliveira 2005; Sano *et al.* 2009) e torna o Cerrado altamente ameaçado (Klink & Machado 2005). Estima-se que atualmente cerca de 40% da vegetação nativa do Cerrado já foram convertidas em áreas antropizadas (Sano *et al.* 2009).

Devido a sua ampla área de ocorrência o Cerrado apresenta grande heterogeneidade ambiental e da vegetação (Ratter *et al.* 2003; Bridgewater *et al.* 2004; Silva *et al.* 2006; Ribeiro & Walter 2008). Onze distintas fitofisionomias distribuídas em três formações vegetais (florestal, savânica e campestre), são caracterizadas pelas diferentes densidades dos extratos arbustivo-arbóreo e herbáceo-graminoso (Eiten 1979; Oliveira-Filho & Ratter 2002; Ribeiro & Walter 2008). Em escala local é amplamente aceito que esse mosaico vegetacional é determinado por diferentes fatores como fertilidade, profundidade e umidade dos solos (Furley & Ratter 1988; Ribeiro & Walter 2008), relevo (Reatto *et al.* 2008; Ribeiro & Walter 2008) e ocorrência do fogo (Coutinho 1990; Moreira 2000) que provocam mudanças na estrutura e composição florística da vegetação.

Aspectos funcionais das comunidades vegetais, como o comportamento fenológico das espécies, podem também ser moldados por fatores ambientais condicionantes como o regime de fogo e de chuvas, irradiação e temperatura e bióticos como atividades de polinizadores e dispersores (Mantovani & Martins 1988; Felfili *et al.* 1999; Martin-Gajardo & Morellato 2003; Lenza & Klink 2006; Oliveira 2008). Há ainda evidências que sugerem que em diferentes fitofisionomias as espécies lenhosas do Cerrado podem apresentar variações nas estratégias fenológicas de crescimento e reprodução (Oliveira 2008), mas estas aguardam estudos específicos para sua confirmação. Além disso, os poucos estudos existentes evidenciam um efeito do fogo sobre o comportamento fenológico das espécies do Cerrado (Miyaniishi & Kellman 1986; Landim & Ray 1996; Hoffmann 1998; Felfili *et al.* 1999). Estes, em sua maioria, indicam um efeito negativo do fogo sobre a quantidade de flores e de frutos produzidos pelas espécies lenhosas. No entanto, inexistem para o bioma estudos testando os efeitos do fogo sobre o comportamento fenológico das espécies em diferentes fitofisionomias.

No bioma Cerrado as fitofisionomias de cerrado sentido restrito sobre solos profundo são representadas por cerrado denso, cerrado típico e cerrado ralo, enquanto que em solos mais

rasos e sobre afloramentos rochosos ocorre o cerrado rupestre (Ribeiro & Walter 2008). Nesta última fitofisionomia a menor disponibilidade de substrato pode impor maiores restrições físicas e hídricas ao desenvolvimento das plantas lenhosas e herbáceas (Benites *et al.* 2002). Por outro lado, a menor quantidade de material combustível fornecido pelas gramíneas, devido as restrições de substrato, pode levar a ocorrência de queimadas menos intensas, reduzindo assim os danos provocados pelo fogo à parte aérea dos indivíduos arbóreos no cerrado rupestre.

Nesse contexto, esse trabalho buscou avaliar e comparar os efeitos de uma queimada acidental sobre os eventos fenológicos entre espécies lenhosas de áreas adjacentes de cerrado típico e cerrado rupestre no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina, MT.

Material e Métodos

Este estudo foi realizado no Parque Municipal do Bacaba, localizado as margens da BR-158 (14°41' S e 52°20' W), em Nova Xavantina-MT. O Parque tem uma área aproximada de 500 ha, apresenta várias das fitofisionomias típicas do Cerrado, com altitude variando entre 300 e 400 m. Na porção mais elevada do Parque, ocorre o cerrado rupestre, sobre afloramentos rochosos, enquanto nas porções mais planas, sobre solos mais profundos, ocorre o cerrado típico, que é a fitofisionomia predominante. Em menor proporção ocorrem também matas de galeria e manchas de cerradão.

O clima da região é do tipo tropical úmido com inverno seco e verão chuvoso (Aw de Köppen), a temperatura média está em torno de 24° C e a precipitação média anual em torno de 1.500 mm (Silva *et al.* 2008). Os solos predominantes na área de estudo apresentam pH < 5, baixos teores de cálcio e magnésio e altos teores de alumínio trocável (Marimon-Júnior & Haridasan 2005).

Para o presente estudo foram selecionadas as espécies mais representativas da comunidade em duas fitofisionomias, em áreas adjacentes, sendo um cerrado típico sobre solo profundo e um cerrado rupestre com afloramento rochoso e solo tipicamente raso, onde as plantas se desenvolvem diretamente sobre a rocha ou em microsítios com delgadas camadas de solo. Foram observadas 21 espécies no cerrado típico e 22 no cerrado rupestre, com 15 comuns às duas fitofisionomias, totalizando 28 espécies (Tabela 1). Em maio de 2008, foram selecionados e marcados 12 indivíduos adultos de cada espécie em cada fitofisionomia e que apresentavam vestígio de estágio reprodutivo anterior. A queimada, ocorrida nas duas fitofisionomias em setembro de 2008 provocou a morte de alguns indivíduos, reduzindo o número de plantas observadas após este período (Tabela 1). Os dados fenológicos de *Antonia*

ovata e *Himatanthus obovatus* no cerrado típico e de *Copaifera martii* e *Tibouchina papyros* no cerrado rupestre somente foram apresentados até o momento da passagem do fogo, visto que todos os indivíduos observados dessas espécies tiveram a parte aérea queimada. Nas duas fitofisionomias todas espécies foram categorizadas em distintos grupos fenológicos vegetativos, utilizando o critério proposto por Lenza & Klink (2006).

As observações fenológicas foram realizadas em intervalos quinzenais no período de maio de 2008 a setembro de 2009. Para cada espécie foi estimada a cobertura individual da folhagem na copa, registrada a ocorrência de brotamento ou formação de folhas novas (fenologia vegetativa), flores, frutos imaturos e frutos maduros (fenologia reprodutiva). Por brotamento, considerou-se o desenvolvimento inicial das gemas com formação dos primórdios foliares ou folhas jovens ainda não completamente desenvolvidas. As fenofases vegetativas e reprodutivas foram ainda estimadas visualmente, de acordo com o método proposto por Fournier (1974), que consiste numa escala intervalar semi-quantitativa composta por cinco categorias ou notas de intensidade (0 a 4), sendo: nota 0 = ausência da fenofase; nota 1 = intensidade entre 1% e 25%; nota 2 = intensidade entre 26% e 50%; nota 3 = intensidade entre 51% e 75% e nota 4 = intensidade entre 76% e 100%.

Para cada fenofase calculou-se o índice de Fournier (IF), dado em valores percentuais e calculado por meio da soma das notas de intensidade dos indivíduos, multiplicado por 100, dividido pelo valor máximo de Fournier que pode ser alcançado por todos os indivíduos (N) na amostra ($IF = (\sum \text{Fournier} \cdot 100) / 4 \cdot N$). O IF das fenofases foi representado graficamente para as 12 espécies comuns às duas fitofisionomias e que permaneceram com sete ou mais indivíduos após a queimada (Fournier 1974, Benck & Morellato 2002).

Foram confeccionados fenogramas apresentando o momento de ocorrência das fenofases para todas as espécies em cada fitofisionomia (Lenza & Klink 2006). Para se obter melhor compreensão do grau de deciduidade foliar nas espécies foi estabelecido pico de cobertura de folhagem quando o índice de Fournier era igual ou superior a 50%.

As médias mensais das variáveis climáticas de precipitação e temperaturas mínima, média e máximas do período de estudo foram coletadas na Estação Meteorológica da UNEMAT em Nova Xavantina-MT (INMET 83319-MT), distante cerca de 800 m do sítio de estudo. Estas variáveis foram representadas graficamente através de um climatograma para o período de estudo.

O período de início e de pico das fenofases de brotamento e floração no cerrado rupestre e típico foi determinado através da Análise de Distribuições Circulares (Zar 1999), entre 20 de setembro de 2008 e 19 de setembro de 2009. Para esse período, Foram

determinados o ângulo médio de ocorrência do evento (α) e as medidas de dispersão ao redor deste ângulo (Zar 1999). A uniformidade da distribuição dos eventos ao longo do ano foi examinada pelo teste de Rayleigh (Z) (Zar 1999). Os ângulos médios para brotamento e floração de cada espécie foram comparados entre as fitofisionomias por meio do teste de Watson-Williams (Zar 1999). As análises circulares foram realizadas empregando-se o programa Oriana, versão 2.0 (Kovach 2004).

Resultados

Dados climáticos

A precipitação média anual entre outubro de 2008 e setembro de 2009 foi de 1.333 mm. O período seco de 2008 foi mais severa do que aquela do ano de 2009, sendo que entre maio e setembro de 2008 a precipitação foi de 17 mm, com um período de quatro meses (maio a agosto) sem precipitação. Ao passo que em 2009, entre os meses de maio setembro, foi registrada uma precipitação de 126,6 mm, com ausência de chuva apenas em julho (Figura 1).

As temperaturas médias mensais variaram entre 28 °C (outubro de 2008) e 22 °C (junho de 2008), com média anual de 25 °C, as temperaturas máximas mensais variaram entre 38 °C (setembro de 2008) e 31 °C (dezembro de 2008), com média máxima anual de 34 °C, enquanto, as temperaturas mínimas mensais variaram entre 23 °C (novembro de 2008) e 15 °C (julho de 2008), com média mínima anual de 20 °C (Figura 1).

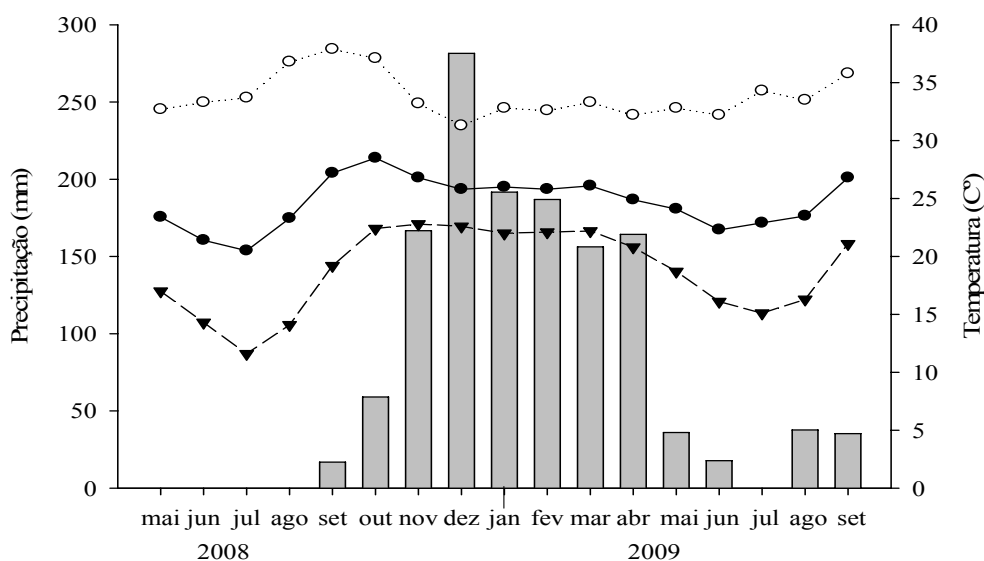


Figura 1. Climatograma do Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT entre maio de 2008 e setembro de 2009. Precipitação (■); Temperatura máxima (○); Temperatura média (●); Temperatura mínima (▼).

Deciduidade das espécies nas duas comunidades. As espécies com deciduidade completa (brevidécidas e decíduas) representaram 62% das espécies no cerrado típico e 73% no cerrado rupestre, enquanto que as espécies sem deciduidade completa (sempre verdes com crescimento contínuo e sempre verdes com crescimento sazonal) foram menos representativas nas duas fitofisionomias (38% no cerrado típico e 27% no cerrado rupestre). Entre as quatro categorias de deciduidade aqui consideradas, o comportamento fenológico decíduo foi o mais comum entre as espécies nas duas fitofisionomias, com 10 espécies (48%) no cerrado típico e 14 espécies (64%) no cerrado rupestre. Das 12 espécies comuns às duas fitofisionomias, *Byrsonima coccolobifolia* e *Davilla elliptica* apresentaram comportamentos fenológicos distintos entre o cerrado típico e o cerrado rupestre. A primeira espécie apresentou comportamento brevidécido no cerrado típico e decíduo no cerrado rupestre, enquanto que a segunda foi categorizada como sempre verde sazonal no cerrado típico e como brevidécida no cerrado rupestre (Tabela 1).

Tabela 1. Espécies estudadas com suas respectivas famílias, grupos fenológicos (GF) e número de indivíduos antes (NAF) e depois da passagem do fogo (NDF) no cerrado típico (CT) e cerrado rupestre (CR) no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina, MT. Sendo os grupos fenológicos: Sempre verdes com crescimento contínuo (SVC); Sempre verdes com crescimento sazonal (SVS); Brevidecíduas (BDC); Decíduas (DEC).

Espécies	Famílias	NAF/NDF		GF ¹	
		CT	CR	CT	CR
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> H. B. & K.	MALPIGHIACEAE	12/10	12/11	BDC	DEC
<i>Byrsonima pachyphylla</i> Griseb.	MALPIGHIACEAE	12/12	12/10	SVS	SVS
<i>Davilla elliptica</i> St. Hil.	DILLENIACEAE	12/10	12/11	SVS	DEC
<i>Erythroxylum suberosum</i> St. Hil.	ERYTHROXYLACEAE	12/11	12/5	DEC	DEC
<i>Eugenia aurata</i> O. Berg.	MYRTACEAE	12/10	12/11	BDC	BDC
<i>Himatanthus obovatus</i> (M. Arg.) R. E. Woodson	APOCYNACEAE	12/0	8/6	SVS	SVS
<i>Kielmeyera rubriflora</i> Cambess.	CLUSIACEAE	12/11	12/11	DEC	DEC
<i>Lafoensia pacari</i> St. Hil.	LYTHRACEAE	12/11	12/8	DEC	DEC
<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart. ex Engl.) Engl.	OCHNACEAE	12/10	12/9	SVC	SVC
<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A. Robyns.	MALVACEAE	12/7	12/11	DEC	DEC
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	VOCHYSIACEAE	12/11	12/10	DEC	DEC
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	VOCHYSIACEAE	12/10	12/10	DEC	DEC
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	VOCHYSIACEAE	12/10	12/10	DEC	DEC
<i>Tachigali aurea</i> Tul.	FABACEAE	12/10	12/9	BDC	BDC
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schlecht.) K. Schum.	RUBIACEAE	12/4	12/6	DEC	DEC
<i>Antonia ovata</i> Pohl	LOGANIACEAE	12/0	-	SVC	-
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	APOCYNACEAE	12/12	-	BDC	-
<i>Myrcia lanuginosa</i> O. Berg.	MYRTACEAE	12/3	-	SVC	-
<i>Ouratea hexasperma</i> (A. St.-Hil.) Baill.	OCHNACEAE	12/12	-	SVC	-
<i>Roupala montana</i> Aubl.	PROTEACEAE	12/2	-	SVC	-
<i>Salvertia convallariaeodora</i> St. Hil.	VOCHYSIACEAE	12/12	-	SVC	-
<i>Anacardium occidentale</i> L.	ANACARDIACEAE	-	12/12	-	SVC
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	APOCYNACEAE	-	12/11	-	DEC
<i>Copaifera martii</i> Hayne	FABACEAE	-	12/0	-	SVC
<i>Dipteryx allata</i> Vog.	FABACEAE	-	12/12	-	DEC
<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A. Juss.	MALPIGHIACEAE	-	12/11	-	DEC
<i>Tibouchina papyros</i> Cogn.	MELASTOMATAACEAE	-	12/0	-	DEC
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	FABACEAE	-	12/12	-	SVS

1. Classificação dos grupos fenológicos segundo critérios utilizados no primeiro capítulo da presente dissertação e por Lenza & Klink (2006).

Fenologia vegetativa nas duas comunidades - Nas duas fitofisionomias o fogo causou maiores danos às folhas das espécies sempre verdes com crescimento contínuo, pois os indivíduos dessas espécies apresentavam folhagem mais abundante no momento da queimada. Três espécies sempre verdes com crescimento contínuo, *Antonia ovata* e *Roupala montana* no cerrado típico e *Ouratea hexasperma* no cerrado rupestre, foram as únicas que apresentavam IFCC superior a 50% após a queima. Por outro lado, os danos provocados pelo fogo às folhas das espécies com deciduidade completa foram menores. No cerrado típico, todos os indivíduos de uma espécie semidecídua (*Aspidosperma tomentosum*) e de oito espécies decíduas foram registrados completamente sem folhas durante a queimada, enquanto que no cerrado rupestre 12 espécies decíduas apresentavam IFCC igual a zero no momento da queimada (Figuras 2 e 3)

O padrão de brotamento foi semelhante entre as duas fitofisionomias, bem como foram observadas espécies brotando no mesmo período e pertencentes aos distintos grupos fenológicos nas duas fitofisionomias no momento da passagem do fogo. No cerrado típico onze espécies (52%) estavam em brotamento, enquanto que no cerrado rupestre somente sete espécies (32%) apresentavam essa fenofase. Foi observado ainda grande número de espécies em brotamento ao longo do período chuvoso seguinte à queimada, entre outubro de 2008 e abril de 2009, nas duas fitofisionomias (de 15 a 19 no cerrado rupestre e de 17 a 20 no cerrado típico). No entanto, a retomada do brotamento imediatamente após a queimada, em setembro de 2008, ocorreu em 52% das espécies no cerrado típico e em apenas 27% das espécies no cerrado rupestre (Figuras 2 e 3). O número de espécies brotando em setembro de 2008 (11 no cerrado típico; sete no cerrado rupestre) foi sempre menor do que aquele observado em setembro de 2009 (18 no cerrado típico e 20 no cerrado rupestre), cujo volume de chuvas foi maior do que aquele registrado no mesmo período no ano de 2008 (Figura 1).

Na maior parte do tempo as espécies SVC se mantiveram com a cobertura de folhagem na copa superior a 50%, tanto no cerrado rupestre quanto no cerrado típico (Figuras 2 e 3). A recomposição da folhagem da copa em *Ouratea spectabilis*, espécie comum às duas fitofisionomias, durou três meses no cerrado típico e apenas um mês no cerrado rupestre. Com a passagem do fogo, a folhagem na copa das espécies SVC ficou, por curto período de tempo, com intensidade menor que 50% sem, no entanto, haver redução completa da folhagem nos indivíduos. Após a queimada, as espécies deste grupo fenológico no cerrado típico permaneceram por mais tempo com copa inferior a 50% (Figuras 2 e 3).

Tanto no cerrado rupestre quanto no típico, as espécies SVS apresentaram brotamento concentrado no final do período seco e ao longo do período chuvoso. Ao passo que a redução da folhagem na copa ocorreu no final do período seco e imediatamente após a queimada. Em

setembro de 2009, a folhagem da copa em *H. obovatus* e *V. macrocarpa* no cerrado rupestre ficou com intensidade menor que 50%, enquanto que no cerrado típico isso não ocorreu para nenhuma das três espécies SVS (Figuras 2 e 3). *Byrsonima pachyphylla* apresentou intensidade de folhagem na copa menor que 50% nas duas fitofisionomias somente após a passagem do fogo.

Nas duas fitofisionomias, as espécies BDC apresentaram redução na intensidade de cobertura de copa a partir de agosto e setembro e troca completa da folhagem nos indivíduos durante a transição entre os períodos de seca e chuva. No período seco de 2008, a redução da copa em *Eugenia aurata* e *Tachigali aurea* foi mais prolongada no cerrado rupestre do que no cerrado típico. No momento da queimada, essas duas espécies apresentaram intensidade de copa inferior a 50% no cerrado rupestre, enquanto no cerrado típico, isto só ocorreu para *Himatanthus obovatus*, uma das quatro espécies BDC para esta fisionomia (Figuras 2 e 3).

As espécies DEC nas duas fitofisionomias apresentaram redução da folhagem na copa a partir do início do período seco, de forma que no momento da passagem do fogo a maioria das espécies já estava sem folhas. Apenas uma espécie DEC no cerrado típico (*Lafoensia pacari*) e duas no cerrado rupestre (*Davilla elliptica* e *Pseudobombax longiflorum*) apresentavam indivíduos com folhas durante a queimada e mesmo nesses casos o IFCC das três populações foram inferiores a 50%. A abscisão foi total em todas as populações estudadas durante o período seco de 2008, com duração variando entre as espécies e entre as fisionomias estudadas (Figuras 2 e 3). A maioria das populações permaneceu mais de um mês em senescência total, com destaque para *Kielmeyera rubriflora* no cerrado típico, com quatro meses sem folhagem na copa (Figura 3). As espécies DEC tiveram brotamento concentrado principalmente durante o período chuvoso. Durante a queimada, apenas duas espécies em cada uma das fitofisionomias possuíam indivíduos em brotamento.

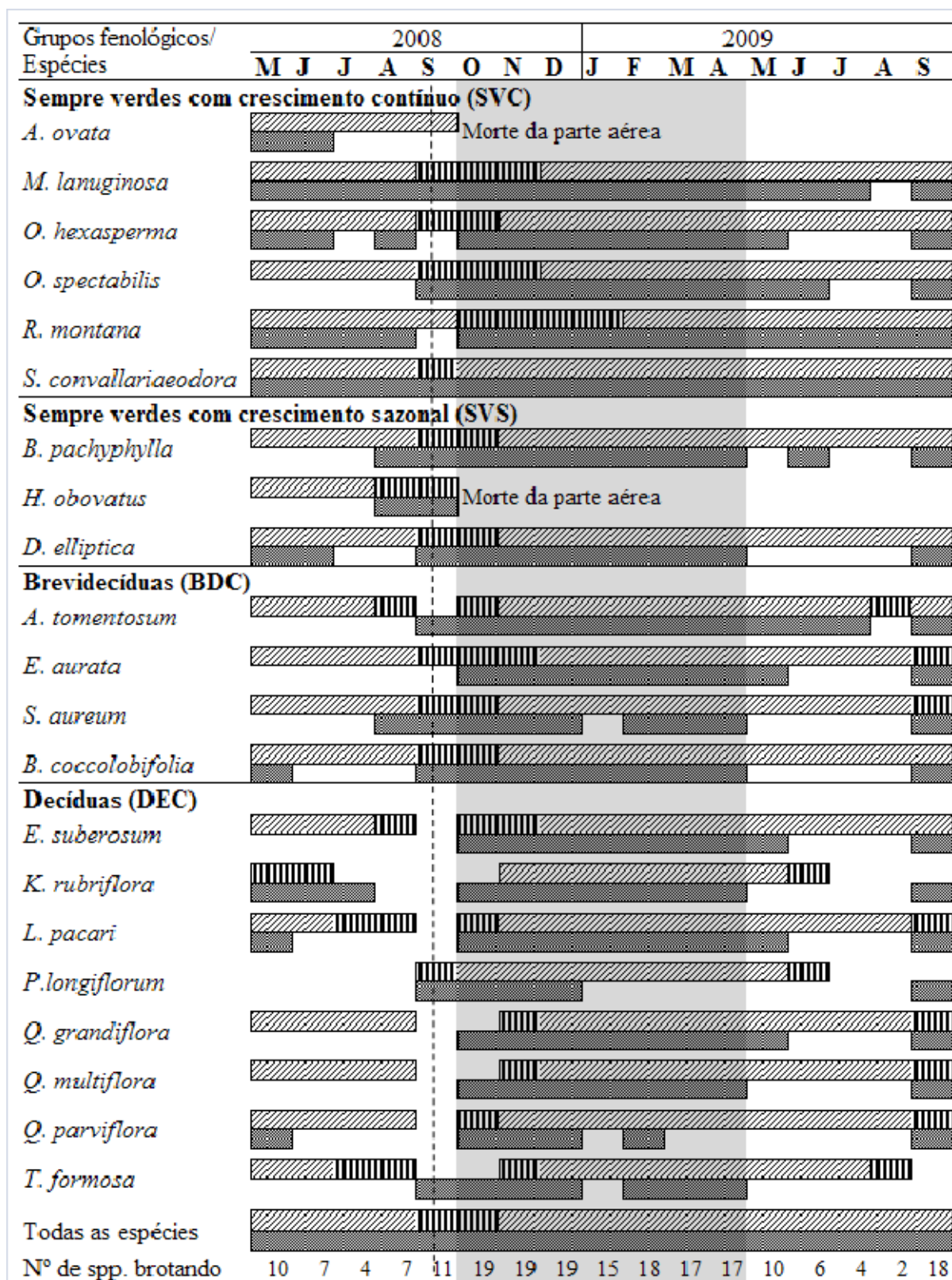


Figura 2. Fenograma da cobertura de folhagem na copa e período de brotamento de 21 espécies estudadas em um cerrado típico no período de maio de 2008 a setembro de 2009, no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT, sendo: cobertura de folhagem na copa com intensidade superior a 50% (▨); cobertura de folhagem na copa com intensidade inferior a 50% (▩); presença de brotamento (▤); ausência de fenofase (□). A barra vertical cinza indica o período chuvoso e a linha pontilhada vertical indica o momento da passagem do fogo.

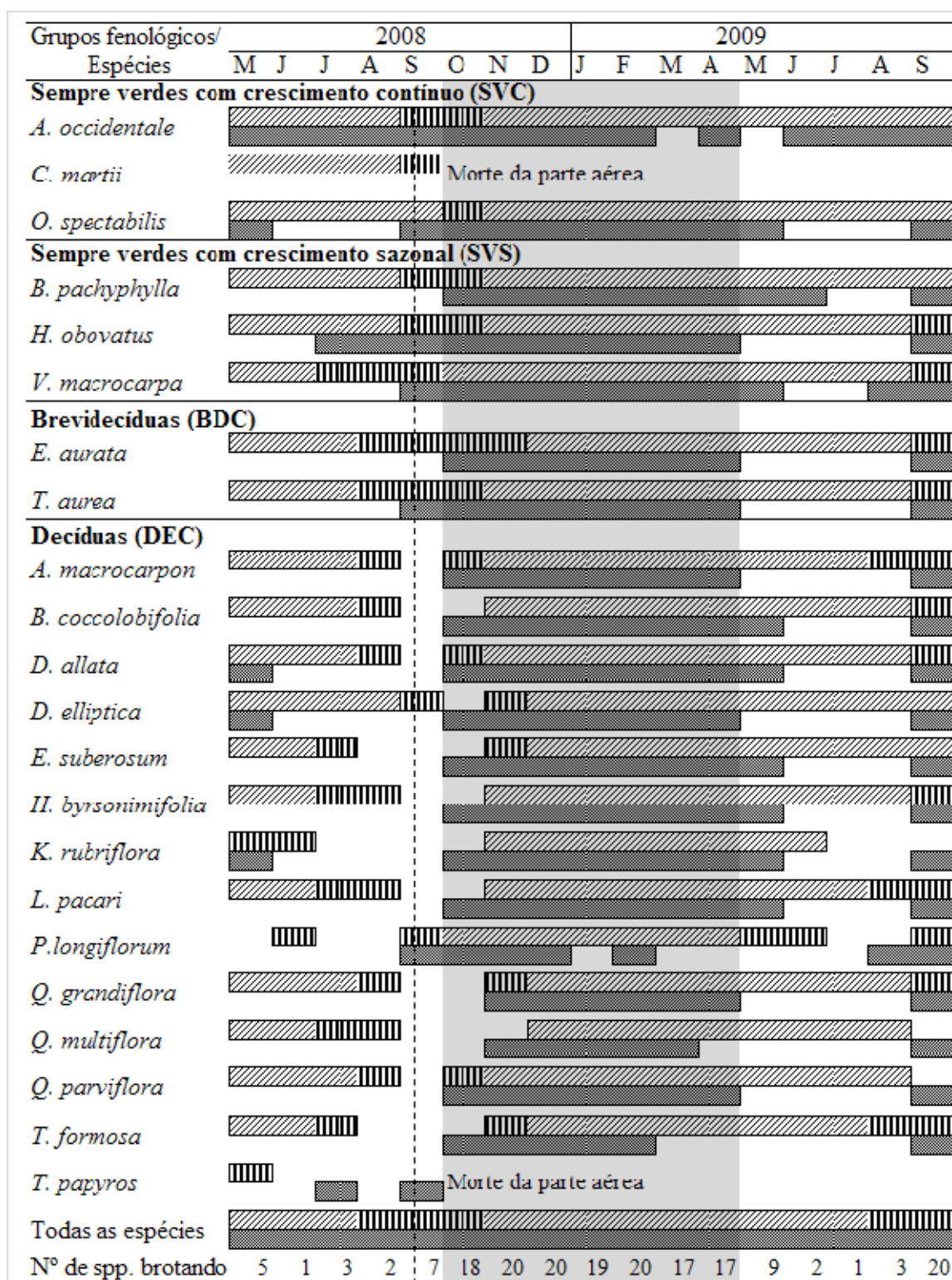


Figura 3. Fenograma da cobertura de folhagem na copa e de brotamento de 22 espécies estudadas em um cerrado rupestre no período de maio de 2008 e setembro de 2009, no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT, sendo: cobertura de folhagem na copa com intensidade superior a 50% (▨); cobertura de folhagem na copa com intensidade inferior a 50% (▩); presença de brotamento (▧); ausência de fenofase (□). A barra vertical cinza indica o período chuvoso e a linha pontilhada vertical indica o momento da passagem do fogo.

Fenologia reprodutiva nas duas comunidades. Foi observada forte sazonalidade de floração e frutificação das espécies nas duas fitofisionomias, sendo que apenas *T. formosa*, no cerrado típico, não apresentou nenhum evento de floração ao longo do período de estudo (Figuras 4 e 5).

Cinco espécies no cerrado típico e cinco no cerrado rupestre estavam com botões florais ou flores na ocasião da queimada e estas estruturas foram completa ou parcialmente danificadas pelo fogo. Dessas espécies, três no cerrado típico (*Byrsonima pachyphylla*, *B. coccolobifolia* e *Ouratea hexasperma*) e uma no cerrado rupestre (*Heteropterys byrsonimifolia*) floresceu após a queimada a despeito dos danos parciais provocados pelo fogo às estruturas reprodutivas (Figuras 4 e 5).

Como o período de estudo abrangeu duas estações secas e uma chuvosa, algumas espécies que floresceram durante o período seco, apresentaram dois eventos de floração, um antes e outro após o fogo (nove espécies em cada fitofisionomia), no entanto, não parece não haver diferenças evidentes no tempo de ocorrência dos eventos de floração antes e depois do fogo. No cerrado rupestre, das cinco espécies para as quais foi possível observar o início do período de floração durante o período avaliado, apenas *Ouratea spectabilis* antecipou a floração em um mês no período seco após o fogo (Figura 4). No cerrado típico, entre as nove espécies que tiveram dois eventos florais durante as duas estações secas, três também apresentaram um terceiro e mais discreto evento de floração no período chuvoso após a queimada. Entre as espécies com flor antes da queimada no cerrado típico, apenas em *Himatanthus obovatus* e *Antonia ovata* a floração foi seriamente comprometida com a passagem do fogo que causou a morte de todos os indivíduos amostrados (Figura 5).

No cerrado rupestre todas as espécies maturaram frutos, enquanto que no cerrado típico não foi registrada a maturação de frutos em cinco espécies (24%). Apenas duas espécies no cerrado rupestre (9%) e duas no típico (9%) tiveram frutos dispersos exclusivamente no período chuvoso, enquanto as demais espécies dispersaram frutos na seca (7(33%) no cerrado típico e 11(50%) no cerrado rupestre) ou na transição entre os dois períodos (7(33%) no cerrado típico e 9(41%) no cerrado rupestre) (Figura 4 e 5).

No momento da passagem do fogo, 15 das 21 espécies no cerrado típico e 13 das 22 espécies no cerrado rupestre estavam frutificando e provavelmente tiveram parte dos frutos verdes e maduros danificados pelas chamas. Entretanto, em três destas espécies no cerrado típico (20%) e em nove (69%) no rupestre ainda foi possível observar dispersão de frutos mesmo após a passagem do fogo. Por outro lado, a maturação de frutos no cerrado rupestre foi interrompida em três espécies (*Byrsonima pachyphylla*, *Himatanthus obovatus* e

Pseudobombax longiflorum) e no cerrado típico a queimada suprimiu a maturação em quatro espécies (*B. pachyphylla*, *H. obovatus*, *Ouratea hexasperma* e *O. spectabilis*). Além das espécies citadas, *Myrcia lanuginosa* e *Erythroxylum suberosum* no cerrado típico parecem também ter sofrido efeitos negativos do fogo sobre a reprodução, pois não dispersaram frutos ao longo de todo período de observação. A morte de todos os indivíduos após o fogo de *H. obovatus* e *A. ovata* no cerrado típico e de *T. papyros* e *C. Martii* no rupestre representaram prejuízo adicional à reprodução dessas espécies após a queimada (Figuras 4 e 5).

Em mais longo prazo, no cerrado rupestre, 14 (70%) das 20 espécies sobreviventes maturaram frutos cerca de um ano após a queimada. No cerrado típico, foi registrada a frutificação um ano após a queimada em nove (47%) das 19 espécies sobreviventes. Adicionalmente, foi notado um evento completo de floração e maturação dentro do período chuvosa em *Byrsonima coccolobifolia*, *Ouratea hexasperma* e *Pseudobombax longiflorum* no cerrado típico e em *Byrsonima coccolobifolia* e *Erythroxylum suberosum* no cerrado rupestre. Nessas quatro espécies o fogo parece ter induzido a ocorrência de um evento reprodutivo adicional e em todos os casos houve produção e maturação de frutos.

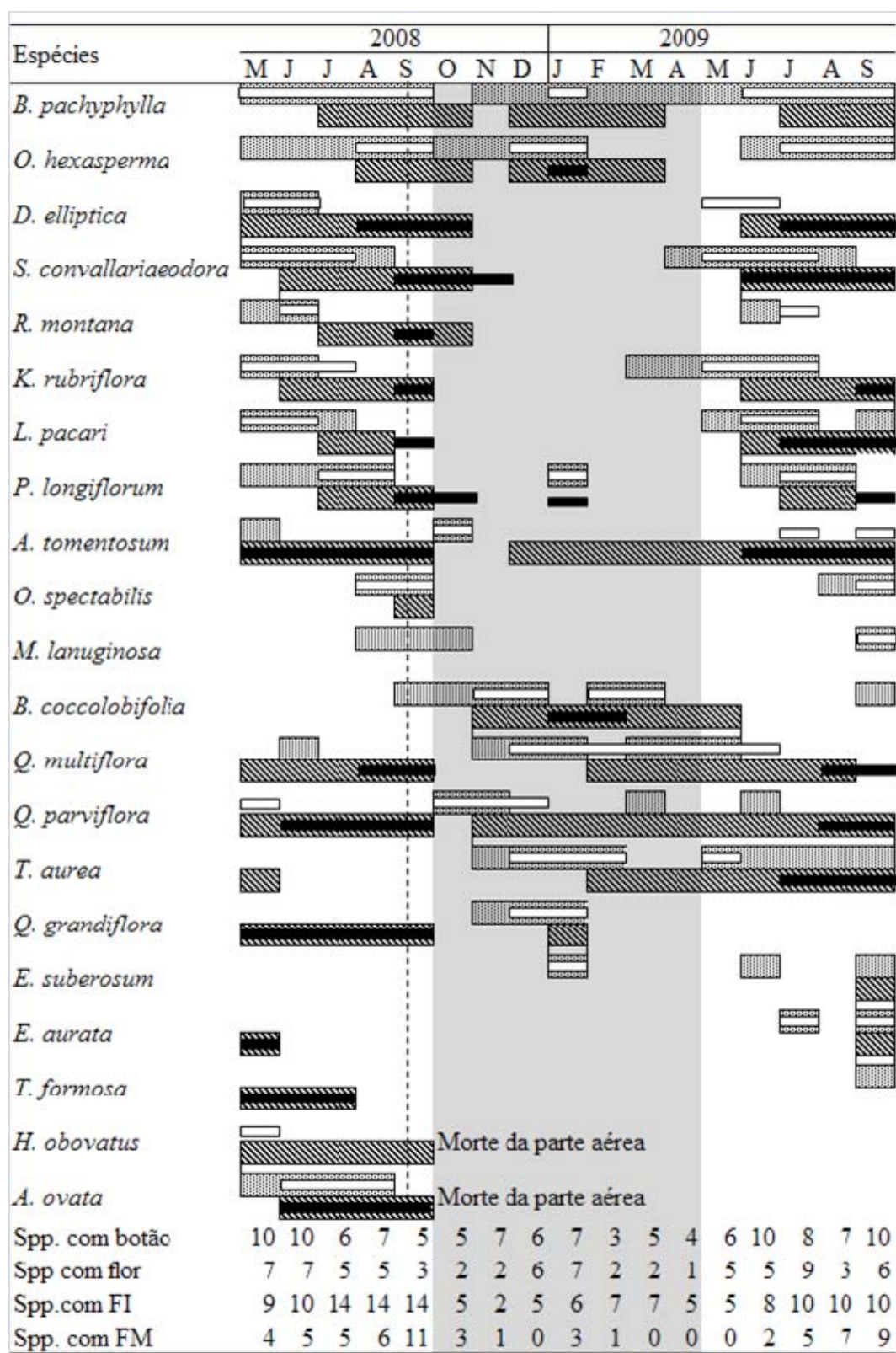


Figura 4. Fenograma das fenofases reprodutivas de 21 espécies estudadas em um cerrado típico entre maio de 2008 e setembro de 2009, no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. Botão floral (▨); flor em antese (□); fruto imaturo (▩); fruto maduro (■); ausência de fenofase (□). A barra vertical cinza indica o período chuvoso e a linha pontilhada vertical indica o momento da passagem do fogo.

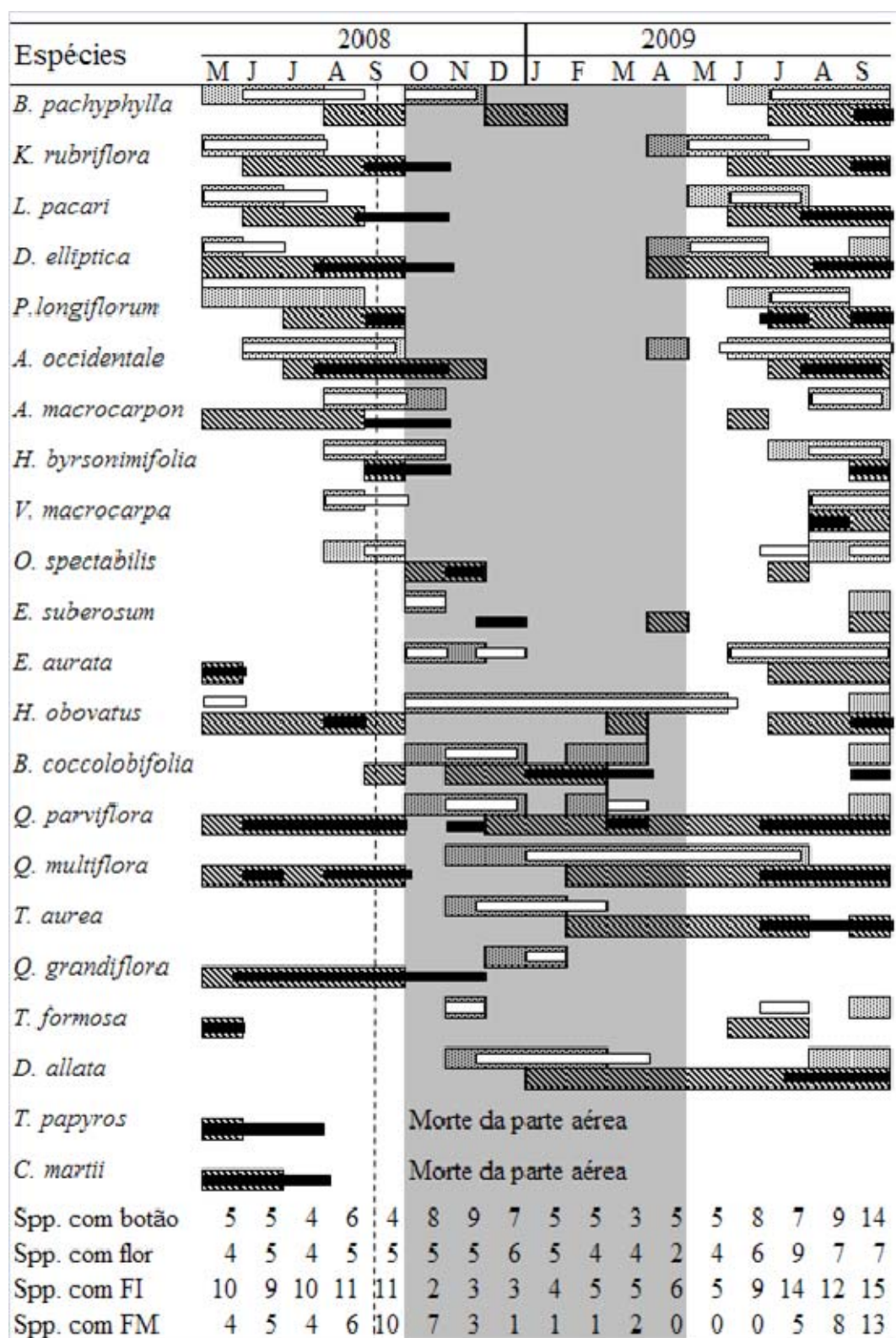


Figura 5. Fenograma das fenofases reprodutivas de 22 espécies estudadas em um cerrado rupestre entre maio de 2008 e setembro de 2009, no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. Botão floral (□); flor em antese (▨); fruto imaturo (▩); fruto maduro (■); ausência de fenofase (□). A barra vertical cinza indica o período chuvoso e a linha pontilhada vertical indica o momento da passagem do fogo.

Fenologia vegetativa das espécies comuns- No período seco de 2008, antes da passagem do fogo, sete das 12 espécies comparadas (58%) apresentaram redução da folhagem antecipada no cerrado rupestre em relação ao cerrado típico enquanto as outras cinco espécies tiveram padrão semelhante entre as fitofisionomias (Figura 6). *Byrsonima pachyphylla* e *Ouratea spectabilis*, duas espécies sempre verdes que apresentavam maiores índices de cobertura de folhagem no momento da queimada, sofreram os maiores danos nas estruturas vegetativas em função do fogo (Figura 6).

Após a queimada, a recomposição de folhagem da copa foi semelhante entre as duas fitofisionomias para oito espécies (58%) (Figura 6). Das outras quatro espécies, duas (*Eugenia aurata* e *Ouratea spectabilis*) tiveram uma recomposição de copa antecipada no cerrado rupestre, e em duas (*Davilla elliptica* e *Byrsonima coccolobifolia*) a recomposição da copa foi antecipada no cerrado típico. Semelhante ao observado no período seco de 2008, no período seco de 2009, seis das 12 espécies também tiveram abscisão antecipada no cerrado rupestre. As outras espécies apresentaram reduções na cobertura de copa semelhantes entre os dois ambientes (Figura 6). Em oito espécies (68%) a redução de cobertura de folhagem na copa foi menos acentuada no período seco de 2009 (Figura 6), na qual foram registrados maiores índices pluviométricos (Figura 1).

Após a queimada, o brotamento foi semelhante entre as fitofisionomias em termos de intensidade e duração, com pequenas diferenças nas intensidades dos picos (Figura 7). Nas duas fitofisionomias foram observados picos de brotamento em outubro e novembro de 2008, seguidos por brotamento menos intenso ao longo do período chuvoso. No momento da passagem do fogo, quatro espécies (*Byrsonima pachyphylla*, *Davilla elliptica*, *Pseudobombax longiflorum* e *Tachigali aurea*) já estavam em brotação e sofreram pequenos danos pela queimada. Todas as espécies no cerrado rupestre e 10 (83%) no cerrado típico apresentaram brotamento mais intenso no fim de setembro e começo de outubro de 2009, em relação ao mesmo período de 2008 (Figura 2).

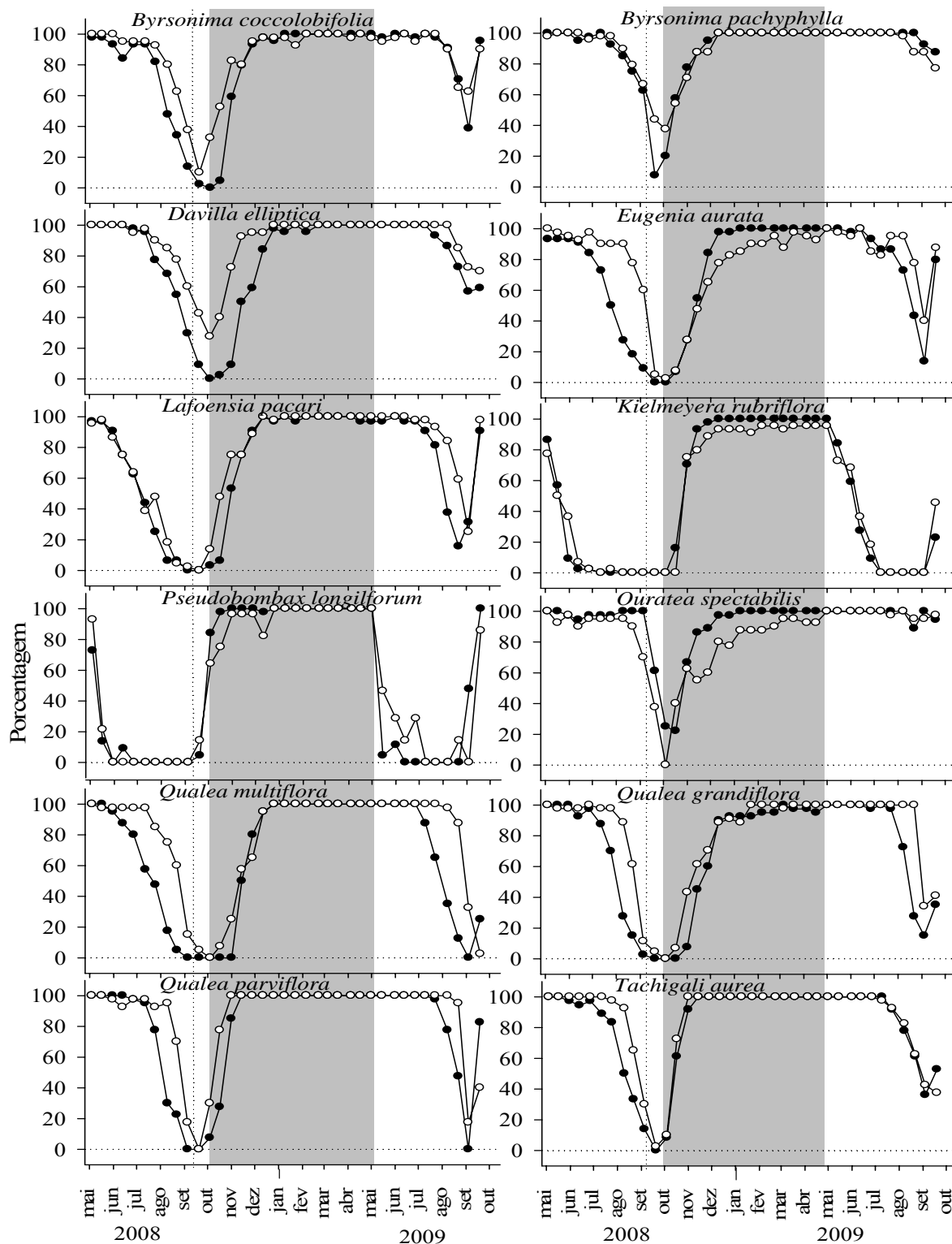


Figura 6. Índice de Fournier (%) da cobertura de folhagem na copa de 12 espécies lenhosas em um cerrado rupestre (●) e um cerrado típico (○), entre 2008 e 2009 no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. A barra vertical cinza indica o período chuvoso e a linha pontilhada vertical indica o momento da ocorrência do fogo.

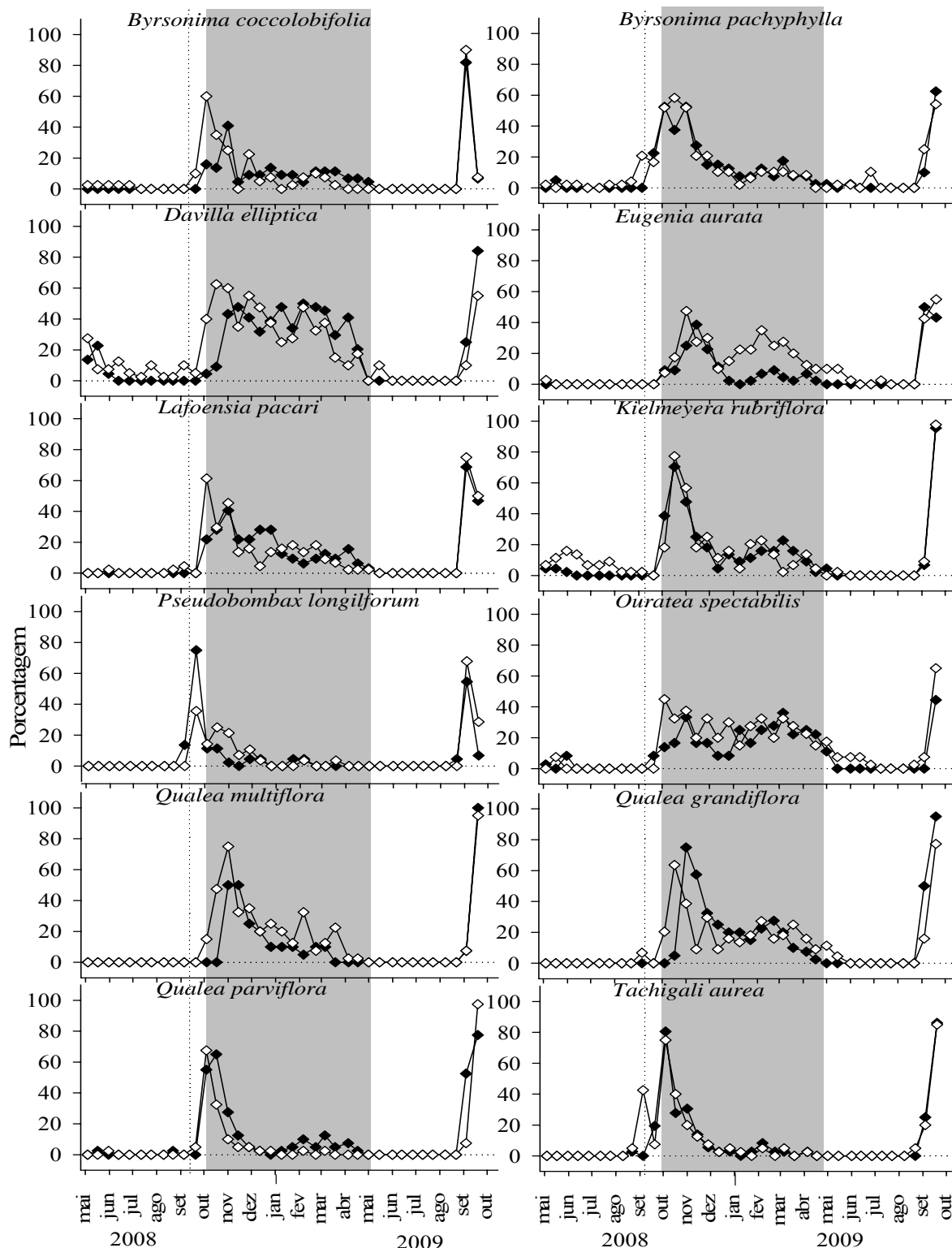


Figura 7. Índice de Fournier (%) do brotamento de 14 espécies lenhosas em cerrado rupestre (◆) e cerrado típico (◇), entre 2008 e 2009 no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. A barra vertical cinza indica o período chuvoso e a linha pontilhada vertical indica o momento da ocorrência do fogo.

Fenologia reprodutiva das espécies comuns- As espécies estudadas apresentaram floração fortemente sazonal nas duas fitofisionomias, com picos de intensidade de floração variando de 15% para *Pseudobombax longiflorum* até próximo de 100% em *Byrsonima pachyphylla*. Cinco espécies floresceram durante o período seco (floração tardia), 2 espécies (*Ouratea spectabilis* e *Eugenia aurata*) na transição entre os períodos seco e chuvoso (floração precoce) e 5 durante o período chuvoso (floração retardada) (Figura 8), sendo que todas as espécies tiveram a mesma classificação nas duas fitofisionomias.

As cinco espécies com floração tardia apresentaram dois eventos de floração um antes e outro depois do fogo. Em quatro destas (*Byrsonima pachyphylla*, *Davilla elliptica*, *Lafoensia pacari* e *Kielmeyera rubriflora*) o evento depois do fogo foi mais intenso que aquele antes do fogo. Em *Pseudobombax longiflorum* a floração teve intensidade semelhante nos dois eventos, entretanto, no cerrado típico esta espécie apresentou floração episódica adicional durante o período chuvoso. As duas espécies com floração precoce estavam iniciando (*Eugenia aurata*) ou no auge da floração (*Ouratea spectabilis*) durante a queimada e tiveram botões florais e flores danificados pelas chamas (Figura 8) (*Eugenia aurata* apresentava botões florais no momento da queimada, ver capítulo 1). Nessas duas espécies a floração foi suprimida e novo evento de floração ocorreu somente um ano após a queimada. As cinco espécies com floração retardada (*B. coccolobifolia*, *Q. grandiflora*, *Q. multiflora*, *Q. parviflora* e *T. aurea*) parecem não terem sido prejudicadas pelo fogo, pois todas elas apresentaram consideráveis índices de floração nas duas fitofisionomias.

Na comparação da intensidade dos picos de floração entre as fitofisionomias, em seis espécies (*B. coccolobifolia*, *B. pachyphylla*, *Q. parviflora*, *O. spectabilis*, *P. longiflorum* e *T. aurea*) os maiores picos de intensidade de floração foram no cerrado típico, em quatro no cerrado rupestre (*Eugenia aurata*, *Davilla elliptica*, *Kielmeyera rubriflora*, *Q. parviflora*) e em uma (*Q. multiflora*) as intensidades foram semelhantes entre as duas fitofisionomias. Em *Lafoensia pacari*, a floração antes do fogo foi mais intensa no cerrado rupestre, enquanto que após o fogo as intensidades de floração foram semelhantes entre as duas fitofisionomias (Figura 8).

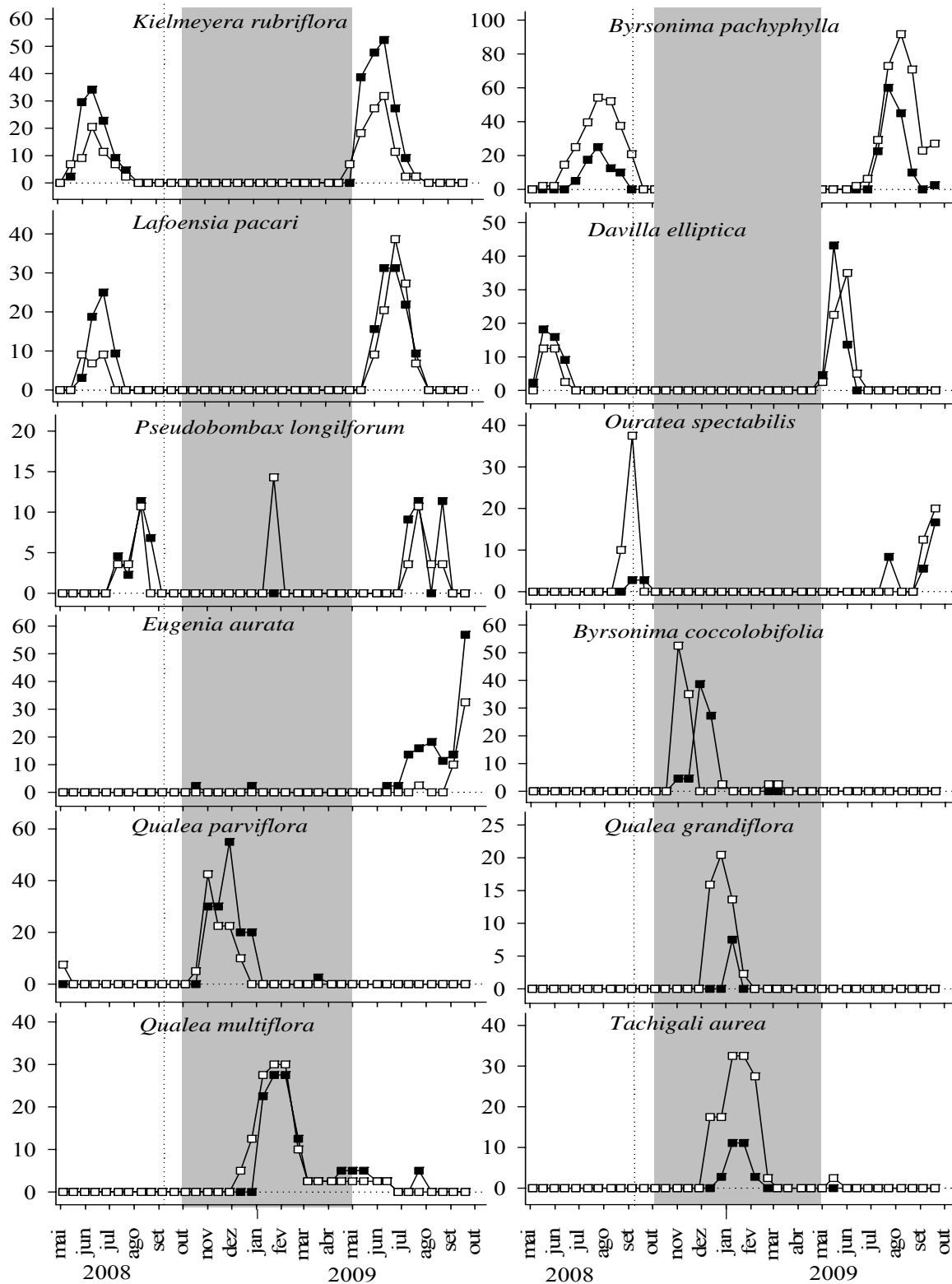


Figura 8. Índice de Fournier (%) da floração de 12 espécies lenhosas em cerrado rupestre (■) e um cerrado típico (□), entre 2008 e 2009 no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. A barra vertical cinza indica o período chuvoso e a linha pontilhada vertical indica o momento da ocorrência do fogo.

Os picos de frutificação variaram em cerca de 10% em *Pseudobombax longiflorum* até próximo de 100% em *Byrsonima pachyphylla*. Durante a queimada quatro espécies não apresentavam frutos imaturos, duas espécies estavam com altas intensidades de frutos imaturos (*Byrsonima pachyphylla* e *Pseudobombax longiflorum*), enquanto seis espécies estavam na fase final de ocorrência dessa fenofase. A passagem do fogo teve efeito imediato negativo sobre a frutificação das oito espécies nesta fenofase, uma vez que causou danos aos frutos e conseqüente o abortamento (Figuras 9). Os frutos de *B. pachyphylla* e *O. spectabilis* foram aparentemente os mais afetados pelo fogo, sendo que estas não chegaram a dispersar frutos no cerrado típico durante o período de estudo (Figura 9). A frutificação de *Eugenia aurata* também foi suprimida pelo fogo, mas devido à destruição dos botões florais.

Em oito das doze espécies estudadas foi possível observar, pelo menos parcialmente, dois eventos de frutificação, o primeiro antes do fogo e o segundo cerca de um ano depois da ocorrência da queimada. Em três destas espécies (*Davilla elliptica*, *Lafoensia pacari* e *Kielmeyera rubriflora*), o evento após o fogo foi mais intenso para as duas fitofisionomias, enquanto que apenas em *Pseudobombax longiflorum* e *Qualea multiflora* as intensidades de frutificação foram menores no pico um ano após a queimada. A intensidade, tanto de frutos imaturos quanto de frutos maduros, foi maior no cerrado rupestre para *Kielmeyera rubriflora* e *Lafoensia pacari*, durante o período avaliado.

Byrsonima pachyphylla apresentou maior intensidade de frutos imaturos no cerrado típico para os dois eventos, entretanto, não se observou frutos maduros em nenhum dos eventos no cerrado típico e somente para o último evento no cerrado rupestre. *Pseudobombax longiflorum* apresentou frutificação com intensidade semelhante no primeiro evento em 2008 mas, com maior intensidade de frutos imaturos e maduros no cerrado típico, no segundo evento em 2009. *Qualea grandiflora*, *Q. multiflora* e *Q. parviflora* apresentaram padrão semelhante de produção de frutos imaturos antes do fogo, no entanto, após a queimada as duas últimas espécies frutificaram mais intensamente no cerrado típico, enquanto *Q. grandiflora* não produziu ou maturou frutos até um ano após a queimada nas duas fitofisionomias (Figura 9).

Em *Byrsonima coccolobifolia* e *Tachigali aurea*, duas espécies que floresceram, produziram e maturaram frutos apenas após a queimada e, portanto, não tiveram estruturas reprodutivas danificadas pelas chamas, a frutificação foi mais intensa no cerrado típico. Por outro lado, em *Ouratea spectabilis*, que apresentava botões florais e flores no momento da queimada, teve a maturação suprimida no cerrado típico, mas não no cerrado rupestre (Figura 9).

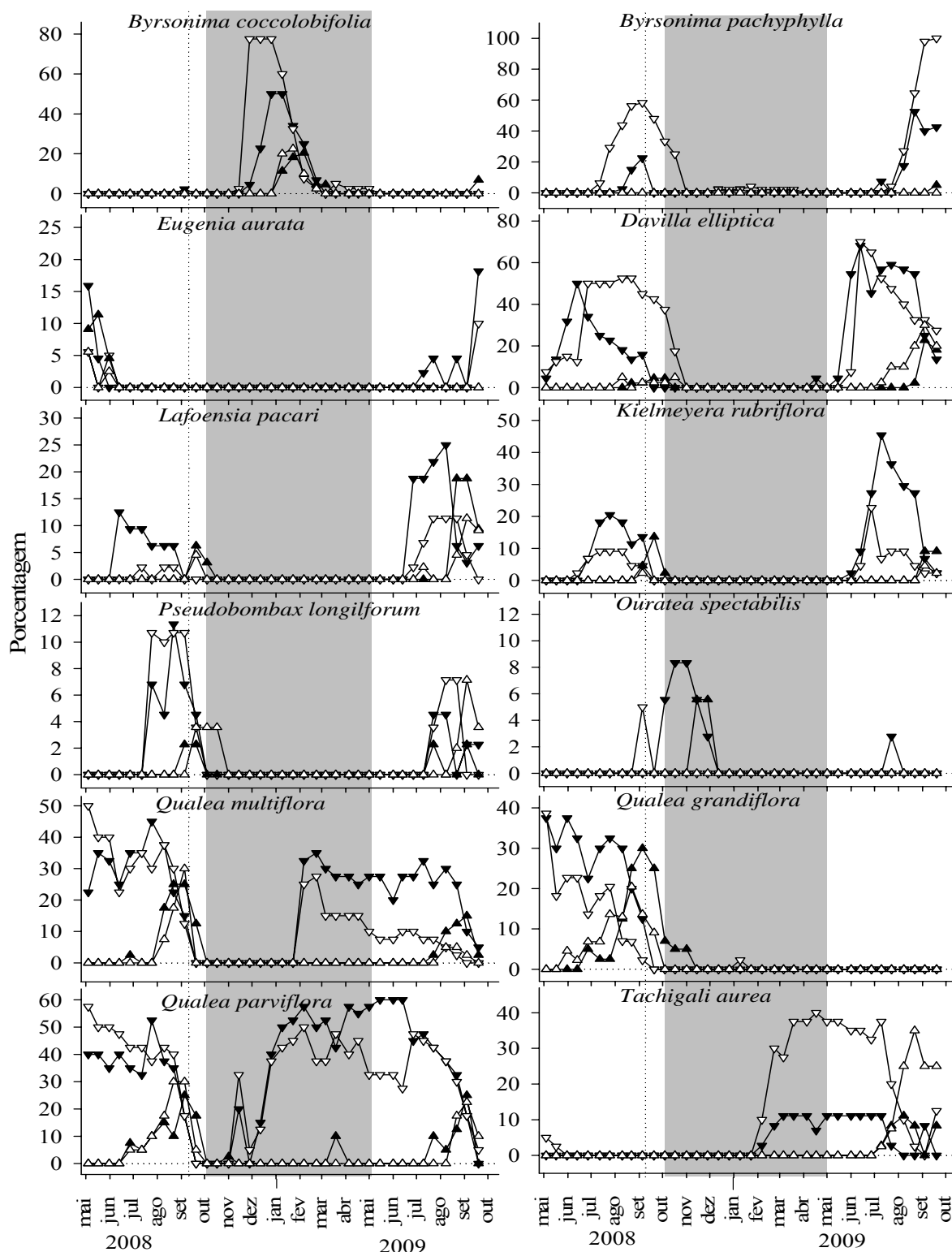


Figura 9. Índice de Fournier (%) de frutos imaturos de 12 espécies lenhosas em cerrado rupestre e cerrado típico, entre 2008 e 2009 no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. Fruto verde no cerrado típico (∇) e no cerrado rupestre (\blacktriangledown); fruto maduro no cerrado típico (\triangle) e no cerrado rupestre (\blacktriangle). A barra vertical cinza indica o período chuvoso e a linha pontilhada vertical indica o momento da ocorrência do fogo.

Análise circular para brotamento e floração das espécies comuns. O período médio de início da emissão individual de brotos apresentou diferença entre os cerrados rupestre e típico para cinco das 12 espécies analisadas (Tabela 3). *B. coccolobifolia*, *L. parari*, *Q. grandiflora*, *Q. multiflora* e *Q. parviflora* apresentaram datas médias de início da brotação significativamente mais tardia no cerrado rupestre (26, 12, 19, 26 e 7 dias, respectivamente) em relação ao cerrado típico. Três dessas espécies diferiram significativamente quanto a data média individual do pico de brotamento (Tabela 3). Em *B. coccolobifolia*, *L. pacari* e *Q. parviflora* o pico de brotamento foi também mais tardio no cerrado típico (14, 31 e 6 dias, respectivamente) (Tabela 3).

Das 10 espécies cujas datas médias de floração foram comparadas entre as duas fitofisionomias, apenas uma (*B. coccolobifolia*) apresentou diferenças significativas quanto ao início e somente três (*B. coccolobifolia*, *D. elliptica* e *L. pacari*) apresentaram diferenças quanto ao pico dessa fenofase entre o cerrado típico e o cerrado rupestre. Em *Byrsonima coccolobifolia* os tempos médios do início e do pico individuais de floração foram significativamente mais tardios no cerrado rupestre (19 e 23 dias, respectivamente). Em *Davilla elliptica* o tempo médio do pico de floração foi significativamente atrasado em 8 dias no cerrado rupestre. Por outro lado, para *Lafoensia pacari* a data média do pico de floração foi significativamente atrasada em 13 dias no cerrado típico (Tabela 4).

De uma forma geral, no cerrado rupestre as análises circulares apontam tendência para atraso no brotamento das espécies. Dez das doze espécies comparadas entre as fitofisionomias tiveram datas médias de início do brotamento atrasadas no cerrado rupestre em relação ao cerrado típico (Tabela 2). Para o período de maior intensidade de brotamento, sete espécies também apresentam data média atrasada no cerrado rupestre (Tabela 4). Por outro lado, para floração, não parece haver padrão muito claro em relação ao início e aos picos desta fenofase, oito espécies apresentaram data média de início atrasada no cerrado rupestre, no entanto, para o período de maior intensidade de floração somente cinco espécies tiveram picos antecipados no cerrado típico (Tabela 4).

Tabela 3. Média de ocorrência \pm desvio padrão em dias (DP) e comparação da época de ocorrência do início e do pico de brotamento de um conjunto de 12 espécies lenhosas em duas fitofisionomias no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina, MT, r = concentração do vetor; Z = Rayleigh para uniformidade circular, F = Watson-Williams para comparação entre os ângulos médios nas diferentes fitofisionomias,

Espécies	cerrado rupestre				cerrado típico				(Watson-Williams)	
	N	R	z (p)	Data \pm DP	N	R	z (p)	Data \pm DP	F	P
Início										
<i>B. Coccolobifolia</i>	10	0,981	10,6 (<0,01)	24/10/08\pm11	10	0,993	9,86 (<0,01)	28/9/08\pm7	36,53	<0,01
<i>B. pachyphylla</i>	10	0,977	9,54 (<0,01)	4/10/08 \pm 12	12	0,993	11,83 (<0,01)	28/9/08 \pm 7	1,65	0,213
<i>D. elliptica</i>	9	0,977	9,54 (<0,01)	4/10/08 \pm 12	10	0,995	9,91 (<0,01)	1/10/08 \pm 6	0,33	0,572
<i>E. aurata</i>	11	0,977	10,49 (<0,01)	26/10/08 \pm 12	10	0,985	8,74 (<0,01)	24/10/08 \pm 10	0,08	0,784
<i>K. rubriflora</i>	11	0,983	10,62 (<0,01)	13/10/08 \pm 11	11	0,994	10,86 (<0,01)	10/10/08 \pm 7	0,46	0,505
<i>L. pacari</i>	8	0,974	7,6 (<0,01)	20/10/08\pm13	11	0,989	10,76 (<0,01)	8/10/08\pm9	5,26	0,035
<i>O. spectabilis</i>	9	0,967	7,48 (<0,01)	20/10/08 \pm 15	10	0,981	9,63 (<0,01)	12/10/08 \pm 11	1,35	0,263
<i>P. longiflorum</i>	11	0,998	10,95 (<0,01)	21/9/08 \pm 4	7	0,985	6,79 (<0,01)	28/9/08 \pm 10	3,39	0,084
<i>Q. grandiflora</i>	10	0,994	9,88 (<0,01)	1/11/08\pm6	11	0,988	9,77 (<0,01)	13/10/08\pm9	26,69	<0,01
<i>Q. multiflora</i>	10	0,988	9,77 (<0,01)	8/11/08\pm9	10	0,989	8,8 (<0,01)	14/10/08\pm9	32,82	<0,01
<i>Q. parviflora</i>	10	0,995	9,89 (<0,01)	8/10/08\pm6	10	0,997	9,95 (<0,01)	2/10/08\pm4	4,73	0,043
<i>S. aureum</i>	9	0,993	8,88 (<0,01)	29/9/08 \pm 7	10	0,997	9,95 (<0,01)	2/10/08 \pm 4	1,51	0,235
Pico										
<i>B. Coccolobifolia</i>	10	0,988	9,75 (<0,01)	28/10/08\pm9	10	0,998	9,95 (<0,01)	5/10/08\pm4	46,77	<0,01
<i>B. pachyphylla</i>	10	0,974	9,5 (<0,01)	5/10/08 \pm 13	12	0,974	11,39 (<0,01)	13/10/08 \pm 13	1,83	0,192
<i>D. elliptica</i>	9	0,768	5,3 (<0,01)	9/11/08 \pm 42	10	0,867	7,52 (<0,01)	25/10/08 \pm 31	0,71	0,41
<i>E. aurata</i>	11	0,975	10,46 (<0,01)	3/11/08 \pm 13	10	0,702	4,92 (<0,01)	20/11/08 \pm 48	1,16	0,295
<i>K. rubriflora</i>	11	0,989	10,77 (<0,01)	14/10/08 \pm 8	11	0,995	10,89 (<0,01)	20/10/08 \pm 6	3,57	0,073
<i>L. pacari</i>	8	0,864	5,97 (<0,01)	9/11/08\pm31	11	0,982	10,62 (<0,01)	9/10/08\pm11	8,23	0,011
<i>O. spectabilis</i>	9	0,856	6,59 (<0,01)	29/10/08 \pm 32	10	0,958	9,18 (<0,01)	16/10/08 \pm 17	1,09	0,312
<i>P. longiflorum</i>	11	0,991	10,8 (<0,01)	22/9/08 \pm 8	7	0,973	6,63 (<0,01)	1/10/08 \pm 13	2,99	0,103
<i>Q. grandiflora</i>	10	0,992	9,83 (<0,01)	2/11/08 \pm 8	11	0,834	7,65 (<0,01)	29/10/08 \pm 35	0,13	0,725
<i>Q. multiflora</i>	10	0,988	9,77 (<0,01)	8/11/08 \pm 9	10	0,918	8,42 (<0,01)	30/10/08 \pm 24	1,04	0,322
<i>Q. parviflora</i>	10	0,995	9,89 (<0,01)	8/10/08\pm6	10	0,997	9,95 (<0,01)	2/10/08\pm4	4,73	0,043
<i>S. aureum</i>	9	0,997	8,95 (<0,01)	2/10/08 \pm 4	10	0,997	9,95 (<0,01)	2/10/08 \pm 4	0,01	0,942

Tabela 4. Média de ocorrência \pm desvio padrão em dias (DP) e comparação da época de ocorrência do início e do pico de floração de um conjunto de 12 espécies lenhosas em duas fitofisionomias no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina, MT, r = concentração do vetor; Z = Rayleigh para uniformidade circular, F = Watson-Williams para comparação entre os ângulos médios nas diferentes fitofisionomias,

Espécies	cerrado rupestre				cerrado típico				(Watson-Williams)	
	N	R	z (p)	Data \pm DP	N	R	z (p)	Data \pm DP	F	P
Início										
<i>B. Coccolobifolia</i>	10	0,989	9,78 (<0,01)	22/11/08 \pm 9	10	0,997	8,95 (<0,01)	3/11/09 \pm 4	34,02	<0,01
<i>B. pachyphylla</i>	10	0,987	9,74 (<0,01)	15/7/09 \pm 9	12	0,986	10,7 (<0,01)	6/7/09 \pm 10	4,07	0,058
<i>D. elliptica</i>	8	0,986	11,67 (<0,01)	19/5/09 \pm 10	10	0,989	9,78 (<0,01)	17/5/09 \pm 8	0,37	0,548
<i>E. aurata</i>	11	0,826	6,83 (<0,01)	30/8/09 \pm 35	8	0,954	8,19 (<0,01)	11/9/09 \pm 18	0,84	0,373
<i>K. rubriflora</i>	11	0,980	10,55 (<0,01)	23/5/09 \pm 12	10	0,961	9,24 (<0,01)	21/5/09 \pm 16	0,15	0,700
<i>L. pacari</i>	7	0,988	6,83 (<0,01)	10/6/09 \pm 9	9	0,983	8,69 (<0,01)	14/6/09 \pm 11	0,51	0,486
<i>O. spectabilis</i>	4	0,928	4,3 (<0,01)	5/9/09 \pm 22	5	0,993	4,93 (<0,01)	10/9/09 \pm 7	0,18	0,683
<i>P. longiflorum</i>	8	0,954	7,28 (<0,01)	24/7/09 \pm 18	4	0,497	0,99 (0,39)	16/7/09 \pm 68	0,07	0,795
<i>Q. grandiflora</i>	3	1,000	3,00 (0,03)	9/1/09	5	0,996	5,95 (<0,01)	14/12/09 \pm 5	-	-
<i>Q. multiflora</i>	7	0,855	6,58 (<0,01)	27/1/09 \pm 32	7	0,973	7,57 (<0,01)	1/1/09 \pm 13	4,26	0,057
<i>Q. parviflora</i>	9	0,996	8,92 (<0,01)	4/11/08 \pm 5	10	0,987	9,73 (<0,01)	2/11/08 \pm 9	0,24	0,632
<i>S. aureum</i>	1	1,000	1,00 (0,51)	26/12/2008	5	0,995	4,95 (<0,01)	15/12/09 \pm 6	-	-
Pico										
<i>B. Coccolobifolia</i>	10	0,995	9,90 (<0,01)	30/11/09 \pm 6	10	0,998	9,95 (<0,01)	3/11/09 \pm 4	145,67	<0,01
<i>B. pachyphylla</i>	10	0,990	9,80 (<0,01)	25/7/09 \pm 8	12	0,972	11,35 (<0,01)	3/8/09 \pm 14	3,41	0,08
<i>D. elliptica</i>	8	0,996	7,93 (<0,01)	4/6/09 \pm 5	10	0,991	9,82 (<0,01)	27/5/09 \pm 8	5,63	0,03
<i>E. aurata</i>	11	0,930	9,52 (<0,01)	8/9/09 \pm 22	8	0,997	7,95 (<0,01)	17/9/09 \pm 5	1,12	0,305
<i>K. rubriflora</i>	11	0,982	10,16 (<0,01)	31/5/09 \pm 11	10	0,973	9,46 (<0,01)	1/6/09 \pm 13	0,07	0,793
<i>L. pacari</i>	7	0,982	6,75 (<0,01)	16/6/09 \pm 11	9	0,992	8,86 (<0,01)	29/6/09 \pm 7	6,64	0,022
<i>O. spectabilis</i>	4	0,910	3,30 (0,02)	5/9/09 \pm 25	5	0,993	4,93 (<0,01)	13/9/09 \pm 7	0,33	0,585
<i>P. longiflorum</i>	8	0,954	7,28 (<0,01)	24/7/09 \pm 18	4	0,335	0,34 (0,74)	9/7/09 \pm 85	0,13	0,725
<i>Q. grandiflora</i>	3	1,000	3,00 (0,03)	9/1/09	5	0,993	4,93 (<0,01)	17/12/09 \pm 7	-	-
<i>Q. multiflora</i>	7	0,859	5,16 (<0,01)	28/1/09 \pm 31	7	0,984	6,78 (<0,01)	9/1/09 \pm 10	1,94	0,189
<i>Q. parviflora</i>	9	0,983	8,69 (<0,01)	19/11/09 \pm 11	10	0,973	9,40 (<0,01)	8/11/09 \pm 14	3,44	0,081
<i>S. aureum</i>	1	1,000	1,00 (0,51)	9/1/09 \pm	5	0,968	4,69 (<0,01)	29/1/09 \pm 15	-	-

Discussão

A evidente sazonalidade dos eventos fenológicos vegetativos, com intensa abscisão foliar no auge do período seco e brotamento na transição entre os períodos seco e chuvoso, observadas nas duas fitofisionomias aqui estudadas é fenômeno comum em fitosionomias savânicas do bioma Cerrado (Martins & Mantovani 1988; Miranda *et al.* 1995; Lenza & Klink 2006; Pirani *et al.* 2009). A maior representatividade de espécies que perdem completamente as folhas durante o período seco, como verificado no presente estudo, é também padrão comumente observado em comunidades lenhosas savânicas do Cerrado em Mato Grosso (Pirani *et al.* 2009), no Distrito Federal (Gouveia e Felfili 1998) e em São Paulo (Mantovani & Martins 1988).

Segundo Lenza & Klink (2006) a deciduidade completa é uma estratégia fenológica eficiente para limitar a perda de água no período mais seco do ano. Ainda, de acordo com Oliveira (2008) os diferentes padrões de brotamento podem estar associados às distintas estratégias evolutivas de cada espécie com relação à sazonalidade climática e a ocorrência periódica de incêndios. As espécies decíduas brotando no início do período chuvoso, para recomposição da folhagem na copa já no período chuvoso, seriam menos afetadas pelo estresse hídrico e pelo fogo, enquanto as sempre verdes com brotamento contínuo mantendo a copa sempre cheia poderiam dificultar o estabelecimento do estrato gramíneo diminuindo a intensidade e probabilidade de queimadas (Oliveira 2008). Dessa forma, o predomínio de espécies com algum grau de deciduidade observado no presente e em outros estudos, sugere que a perda completa ou parcial da folhagem é a estratégia fenológica mais adaptada à restrição hídrica e às queimadas durante o período seco.

Outra evidência do suposto controle da limitação hídrica sobre o grau de deciduidade das espécies foi a maior representatividade de espécies com deciduidade no cerrado rupestre. Além do mais, algumas espécies comuns ao cerrado típico e ao rupestre apresentaram, em geral, deciduidade mais acentuada e com atraso no início do brotamento no cerrado rupestre. Nos casos mais extremos, como *Byrsonima coccolobifolia* e *Davilla elliptica*, essas duas espécies foram categorizadas em diferentes grupos fenológicos nas duas fitofisionomias, sendo sempre categorizadas com maior deciduidade no cerrado rupestre.

Alguns estudos em ambientes de Cerrado sobre solos profundos, como o cerrado típico, indicam não haver restrição hídrica rigorosa para as plantas durante o período

seco (Franco 1998; Jackson *et al.* 1999; Oliveira *et al.* 2005). Entretanto, no cerrado rupestre com afloramentos e solos tipicamente rasos, as espécies tem raízes mais superficiais, de modo que no período seco a restrição hídrica é maior (Oliveira-Filho & Fluminhan-Filho 1999, Reatto *et al.* 2008). A perda da folhagem é interpretada como um mecanismo de controle de perda de água por evapotranspiração (Lenza & Klink 2006; Pirani *et al.* 2009), podendo assim explicar a deciduidade mais evidente e prolongada na maioria das espécies no cerrado rupestre. Desse modo, as fenofases vegetativas das espécies lenhosas de formações savânicas de cerrado sentido restrito parecem ser controladas simultaneamente pela sazonalidade climática e pelas condições físicas do solo (Jackson *et al.* 1999; Franco *et al.* 2005; Lenza & Klink 2006; Oliveira 2008).

Variações geográficas podem também interferir no comportamento fenológicos de algumas espécies. *Ouratea spectabilis* classificada como SVC nas duas fitofisionomias aqui estudadas, foi categorizada como DEC em cerrado típico em Barra do Graças - MT por Pirani *et al.* (2009) distante cerca de 100 km de distância da área de estudo. *Byrsonima pachyphylla* se comportou como BDC no Distrito Federal (Marquis *et al.* 2001) e como SVS em Barra do Garças (Pirani *et al.* 2009) e em Nova Xavantina (presente estudo). Diferentes condições climáticas e edáficas poderiam explicar as variações fenológicas descritas acima, mas aguardam estudos mais detalhados para sua confirmação.

Além das características do substrato e da influência geográfica, variações temporais e climáticas locais podem também influenciar o comportamento de abscisão foliar das espécies. Como reflexo da menor sazonalidade precipitação observada em 2009, a maioria das espécies estudadas, em ambos os ambientes, apresentou menor abscisão no período seco de 2009, quando comparado ao mesmo período de 2008. Assim, esses resultados sugerem ajustamento fenológico das plantas à condição de redução da disponibilidade de água no solo, de modo que, independente da fitofisionomia, em anos onde há maior precipitação durante o período seco os níveis de deciduidade podem ser menores (Pedroni *et al.* 2002, Pirani *et al.* 2009, ver também capítulo 1).

As variações fenológicas intra específicas observadas entre substratos, entre regiões e entre períodos secos com diferentes índices pluviométricos sugerem que a produção e queda foliar em espécies lenhosas de Cerrado pode apresentar grande plasticidade fenotípica. Essa plasticidade permite que as espécies apresentem ampla

distribuição espacial no bioma, ocupem ecossistemas com distintos substratos e níveis de restrição hídrica e ainda tolerem certos níveis de variações pluviométricas interanuais. A plasticidade fenológica de espécies lenhosas de cerrado sentido restrito sob diferentes condições hídricas também citada por Lenza & Klink (2006) e Silvério (capítulo 1), deve ser vista como caráter adaptativo das espécies e merece mais atenção em novos estudos fenológicos no Cerrado.

Assim como discutido no capítulo 2, o fogo teve efeito imediato e negativo, para as fenofases vegetativas e reprodutivas nas duas fitofisionomias aqui estudadas. Em geral, a passagem do fogo provocou a queima e consequente abscisão das folhas adultas. O fogo também causou danos às flores, frutos imaturos e maduros, resultando em abortamento e limitando a formação de novos frutos e a dispersão das sementes. Os danos provocados pelo fogo são reportados na maioria dos estudos sobre a sobrevivência (Moreira 2000; Hoffmann *et al.* 2009; Medeiros & Miranda 2005) e dinâmica da folhagem na copa e na reprodução de espécies lenhosas do Cerrado (Felfili *et al.* 1999; Fernandes-Bulhão & Figueiredo 2002; Hoffmann & Solbrig 2003). Entretanto, como foi evidenciado nesse e em outros estudos, a intensidade dos danos parece variar de acordo a época de ocorrência da queimada, do grau de decíduidade das espécies no momento da passagem do fogo e do porte dos indivíduos (Hoffmann *et al.* 1998, Miranda & Sato 2005, Medeiros & Miranda 2005).

Esses efeitos negativos do fogo foram mais evidentes sobre espécies sempre verdes, ou que apresentavam folhagem mais abundante ou botões, flores ou frutos no momento da queimada. Assim, tendo em vista que as queimadas durante a época seca resultam em maiores danos à vegetação do que as ocorridas na época chuvosa (Miranda & Sato 2005), espécies com maior decíduidade foliar parecem melhor adaptadas ao fogo do que espécies sem decíduidade acentuada, visto que os danos às folhas das primeiras são menores.

Além do mais espécies tipicamente subarbustivas tiveram estruturas vegetativas e reprodutivas completamente danificadas pelas chamas. Todas as oito espécies cujos indivíduos nas populações tiveram a parte aérea completa ou quase totalmente destruída pelas chamas, e por isso não foram acompanhadas após a queimada, possuíam porte subarbustivo nas duas fitofisionomias aqui estudadas. Em contrapartida, algumas espécies arbustivo-arbóreas floresceram até cerca de um mês após o fogo, apesar de terem botões e flores parcialmente danificadas pelo fogo, como *Byrsonima Pachyphylla* e *Ouratea hexasperma* no cerrado típico e *Byrsonima pachyphylla* e *Heteropterys*

byrsonimifolia no cerrado rupestre. Estes resultados estão de acordo com alguns estudos que afirmam que indivíduos de espécies de menor porte são mais danificados pelas queimadas, pois ficam abaixo da linha de fogo (entre 1 m e 1,5 m) (Frost & Robertson 1985; Coutinho 1982). Assim a morte da parte aérea dos indivíduos das espécies de menor porte compromete, a curto prazo, o seu sucesso reprodutivo.

Por outro lado, em longo prazo, alguns estudos indicam que com a ocorrência de queimadas frequentes as espécies arbustivas tendem a serem beneficiadas pelo fogo em detrimento das espécies arbóreas (Furley & Ratter 1988; Moreira 2000) devido a mais alta capacidade de rebrotas. Em nosso estudo, não se acompanhou o comportamento fenológico das rebrota a partir da base dos indivíduos após o fogo, fenômeno relevante a ser considerado em estudos fenológicos de mais longo prazo.

O maior número de espécies em frutificação do que em floração, no momento da ocorrência do fogo, indicou que quando a queimada ocorre, no fim do período seco, é mais prejudicial para a frutificação das espécies. A floração no Cerrado está ajustada a diversos fatores que sinalizam sua ocorrência como, mudanças na temperatura e fotoperíodo, competição por polinizadores e restrições filogenéticas, resultando numa distribuição de sua ocorrência ao longo de todo ano (Oliveira 2008). Já a frutificação, devido ao período ótimo para o estabelecimento de plântulas está ajustada para ocorrer a dispersão ocorrer na transição entre os períodos seco e chuvoso (Oliveira 2008) e por essa razão, nas comunidades lenhosas e savânicas de cerrado esta fenofase está mais susceptível aos efeitos diretos do fogo, como verificado em *Byrsonima pachyphylla*, *Ouratea spectabilis* e *Pseudobombax longiflorum*.

Danos imediatos da passagem do fogo às estruturas florais (Hoffmann 1998; Fernandes-Bulhão & Figueiredo 2002; Figueiredo 2008) e de frutificação (Landim & Hay 1996; Hoffmann 1998; Felfili *et al.* 1999; Fernandes-Bulhão & Figueiredo 2002; Figueiredo 2008) são reportados como os principais efeitos do fogo à reprodução sexual das plantas lenhosas do Cerrado. Nas áreas de cerrado típico e cerrado rupestre no Parque Municipal do Bacaba, caso as queimadas se tornem frequentes, a reprodução sexuada de *Byrsonima pachyphylla*, *Ouratea spectabilis*, *Pseudobombax longiflorum* e poderá ser reduzida, comprometendo a manutenção das populações.

Apesar do efeito negativo do fogo sobre as estruturas reprodutivas o número de espécies que começaram a florir em até três meses após o fogo indica que a ocorrência do fogo induziu ou não impediu a floração em algumas espécies. Foi ainda observada floração extemporânea em *Ouratea hexasperma* e *Pseudobombax longiflorum* no

cerrado típico e em *Byrsonima pachyphylla* no cerrado típico e no cerrado rupestre. A indução da floração pelo fogo em espécies do estrato rasteiro tem sido bastante relatada (Coutinho 1982, Oliveira *et al.* 1996). No único estudo que discute a resposta imediata das espécies arbóreas a passagem do fogo, Miranda (1995) registrou oito espécies em floração um mês antes da ocorrência do fogo e cinco espécies em flores um mês após a queima, num cerrado *sensu stricto*, em Alter-do-Chão, no Pará.

Para os eventos reprodutivos que ocorreram cerca de um ano após a passagem do fogo, os resultados do presente estudo indicaram floração e frutificação mais intensas para a maioria das espécies, evidenciando estratégia de compensação à perda do sucesso reprodutivo causado pelos efeitos imediatos do fogo a algumas espécies. A floração mais intensa no segundo evento foi evidente para quatro das cinco espécies com dois eventos e para quatro das seis espécies com dois eventos de frutificação.

Os trabalhos que discutem o comportamento fenológico reprodutivo na estação seguinte à ocorrência do fogo, parecem não seguir um padrão definido. Landim & Hay (1996) estudando *Kielmeyera coriacea*, e Felfili *et al.* (1999) estudando *Stryphnodendron adstringens*, ambos no Distrito Federal, não observaram diferenças na produção de flores um ano após a ocorrência de incêndio. Por outro lado aumento no sucesso reprodutivo de *Byrsonima pachyphylla* após o fogo foi descrito por Silva *et al.* (1996). Hoffmann (1998) também observou que o número de flores produzidas no primeiro ano após a queimada, para *Piptocarpha rotundifolia*, foi significativamente maior do que em uma área controle sem a ocorrência de fogo, entretanto, outras cinco espécies estudadas pelo mesmo autor (*Periandra mediterranea*, *Miconia albicans*, *Rourea induta*, *Myrsine guianensis* e *Roupala montana*) apresentaram redução no número de flores produzidas na estação seguinte a ocorrência do fogo. Assim, o sucesso reprodutivo das espécies nos eventos sucessivos em resposta a ocorrência de incêndios parece depender da estratégia adaptativa das espécies e dos níveis de danos imediatos provocados pela queimada.

No cerrado rupestre, os danos imediatos provocados pelo fogo às estruturas vegetativas e reprodutivas parecem ter sido menores. Em primeiro lugar, durante a queimada, foi observado maior número de espécies sem folhas e menor número de espécies brotando no cerrado rupestre em relação ao cerrado típico. Em segundo lugar, o cerrado rupestre apresenta grande parte da superfície ocupada por rochas, impedindo o estabelecimento do estrato graminoso (Ribeiro & Walter 2008), ocorrendo em áreas acidentadas e sujeitas a enxurradas que promovem o carreamento de matéria vegetal

morta e em decomposição (Reatto *et al.* 2008). Assim, a menor quantidade de material combustível acumulado, parece ter levado a incêndio de menor intensidade, reduzindo os danos provocados aos indivíduos arbóreos das espécies estudadas neste ambiente. A quantidade combustível é um dos principais fatores determinantes da intensidade da queimada e em cerrado sentido restrito o extrato graminoso responde pela maior fração do combustível produzido (Miranda *et al.* 2002).

Esses dois fenômenos podem ser usados para explicar o fato de todas as espécies terem dispersado frutos no cerrado rupestre, mas não no cerrado típico. Além do mais, no cerrado rupestre algumas espécies continuaram frutificando e dispersando frutos mesmo após a queimada. Ainda, após a queimada no cerrado típico, as espécies sempre verdes com crescimento contínuo e sazonal apresentaram, em geral, redução da folhagem mais intensa e prolongada do que aquela observada no cerrado rupestre.

Nas duas fitofisionomias houve intensa brotação durante o período chuvoso após a queimada, no entanto espécies lenhosas de cerrado sentido restrito comumente concentram a produção de folhas no auge do período seco (Lenza & Klink 2006, Oliveira 2008, Pirani *et al.* 2009). Essas mudanças no momento de recomposição da folhagem podem ter ocorrido em consequência direta dos efeitos do fogo sobre a folhagem.

A maior proporção de espécies brotando no cerrado típico (52%) do que no cerrado rupestre (27%) ainda no mês de setembro de 2008 e imediatamente após a queimada indica que a resiliência em resposta ao fogo do cerrado típico é maior do que aquela do cerrado rupestre. Esses resultados são parcialmente confirmados pelas análises circulares para as 12 espécies comuns às duas fitofisionomias, das quais cinco e três espécies, respectivamente, iniciaram e alcançaram o pico de brotação mais precocemente no cerrado típico. Este fato pode ser explicado pelas condições menos restritivas de substrato no cerrado típico possibilitando uma recuperação mais rápida da vegetação neste ambiente (Reatto *et al.* 2008; Ribeiro & Walter 2008).

Em relação ao momento de ocorrência da floração nas duas fitofisionomias após a queimada, nenhuma tendência clara foi observada, tanto para o momento do início quanto para o pico dessa fenofase, sugerindo que o fogo altera mais fortemente a intensidade do que os momentos de ocorrência dessa fenofase. O momento de ocorrência da floração nas espécies no Cerrado parece mais ajustado a mudanças no fotoperíodo, competição por polinizadores e restrições filogenéticas (Oliveira 2008).

Nossos resultados indicam que os comportamentos fenológicos vegetativos e reprodutivos das espécies lenhosas das duas formações savânicas estudadas são fenômenos complexos, uma vez que podem ser moldados por distintos fatores, como propriedades físicas do substrato, disponibilidade sazonal de água e ainda pela intensidade e momento de ocorrência do fogo.

Referencias bibliográficas

- Bencke, C.S.C. & Morellato, P.C. 2002. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica** **25**: 269-275.
- Benites, V.M.; Caiafa, A.N.; Mendonça, E.S.; Schaefer, C.E. & Ker, J.C. 2003. Solos e vegetação nos complexos rupestres de altitude da Mantiqueira e do Espinhaço. **Floresta e Ambiente** **10**:76-85.
- Bridgewater, S.; Ratter, J.A. & Ribeiro, J.F. 2004. Biogeographic patterns, b-diversity and dominance in the cerrado biome of Brazil. **Biodiversity and Conservation** **13**: 2295–2318.
- Coutinho, L.M. 1982. Ecological effects of fire in Brazilian Cerrado. Pp. 273-291. In: B.J. Huntley & B.H. Walker (Eds.). **Ecology of tropical savannas**. Berlin, Springer-Verlag.
- Coutinho, L.M. 1990. Fire ecology of the Brazilian cerrado. Pp.82-105. In: J.G. Goldammer (ed.). **Fire in the tropical biota**. Berlin, Springer-Verlag.
- Eiten, G. 1979. Formas fisionômicas do Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica** **2**:139-148.
- Felfili, J.M.; Silva Junior, M.C; Dias, B.J. & Rezende, A.V. 1999. Estudo fenológico de *Stryphnodendron adstringens* (Mat.) Coville no cerrado “sensu stricto” da Fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** **22**(1): 83-90.
- Fernandes-Bulhão, C. & Figueiredo, P.S. 2002. Fenologia das leguminosas arbóreas em uma área de cerrado marginal no nordeste do Maranhão. **Revista Brasileira de Botânica** **25**(3): 361–369.
- Figueiredo, P.S. 2008. Fenologia e estratégias reprodutivas das espécies arbóreas em uma área marginal de cerrado, na transição para o semi-árido no nordeste do Maranhão, Brasil. **Revista Trópica** **2**:8-21.
- Fournier, L.A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. **Turrialba** **24**: 422-423.
- Franco, A.C. 1998. Seasonal patterns of gas exchange, water relations and growth of *Roupala montana*, an evergreen savanna species. **Plant Ecology** **136**:69-76.
- Franco, A.C.; Bustamante, M.; Caldas, L.S.; Goldstein, G.; Meinzer, F.C.; Kozovits, A.R.; Rundel, P. & Coradin, V.T.R. 2005. Leaf functional traits of Neotropical savanna trees in relation to seasonal water deficit. **Trees** **19**:326-335.
- Furley, P.A. & Ratter, J.A. 1988. Soil resource and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development. **Journal of Biogeography** **15**:97-108.
- Gouveia, G.P. & Felfili, J.M. 1998. Fenologia de comunidades de cerrado e de mata de

- galeria no Brasil Central. **Revista Árvore** **22**(4): 443-450.
- Hoffmann, W.A. & Solbrig, O.T. 2003. The role of topkill in the differential response of savanna woody species to fire. **Forest Ecology and Management** **180**:273-286.
- 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.; Adasme, R.; Haridasan, M.; Carvalho, M.T.; Geiger, E.L.; Pereira, M.A.; Gotsch, S.G. & Franco, A.C. 2009. Tree topkill, not mortality, governs the dynamics of savanna-forest boundaries under frequent fire in central Brazil. **Ecology** **90**:1326-1337.
- Jackson, P.C.; Meinzer, F.C.; Bustamante, M.; Goldstein, G.; Franco, A.C.; Rundel, P.W.; Caldas L.S.; Iglar, E. & Causin, F. 1999. Partitioning of soil water among tree species in a Brazilian Cerrado. **Tree Physiology** **19**:717-724.
- Klink, C.A. & Machado, R.. 2005. A Conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade** **1**: 147-155.
- Kovach, W.L. 2004. **Oriana for windows, version 2.0**. Pentraeth-Wales, Kovach Computer Services.
- Landim, M.F. & Hay, J.D. 1996. Impacto do fogo sobre alguns aspectos da biologia reprodutiva de *Kielmeyera coriácea* Mart. **Revista Brasileira de Botânica** **56**(1):127-134.
- Lenza, E. & Klink, C.A. Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. **Revista Brasileira de Botânica** **29**(4): 627-638.
- Mantovani, W. & Martins, F.R. 1988. Variações fenológicas das espécies do cerrado da Reserva Biológica de Moji-Guaçu, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica** **11**:101-112.
- Marimon Junior, B.H. & Haridasan, M. 2005. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado stricto sensu em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **19**(4): 913-926.
- Marquis, R.J.; Diniz, I.R. & Morais, H.C. 2001. Patterns and correlates of interspecific variation in foliar insect herbivory and pathogen attack in Brazilian cerradão. **Journal of Tropical Ecology** **17**(1):127-148.
- Martin-Gajardo, I.S. & Morellato, L.P.C. 2003. Fenologia de espécies Rubiaceae do sub-bosque em floresta Atlântica no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** **26**(3): 299-309.
- Medeiros, M.B.; Miranda, H.S. 2005. Mortalidade pós-fogo em espécies lenhosas de campo sujo submetido a três queimadas prescritas anuais. **Acta Botanica Brasilica** **19**(3): 493-500.
- Miranda, H.S. & Sato, M.N. 2005. Efeito do fogo na vegetação do Cerrado. Pp. 93-105. In: A. Scariot; J.C. Sousa-Silva & J.M Felfili (orgs.). **Cerrado: Ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília, MMA.
- Miranda, I.S. 1995. Fenologia do estrato arbóreo de uma comunidade de cerrado em Alter-do-Chão, PA. **Revista Brasileira de Botânica** **18**(2): 235-240.
- Miyaniishi, K. & M. Kellman. 1986. The role of fire in recruitment of two neotropical savanna shrubs, *Miconia albicans* and *Clidemia sericea*. **Biotropica** **18**:224-230.
- Moreira, A.G. 2000. Effects of fire protection on savanna structure in Central Brazil. **Journal of Biogeography** **27**:1021-1029.
- Myers, N.; Mittermeier, R.A.; Mittermeier, C.G.; Fonseca, G.A.B. & Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** **403**:853-858.

- Oliveira, P.E. 2008. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de Cerrado. Pp.169-188. In: S.M. Sano; S.P. Almeida & J.F. Ribeiro (eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, Embrapa Cerrados.
- Oliveira, R.S.; Batista, J.N.A.; Proença, C.E.B. & Bianchetti, L. 1996. Influencia do fogo na floração de espécies de Orchidaceae em cerrado. Pp. 61-77. In: H.S. Miranda; C.H. Saito & B.F.S. Dias (eds.). **Impactos de Queimadas em Áreas de Cerrado e Restinga**. Brasília, ECL/Universidade de Brasília.
- Oliveira, R. 2005. The forgotten ecosystem. **Nature** **437**: 944-945.
- Oliveira, R.S.; Bezerra, L.; Davidson, E.A.; Pinto, F.; Klink, C.A.; Nepstad, D.C. & Moreira, A. 2005. Deep root function in soil water dynamics in cerrado savannas of central Brazil. **Functional Ecology** **19**(4):574-581.
- Oliveira-Filho, A.T. & Fluminhan-Filho, M. 1999. Ecologia da vegetação do Parque Florestal Quedas do Rio Bonito. **Cernea** **5**:051-064.
- Oliveira-Filho A.T. & Ratter J.A. 2002. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. Pp.91-120. In: P.S. Oliveira & R.J. Marquis (eds.). **The cerrados of Brazil**. New York, Columbia University Press.
- Pedroni, F., Sanchez, M. & Santos, F.A.M. 2002. Fenologia da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf. – Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** **25**(2): 183-194.
- Pirani, F.R.; Sanchez, M. & Pedroni, F. 2009. Fenologia de uma comunidade arbórea em cerrado sentido restrito, Barra do Garças, MT. **Acta Botanica Brasilica** **23**(4):1096-1109.
- Ratter, J.A.; Bridgewater, S. & Ribeiro, J.F. 2003. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: Comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany** **60**: 57-109.
- Reatto A.; Correia J.R.; Spera S.T. & Martins, E.S. 2008. Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. Pp.107-149. In: S.M. Sano; S.P. Almeida & J.F. Ribeiro (eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, Embrapa Cerrados.
- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. Pp.151-212. In: S.M. Sano; S.P. Almeida & J.F. Ribeiro (eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, Embrapa Cerrados.
- Sano, E.E.; Rosa, R.; Brito, J.L.S. & Ferreira, L.G. 2008. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **43**(1):153-156.
- Silva, D.M.S.; Hay, J.D. & Morais, H.C. 1996. Sucesso reprodutivo de *Byrsonima crassa* (Malpighiaceae) após uma queimada em um cerrado de Brasília-DF. Pp. 122-127. In: H.S. Miranda; C.H. Saito & B.F.S. Dias (eds.). **Impactos de Queimadas em Áreas de Cerrado e Restinga**. Brasília, ECL/Universidade de Brasília.
- Silva, F.A.M.; Assad, E.D. & Evangelista, B.A. 2008. Caracterização climática do Bioma Cerrado. Pp. 61-88. In: S.M. Sano; S.P. Almeida & J.F. Ribeiro (eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, Embrapa Cerrados.
- Silva, J.F.; Fariñas, M.R.; Felfili, J.M. & Klink, C.A. 2006. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. **Journal of Biogeography** **33**: 536-548.
- Silva, J.M.C. & Bates, J.M. 2002. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a Tropical Savanna Hotspot. **BioScience** **52**: 225-233.
- Zar, J.H. 1999. **Biostatistical Analysis**. 4^a ed. New Jersey, Prentice Hall.

Conclusão geral

As espécies lenhosas estudadas foram caracterizadas como sazonal semidecidual, sendo observada a senescência das folhas já a partir do início do período seco e abscisão concentrada no fim desta estação, levando a redução na cobertura de folhagem na copa. O brotamento foi mais concentrado no fim do período seco e a formação de folhas novas e restituição da folhagem na copa ainda no início do período chuvoso. Assim, baseado no grau de deciduidade dos indivíduos e no padrão de brotamento as espécies foram categorizadas em quatro grupos fenológicos vegetativos: espécies sempre verdes com crescimento contínuo (SVC); espécies sempre verdes com crescimento sazonal (SVS); espécies brevidecíduas (BDC); e espécies decíduas (DEC).

As espécies SVC tiveram produção de folhas por períodos mais prolongados e não apresentaram deciduidade evidente. Nas espécies SVS, os indivíduos não apresentaram deciduidade completa, mas tiveram substituição completa da folhagem na transição entre o período seco e chuvoso. No grupo BDC os indivíduos tiveram deciduidade completa no período seco por um período de tempo inferior a duas semanas, enquanto que, para as espécies DEC tiveram todos os indivíduos com deciduidade completa no período seco por período de tempo superior a duas semanas.

Em relação aos eventos fenológicos reprodutivos, baseado na época de ocorrência da floração as espécies foram categorizadas em três diferentes grupos: 1) espécies com floração precoce, no início do período chuvoso; 2) espécies com floração retardada, no meio do período chuvoso; 3) espécies com floração tardia, floração concentrada dentro do período seco.

Foi evidenciada forte relação entre os eventos fenológicos das espécies e as condições climáticas, indicando, certa plasticidade fenotípica desses eventos em relação às variações climáticas. Uma forte correlação entre a cobertura de folhagem na copa e o déficit de pressão de vapor evidenciou a indução climática e o ajuste fenológico das plantas à condição de redução da disponibilidade de água, indicando que o aumento da demanda evaporativa leva a perda da folhagem da copa, independentemente do comportamento fenológico apresentado pela espécie. Assim, entre as adaptações das plantas para lidar com a sazonalidade climática no Cerrado, a perda ou substituição completa da folhagem no período hídrico desfavorável também atua como mecanismo na economia e eficiência do uso de água pelas plantas.

Quanto aos efeitos do fogo pode se verificar que a passagem do fogo causou danos imediatos às folhas, flores e frutos levando a sua abscisão. Espécies mais arbustivas, espécies sempre verdes ou aquelas que possuíam folhas, flores ou frutos no momento da queimada sofreram maiores danos. Após a ocorrência do fogo a maioria das espécies apresentou brotamento, floração ou frutificação em maiores intensidades, evidenciando mecanismo geral de compensação fenológica em resposta à queimada.

Quanto à fenologia reprodutiva das espécies em resposta à queimada, foram notadas quatro diferentes situações: 1) espécies que não sofreram danos nas estruturas reprodutivas, mas tiveram evidentes aumentos nas intensidades de floração, formação e maturação dos frutos; 2) espécies que sofreram danos nas flores ou nos frutos e mesmo assim tiveram maiores intensidades de floração e frutificação até um ano após a queimada; 3) espécies que tiveram a floração e a frutificação suprimidas até onze meses após a queimada, no entanto, um ano após o fogo apresentaram evidências de floração mais intensa; 4) espécies que tiveram frutos imaturos e maduros danificados pelo fogo no final do período reprodutivo, no entanto, sem diferenças marcantes, quanto às intensidades de floração e produção de frutos no evento seguinte ao fogo.

Assim, os resultados nos permitem sugerir, pela primeira vez, que as respostas fenológicas das espécies, até um ano após a queimada, dependem do comportamento fenológico típico da espécie, ou seja, do grau de deciduidade dos indivíduos, bem como do momento fenológico vegetativo e reprodutivo em que os indivíduos se encontram no momento da queimada.

Os dados evidenciaram ainda que o comportamento fenológico das espécies é mais fortemente influenciado pela sazonalidade climática em ambientes mais restritivos como o cerrado rupestre. Neste ambiente as espécies tiveram abscisão mais intensa e antecipada e o brotamento mais atrasado. No entanto, os efeitos imediatos do fogo para a fenologia das espécies foram menos severos neste ambiente quando comparados ao cerrado típico. A frutificação foi menos prejudicada pela queimada no cerrado rupestre, e após o fogo, várias espécies apresentaram eventos reprodutivos mais intensos no cerrado rupestre, e em outras a dispersão de frutos só ocorreu neste ambiente.

O fogo também parece ter agido como fator de indução da floração de algumas espécies lenhosas. Algumas espécies floresceram logo após a passagem do fogo o que levou a produção e dispersão dos frutos, sendo estes eventos adicionais para algumas espécies.

Apesar das mudanças fenológicas causadas pelo fogo no cerrado típico e no cerrado rupestre e das diferentes respostas de algumas espécies à queimada nas duas fitofisionomias, a sazonalidade e a sincronia interindividual dos eventos fenológicos das espécies foram mantidas, como forma de compensar os danos causados pelo fogo sem alterar os ajustes das fenofases aos demais fatores condicionantes, como sazonalidade das chuvas e agentes polinizadores e dispersores.

Anexos

ANEXO 1**NORMAS GERAIS PARA REDAÇÃO E SUBMISSÃO DOS ARTIGOS CIENTÍFICOS QUE
COMPÕE A PRESENTE DISSERTAÇÃO.****CAPÍTULO 1 - NORMAS GERAIS PARA REDAÇÃO E SUBMISSÃO NA REVISTA BIOTA
NEOTROPICA.**

ENDEREÇO ELETRÔNICO PARA VISUALIZAÇÃO DAS NORMAS:

[http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaflorestal/about/submissions
#authorGuidelines](http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaflorestal/about/submissions#authorGuidelines)

**CAPÍTULO 2 - NORMAS GERAIS PARA REDAÇÃO E SUBMISSÃO NA REVISTA BRASILEIRA
DE BOTÂNICA.**

ENDEREÇO ELETRÔNICO PARA VISUALIZAÇÃO DAS NORMAS:

<http://www.scielo.br/revistas/rbb/pinstruc.htm>

**CAPÍTULO 3 - NORMAS GERAIS PARA REDAÇÃO E SUBMISSÃO NA REVISTA ACTA
BOTANICA BRASILICA.**

ENDEREÇO ELETRÔNICO PARA VISUALIZAÇÃO DAS NORMAS:

<http://www.scielo.br/revistas/abb/pinstruc.htm>