



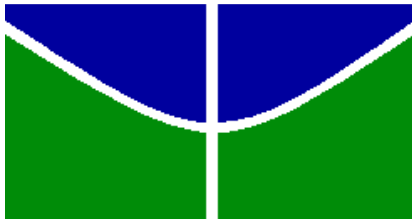
Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Departamento de Ecologia
Programa de Pós-Graduação em Ecologia

**Efeitos do fogo na sobrevivência de sementes e na
produção de frutos de *Qualea parviflora* Mart.
(Vochysiaceae).**

Alexandre Cesar Palermo

Brasília

Março de 2011



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Departamento de Ecologia
Programa de Pós-Graduação em Ecologia

**Efeitos do fogo na sobrevivência de sementes e na
produção de frutos de *Qualea parviflora* Mart.
(Vochysiaceae).**

Alexandre Cesar Palermo

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Heloisa Sinatora Miranda

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação do Instituto de Biologia, Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Brasília

Março de 2011

Índice

Lista de Figuras	ii
Lista de Tabelas	iv
Agradecimentos	v
Resumo	vi
Abstract	vii
Introdução	1
Objetivos	9
<i>Objetivo geral:</i>	9
<i>Objetivos específicos:</i>	9
Material e métodos	10
Espécie estudada.....	10
Área de estudo.....	11
Proteção das sementes pelos frutos	14
Produção de frutos	17
Análise estatística.....	18
Resultados e Discussão	19
Temperaturas dos frutos durante a queimada.....	19
Efeito do fogo na abertura dos frutos	23
Efeito do fogo na germinabilidade das sementes	33
Efeitos do fogo na produção de frutos	40
Considerações finais	47
Referências Bibliográficas	50

Lista de Figuras

- Figura 1.** Detalhes da espécie *Qualea parviflora*. A = Indivíduo adulto em área de cerrado *sensu stricto*. B = Ramo com botões florais e flor aberta. C = Frutos jovens. D = Fruto maduro aberto com semente alada.....11
- Figura 2.** Aspecto geral do cerrado *sensu stricto* na Reserva Ecológica do IBGE, Brasília - DF. A = Área experimental. B = Área controle.....13
- Figura 3.** Vista aérea das áreas de cerrado *sensu stricto* utilizadas no estudo na Reserva Ecológica do IBGE, Brasília - DF. A área experimental foi queimada em agosto de 2008 e a área controle se encontrava protegida contra o fogo há 14 anos.....13
- Figura 4.** Temperaturas internas e externas de frutos de *Qualea parviflora*, localizados em diferentes alturas na copa, durante queima prescrita em área de cerrado *sensu stricto*, em agosto de 2008, na Reserva Ecológica do IBGE, Brasília, DF. a = temperaturas externas de frutos localizados até 1 m de altura. b = temperaturas internas de frutos localizados até 1 m de altura. c = temperaturas externas de frutos localizados entre 1 e 2 m de altura. d = temperaturas internas de frutos localizados entre 1 e 2 m de altura. e = temperaturas externas de frutos localizados entre 2 e 3 m de altura. f = temperaturas internas de frutos localizados entre 2 e 3 m de altura.....21
- Figura 5.** Percentual de frutos abertos e fechados de *Qualea parviflora* em área de cerrado *sensu stricto* protegida contra queima na Reserva Ecológica do IBGE, Brasília, DF. As observações foram realizadas de agosto a outubro de 2008. (n = 584).....25
- Figura 6.** Percentual de frutos abertos e fechados de *Qualea parviflora* em área de cerrado *sensu stricto* submetido a regime de queima bienal em agosto. Reserva Ecológica do IBGE, Brasília, DF. A seta representa a queimada prescrita realizada em 26 agosto de 2008. As observações foram realizadas de agosto a outubro de 2008. (n = 293).....25
- Figura 7.** Percentual de frutos abertos e fechados de *Qualea parviflora*, localizados até 1 m de altura, em área de cerrado *sensu stricto* submetido a regime de queima bienal em agosto. Reserva Ecológica do IBGE, Brasília, DF. A seta representa a queimada prescrita realizada em 26 de agosto de 2008. As observações foram realizadas de agosto a outubro de 2008. (n = 9).....26
- Figura 8.** Percentual de frutos abertos e fechados de *Qualea parviflora*, localizados entre 1 e 2 m de altura, em área de cerrado *sensu stricto* submetido a diferentes regimes de queima - (a) queima bienal em agosto, (b) protegida contra o fogo por 14 anos - na Reserva Ecológica do IBGE, Brasília, DF. A seta representa a queimada prescrita realizada em 26 de agosto de 2008. As observações foram realizadas de agosto a outubro de 2008. (n = 149 na área experimental e 97 na área controle).....27

Figura 9. Percentual de frutos abertos e fechados de *Qualea parviflora*, localizados entre 2 e 3 m de altura, em área de cerrado *sensu stricto* submetido a diferentes regimes de queima - (a) queima bienal em agosto, (b) protegida contra o fogo por 14 anos - na Reserva Ecológica do IBGE, Brasília, DF. A seta representa a queimada prescrita realizada em 26 de agosto de 2008. As observações foram realizadas de agosto a outubro de 2008. (n = 135 na área experimental e 487 na área controle).....28

Figura 10. Produção de botões de *Qualea parviflora* de agosto de 2008 a agosto de 2010 em área de cerrado *sensu stricto* protegida contra queima por 14 anos (controle) e em área submetida à queima bienal na estação seca (experimental) na Reserva Ecológica do IBGE, Brasília - DF. A queima realizada em 26 de agosto de 2008 na área experimental está representada pela seta preta. O início da estação chuvosa (>10 mm) em cada período está representado pelas setas pontilhadas.....42

Figura 11. Produção de flores de *Qualea parviflora* de agosto de 2008 a agosto de 2010 em área de cerrado *sensu stricto* protegida contra queima por 14 anos (controle) e em área submetida à queima bienal na estação seca (experimental) na Reserva Ecológica do IBGE, Brasília - DF. A queima realizada em 26 de agosto de 2008 na área experimental está representada pela seta preta. O início da estação chuvosa (>10 mm) em cada período está representado pelas setas pontilhadas.....43

Figura 12. Produção de frutos de *Qualea parviflora* de agosto de 2008 a agosto de 2010 em área de cerrado *sensu stricto* protegida contra queima por 14 anos (controle) e em área submetida à queima bienal na estação seca (experimental) na Reserva Ecológica do IBGE, Brasília - DF. A queima realizada em 26 de agosto de 2008 na área experimental está representada pela seta preta. O início da estação chuvosa (>10 mm) em cada período está representado pelas setas pontilhadas.....44

Lista de Tabelas

Tabela 1. Médias (\pm erro padrão) das temperaturas máximas internas (Ti) e externas e tempo de residência de temperaturas internas acima de 60°C em frutos de *Qualea parviflora* localizados em diferentes alturas durante queima prescrita em agosto de 2008 em área de cerrado *sensu stricto*. Reserva Ecológica do IBGE, Brasília – DF. Valores nas colunas seguidos de letras diferentes apresentam diferença significativa entre si ($p < 0,05$).....22

Tabela 2. Germinabilidade de sementes de *Qualea parviflora* em área protegida contra queima (controle) e em área submetida a regime de queima bienal em agosto (experimental). As sementes da área experimental foram coletadas de frutos que abriram após a queimada de 26 de agosto de 2008 (frutos abertos) e de frutos que permaneceram fechados um mês após a queimada (frutos fechados) em área de cerrado *sensu stricto* na Reserva Ecológica do IBGE, Brasília – DF. n = número de sementes. Valores seguidos de letras diferentes apresentam diferença significativa entre si.....34

Tabela 3. Média (\pm erro padrão) do tempo de residência de temperaturas internas (Ti) maiores que 60°C e germinabilidade de sementes de *Qualea parviflora* em área submetida a regime de queima bienal em agosto. As sementes foram coletadas de frutos que abriram após a queimada de agosto de 2008 (Abertos) e de frutos que permaneceram fechados um mês após a queimada (Fechados). Reserva Ecológica do IBGE, Brasília – DF. n = número de sementes. Valores nas colunas seguidos de letras diferentes apresentam diferença significativa entre si.....37

Tabela 4. Produção de botões, flores e frutos (média \pm erro padrão) por ramos secundários de *Qualea parviflora* em área protegida contra queima (controle) e em área submetida a regime de queima bienal em agosto (experimental), em área de cerrado *sensu stricto* na Reserva Ecológica do IBGE, Brasília – DF. “Fruit set” de botões para frutos (B/Fr) e flores para frutos (F/Fr). Letras maiúsculas comparam dois períodos de uma mesma área; letras minúsculas comparam duas áreas em um mesmo período. Valores seguidos de letras diferentes apresentam diferença significativa entre si.....41

Agradecimentos

Primeiramente a minha orientadora Heloisa Sinatora Miranda, pela orientação, paciência e principalmente pela oportunidade. No nosso país, onde o estudo é a melhor forma de inclusão social e distribuição justa de renda, todos nós precisamos de alguém que nos dê oportunidade.

Aos meus pais Rosana e Paulo, por todo esforço em prover meus estudos, muitas vezes em sacrifício próprio.

A minha futura esposa Larissa, pelo apoio incondicional, pelo carinho nas horas de desânimo, por agüentar os momentos de estresse e pelas mil outras ajudas.

Ao meu irmão João, por ser companheiro e me apoiar sempre que preciso.

À Naomi, pelas valiosas ajudas com Excel, pelas ajudas no campo e pela presença constante em todas as fases do trabalho.

Aos colegas do laboratório: Felipe, Stefano, Marcelão, Carol, Gabi, Valter e Vinícius, por toda ajuda em trabalhos de campo, seminários e tantas outras atividades essenciais à realização deste trabalho. Em especial à Naomi, Felipe, Stefano e Marcelão pelas valiosas contribuições na elaboração do manuscrito.

Aos técnicos do Laboratório de Ecologia do Fogo, em especial ao Thales pela ajuda nas idas ao campo.

À Reserva Ecológica do IBGE pela permissão para a realização do trabalho e pelo apoio logístico oferecido e, especialmente, aos integrantes da Brigada de Combate a Incêndios do IBGE pela realização da queimada prescrita.

Aos colegas do trabalho da Odontologia-UnB, pela compreensão e pelo respeito ao meu trabalho. Em especial à Glórinha pelo companheirismo.

A todos os meus amigos, por continuarem sendo meus amigos mesmo em épocas em que quase não nos vemos.

À Universidade de Brasília e ao Departamento de Ecologia pela infraestrutura e apoio.

À CAPES, pelo apoio financeiro concedido.

Resumo

Dado o longo período de coexistência com as comunidades vegetais do Cerrado, mais de 32.000 anos, o fogo se tornou um fator inerente e de importância ecológica uma vez que pode afetar o estabelecimento, crescimento e reprodução de espécies vegetais. Estudos acerca do efeito do fogo em espécies lenhosas não abrangem um número grande de espécies, constituindo um problema para a conservação das mesmas. O objetivo deste trabalho foi investigar possíveis estratégias de escape de sementes de *Qualea parviflora* Mart. (Vochysiaceae) a altas temperaturas durante uma queimada prescrita, bem como os efeitos em curto prazo na dispersão das sementes e na produção de frutos. Este estudo foi conduzido em duas áreas de cerrado *sensu stricto* na Reserva Ecológica do IBGE, Brasília (DF), entre agosto de 2008 e agosto de 2010. Uma área foi utilizada como controle por se encontrar a 14 anos sem queima, e a outra, submetida a queima bienal desde 1992, foi utilizada como área experimental e foi queimada em 26 de agosto de 2008. Foi investigada a eficiência dos frutos de *Q. parviflora* como isolante térmico para as sementes durante a passagem da frente de fogo, o efeito do fogo na abertura dos frutos, na germinabilidade das sementes e na produção de frutos nas duas estações reprodutivas subseqüentes à queimada. A temperatura interna dos frutos durante a queimada ficou em torno de 70°C independente da altura na copa. Já a temperatura externa foi maior nos frutos localizados até 1 m de altura (320°C a 510°C) e mais branda nas classes de 1 a 2 m (239°C e 299°C) e acima de 2 m (178°C e 233°C). O tempo de residência de temperaturas acima de 60°C foi menor nos frutos acima de 2 m na copa do que naqueles localizados abaixo de 2 m. O fogo estimulou a abertura dos frutos na área experimental em comparação com a controle, contudo o dano nos frutos causado pela queima gera uma perda de 34% da produção de frutos, além de interromper a deiscência de 22% dos frutos. O fogo reduziu a germinabilidade das sementes em todas as alturas. As sementes localizadas abaixo de 1 m não germinaram e as localizadas acima dessa altura tiveram redução de 90% para menos de 20% de germinabilidade. As sementes de frutos que permaneceram fechados após a queimada apresentaram germinabilidades semelhantes as das sementes dos frutos que abriram, evidenciando outra forma de perda de sementes. A produção de estruturas reprodutivas foi maior na área queimada do que na área controle. Contudo, a proporção de botões que desenvolvem flores e frutos (“fruit set”) foi a mesma nas duas áreas. Na estação reprodutiva seguinte, um ano após a queima, não houve produção de inflorescências na área queimada. A ausência de produção de flores nos indivíduos da área queimada um ano após o fogo sugere que *Q. parviflora* pode necessitar de mais de um ano para retornar ao seu ciclo normal de reprodução, indicando que os efeitos de médio e longo prazo devem ser considerados ao se usar o fogo como instrumento de manejo para a redução do combustível em áreas de Cerrado.

Abstract

Given the long period of coexistence with the plant communities of Cerrado, more than 32,000 years, fire has become an important ecological factor since it may affect the establishment, growth and reproduction of plants. Data and studies on the effect of fire on woody species do not cover a large number of species, constituting a problem for ecosystem management. The aim of this study was to investigate the fire effects on seed survival and fruit production of *Qualea parviflora* Mart. (Vochysiaceae). This study was conducted in two areas of cerrado *sensu stricto* in the Reserva Ecológica do IBGE, Brasília (DF), between August 2008 and August 2010. One area was protected from fire for 14 years and used as control, and another, subjected to biennial burning since 1992, was used as the experimental area and was burned on August 26, 2008. We investigated the efficiency of the fruits of *Q. parviflora* as good insulators for seeds during the passage of fire front, the effect of fire on fruit opening, the germinability of the seed and on fruit production in two reproductive seasons after the burning. During the burning, the temperature inside the fruits was about 70°C, independent of fruit position in the canopy. The temperature outside the fruits was higher in fruits located up to 1 m high (320°C to 510°C) and milder in fruits located 1 to 2 m (239°C to 299°C) and above 2 m (178°C to 233°C). The residence time of temperatures greater than 60°C was lower in fruits located above 2 m in the canopy than in those located below 2 m. The fire prompted the opening of the fruits in the experimental area compared with those in the control area, although the damage to fruit caused by burning resulted in a loss of 34% of fruit production, and interrupted the dehiscence of 22% of fruits. The fire reduced the germinability of seeds from fruits located at all heights. Seeds located below 1 m did not germinate and those located above this height had the germinability reduced from 90% to less than 20%. The seeds of fruits that remained closed after the fire had germinabilities similar to those of seeds from fruits that opened, increasing the proportion of seed loss. The production of reproductive structures was higher in the burned area than in control area. However, the proportion of flower buds that develop flowers and fruit (fruit set) was the same in both areas. In the next reproductive season, one year after the burning, no inflorescence production was observed in the burned area. The absence of flower production in individuals of the burned area one year after the fire suggest that *Q. parviflora* may need more than a year to return to your normal cycle of reproduction, indicating that the medium and long term effects of fire should be considered when using fire as a management tool to reduce fuel in areas of Cerrado.

Introdução

O fogo, seja ele natural ou antrópico, está presente no Cerrado há mais de 32.000 anos (Salgado-Laboriau & Ferraz-Vincentini 1994). No Cerrado, incêndios naturais ocorrem principalmente por raios na época de transição entre a estação seca e chuvosa e na estação chuvosa (Ramos Neto & Pivello, 2000). De forma geral, as queimadas de Cerrado são de superfície, consumindo principalmente a biomassa do estrato rasteiro (Miranda *et al.* 2004), a altura média das chamas varia entre 1,2 m e 2,9 m (Castro & Kauffman 1998) e as temperaturas mais altas são, geralmente, registradas a 60 cm de altura (Miranda *et al.* 1996).

Dado o longo período de coexistência com as comunidades vegetais, o fogo se tornou um fator inerente e de importância ecológica uma vez que pode afetar o estabelecimento, crescimento e reprodução de espécies vegetais (Whelan 1995). Em ecossistemas savânicos, como o Cerrado, a ocorrência de queimadas e incêndios provoca mudanças florísticas e estruturais da vegetação (Whelan 1995; Sato *et al.* 1998; Medeiros & Miranda 2005). Apesar de não se conhecer a frequência de incêndios naturais no Cerrado, a utilização desta área com fins agropecuários tem alterado o regime natural de queima, com queimadas sendo realizadas na estação seca a intervalos de um a quatro anos (Coutinho 1982; 1990). Estudos acerca do efeito do fogo sobre a fenologia e reprodução de espécies nativas do Cerrado não abrangem um número grande de espécies, isto constitui um sério problema para a conservação das mesmas. Um exemplo são as espécies lenhosas de Cerrado que, com o aumento da frequência de queimas apresentam maiores taxas de

mortalidade e menores taxas de recrutamento, o que favorece a vegetação do estrato rasteiro, resultando em fisionomias mais abertas (Miranda & Sato 2005).

Embora a vegetação do Cerrado apresente características adaptativas de proteção contra o fogo, queimadas freqüentes podem resultar em altas taxas de mortalidade de indivíduos (Sato 1996) e diminuição no estabelecimento e sobrevivência de plântulas (Hoffman 1996; Oliveira & Silva 1993). No trabalho de Silva *et al.* (1996) uma área de campo sujo de cerrado protegida contra queima por 18 anos foi submetida à queima bienal durante quatro anos. A taxa de mortalidade de espécies lenhosas foi de 7,2% para a primeira queima e aumentou para 19,1% dois anos depois. Tal constatação sugere um impacto do regime de queima na estrutura da vegetação lenhosa. Sato e Miranda (1996) estudando a mortalidade de espécies lenhosas em uma área de cerrado *sensu stricto* protegida contra o fogo por 18 anos, não encontraram diferenças nas taxas de mortalidade para diferentes épocas de queima (junho, agosto e setembro). Já Sato (2003) estudando áreas de cerrado *sensu stricto* após cinco queimas bienais, encontrou taxas de mortalidade da ordem de 39% em uma área queimada em junho, e cerca de 45% em áreas queimadas em agosto e setembro. Esse mesmo trabalho ainda levou em consideração o total de caules destruídos (“topkill” + mortos). Nessa análise os valores passam a ser da ordem de 44% para a área queimada em junho, 59% para a queimada em agosto e 75% para a queimada em setembro, indicando um efeito diferenciado do fogo na vegetação lenhosa em relação à época da queima.

Hoffman (1996) comparou o estabelecimento de sementes de nove espécies do cerrado em quatro áreas de cerrado *sensu stricto*: sete anos sem queima, um ano sem queima, dois anos sem queima e queimada na estação seca anterior. Para todas as espécies o estabelecimento foi menor na área queimada a menos tempo do que nas outras três. Porém não houve diferença no estabelecimento das áreas há sete, um e dois anos sem queima. Oliveira & Silva (1993) e Braz *et al.* (2000) encontraram altas taxas de sobrevivências de plântulas ao fogo. O primeiro estudo mostrou que apenas 5% das plântulas de *Kielmeyera coriacea* morreram após um incêndio acidental na estação seca seguinte ao estabelecimento. De maneira semelhante Braz *et al.* (2000) determinaram uma taxa de mortalidade de 14% para *Dalbergia miscolobium*, em uma área de cerrado *sensu stricto* queimada na estação seca seguinte ao estabelecimento.

Além do aumento da taxa de mortalidade em espécies lenhosas e do impacto no estabelecimento de plântulas, a alteração da frequência de queima também afeta a reprodução e fenologia dessas espécies (Whelan 1995). Diversas espécies vegetais do Cerrado têm sua floração e frutificação favorecidas pelo fogo (Coutinho 1976; 1990; Oliveira *et al.* 1996). Espécies que florescem logo após uma queimada liberam suas sementes em um solo com novos microclimas (Castro Neves & Miranda 1996) oriundos da remoção do estrato rasteiro que permite maior incidência de energia solar. A serapilheira formada poucos dias após o fogo é considerada por Lamont *et al.* (1993) como um local propício para as sementes germinarem, porém inadequado para plântulas se estabelecerem. Contudo, mesmo que o solo pós-fogo seja propício

para as sementes, é necessário que antes estas sobrevivam à passagem da frente de fogo.

Segundo Whelan (1995) existem duas maneiras principais de proteção das sementes contra o fogo: estar enterrada no solo ou estar dentro de frutos na copa do vegetal. A primeira maneira é decorrente do isolamento térmico oferecido pelo solo, ainda que exista um “tradeoff” (demandas conflitantes), onde quanto maior a profundidade das sementes no solo maior o isolamento térmico obtido, porém menor é a taxa de germinação (Whelan 1995). A proteção das sementes contra o fogo pelos frutos é uma característica comum em ambientes onde o fogo é recorrente (Lamont *et al.* 1991). Alguns trabalhos investigaram em laboratório a viabilidade de sementes de espécies de ambientes onde o fogo é um fator comum. Judd & Ashton (1991) estudaram o efeito dos cachos (*clustering*) no isolamento térmico de sementes de três espécies (*Eucalyptus regnans*, *Leptospermum laevigatum* e *Kunzea ambigua*) da família Myrtaceae na Austrália. Este trabalho mostrou que, embora pequena, a contribuição dos cachos para o isolamento térmico pode ser crucial para a sobrevivência das sementes. Judd (1993) estudou quatro espécies da família Myrtaceae e chegou a conclusões semelhantes, onde a contribuição para o isolamento térmico dos frutos capsulares, embora pequeno, é suficiente para manter as sementes viáveis. Estes autores trabalharam com experimentos de laboratórios onde os frutos e sementes foram expostos a fontes de calor radiante e com controle preciso, diferente do que ocorre no ambiente natural.

Poucos são os trabalhos de investigação de temperaturas de frutos *in situ*. Bradstock *et al.* (1994) mediram as temperaturas internas e externas de frutos de seis espécies do gênero *Hakea* na Austrália. Este estudo registrou

temperaturas durante a passagem do fogo no campo como uma função da altura dos frutos. Os autores constataram que a temperatura letal para as sementes do gênero *Hakea* são facilmente atingidas durante as queimadas. No Brasil um estudo semelhante foi realizado por Cirne & Miranda (2008). Neste trabalho os autores investigaram as temperaturas interna e externa de frutos de *Kielmeyera coriacea* (Clusiaceae) uma espécie típica do Cerrado, bem como o efeito dessas temperaturas na sobrevivência das sementes. As sementes que estavam dentro dos frutos de *Kielmeyera coriacea* apresentaram, após a passagem do fogo, altas taxas de germinação o que demonstra a capacidade de isolamento térmico dos frutos dessa espécie. Esse estudo reforça os resultados de Landim & Hay (1996) que estudaram o dano causado por queimadas nos frutos de *Kielmeyera coriacea* em diferentes alturas. Neste estudo, 60% dos frutos da espécie estudada foram danificados após uma queimada, enquanto em área protegida contra queima este número foi 7,5 vezes menor.

Alguns trabalhos investigaram o efeito do fogo/altas temperaturas na germinabilidade de sementes. Ramos (2004) encontrou taxas de germinação para *Mimosa clausenii* de 97% e 87% para frutos localizados nas alturas de 1 a 2 m e acima de 2 m, respectivamente. Essas taxas foram reduzidas para 30% e 52% após a passagem do fogo. O efeito da temperatura na germinação de sementes de espécies arbóreas do Cerrado pode variar desde o estímulo à germinação (Andrade *et al.* 1997), perda de germinabilidade (Martins *et al.* 1992) até quebra de dormência (Eira *et al.* 1993). Schmidt *et al.* (2005) e Overbeck *et al.* (2006) relatam o efeito de altas temperaturas em sementes de espécies do estrato arbustivo e herbáceo-subarbustivo de Cerrado. Ambos os

trabalhos mostram que as sementes são capazes de suportar altas temperaturas por curtos períodos de tempo, embora sejam incapazes de suportar temperaturas acima de um certo limite por qualquer período de tempo.

Além da proteção contra altas temperaturas oferecida pelos frutos, outro fator importante para a reprodução sexuada é o impacto do regime de queima na fenologia. Os dados disponíveis sobre a fenologia de espécies lenhosas do Cerrado mostram que a sazonalidade não limita a fenologia (Sarmiento & Monasterio, 1983), de forma que períodos de floração e frutificação estão distribuídos durante todo o ano (Sarmiento & Monasterio, 1983; Mantovani & Martins, 1988). Desse modo, a época e a frequência de queimas podem afetar de forma diferenciada as espécies lenhosas de acordo com sua fenologia. Diversos trabalhos mostram que o regime de queima pode afetar a produção de frutos e de sementes. Sanaiotti & Magnusson (1995) encontraram diferenças na época de produção de frutos de espécies arbustivas em cerrado na Amazônia submetidas a queimas anuais. Neste trabalho, algumas espécies arbustivas tiveram a produção de frutos atrasada em decorrência do regime de queima, outras não tiveram a produção alterada e algumas precisaram de três ou mais anos para retomar a produção normal. Além da época de frutificação o regime de queima pode afetar a produção de sementes como reportado por Hoffmann (1998). Em seu trabalho, o autor relata um declínio no número de sementes produzidas em cinco de seis espécies submetidas a queimas bienais. Já Miola *et al.* (2010), relatam tanto a antecipação da floração quanto o aumento na produção de flores e frutos de *Syagrus glaucescens* após uma queima em campo rupestre na Serra do Cipó em Minas Gerais. Por outro lado, Silva *et al.* (1996) mostram uma influência positiva do fogo no sucesso

reprodutivo de *Byrsonima crassa* em área de cerrado *sensu stricto*. No trabalho de Silva *et al.* (1996) a área de estudo sofreu uma queima acidental durante a estação chuvosa (outubro), o que, segundo os autores, estimulou a produção de botões e frutos. Este estímulo também foi reportado por Benezar & Pessoni (2006) para *Byrsonima coccolobifolia*. Em seu trabalho os autores relatam uma floração visivelmente mais intensa nos indivíduos que não haviam florescido antes do fogo.

Uma intensa floração pós-fogo não é um padrão exclusivo para o Cerrado. Alguns trabalhos relatam este efeito em outras regiões do mundo, tanto em espécies arbóreas quanto em espécies de estratos mais baixos. Main & Barry (2002) relatam intensa floração pós-fogo de três espécies (*Muhlenbergia capillaris*, *Paspalum monostachyum* e *Schizachyrium rhizomatum*) da família Poaceae em pradarias úmidas da Flórida. Essas espécies exibiram floração reduzida na segunda estação reprodutiva após a queimada, além de não sofrerem estímulo na floração quando a queimada foi realizada fora da estação de crescimento. A queimada na estação de crescimento também favorece a floração de *Pityopsis graminifolia* (Brewer 2008) nos Estados Unidos, embora sua floração também tenha sido estimulada por queimadas em outubro, fora da estação de crescimento. Estes trabalhos tratam a intensa floração pós-fogo como uma estratégia para rapidamente ocupar os espaços abertos e não possibilitar a entrada de indivíduos lenhosos, mantendo assim a dominância. Wroblewski & Kauffman (2003) relatam que, dentre vários aspectos (morfologia, abundância e fenologia), de modo geral cinco das nove espécies herbáceas estudadas tiveram sua floração estimulada pelo fogo no estado do Oregon, Estados Unidos. Em especial destacam o

aumento na produção de estruturas reprodutivas em *Crepis modocensis* e *Phlox longifolia*. Na Austrália, Bowen & Pate (2004) reportam que o número de indivíduos em floração de *Stirlingia latifolia*, uma espécie herbácea da família Proteaceae, ficou entre 85% e 100% após o fogo. Este mesmo trabalho relata que uma área protegida contra queima por dois anos apenas 5% dos indivíduos de *Stirlingia latifolia* floresceram. Para *Xanthorrhoea* spp. é relatado um aumento na proporção de indivíduos florindo de um para dois terços após a passagem do fogo (Gil & Ingwersen 1976, citado por Whelan 1995).

Assim, este estudo se baseou na relevância de dados acerca do efeito do fogo na reprodução sexuada de espécies lenhosas de cerrado. Os dados aqui reunidos são um esforço em relacionar possíveis estratégias de escape de sementes a altas temperaturas e o efeito em curto prazo da queima na dispersão das mesmas e na produção de frutos da espécie *Qualea parviflora* Mart. (Vochysiaceae).

Objetivos

Objetivo geral:

Examinar a eficiência dos frutos de *Qualea parviflora* (Vochysiaceae) como isolantes térmicos de suas sementes durante queimada prescrita e o efeito do fogo na produção de frutos da espécie.

Objetivos específicos:

- Examinar as variações de temperatura interna e externa de frutos de *Qualea parviflora* durante a passagem da frente de fogo em diferentes alturas na copa.
- Avaliar o efeito do fogo em diferentes alturas na copa na germinabilidade de sementes de *Qualea parviflora*.
- Acompanhar a abertura dos frutos e o desenvolvimento das inflorescências (botões florais, flores e frutos) de *Qualea parviflora* após a passagem do fogo.

Material e métodos

Espécie estudada

A espécie estudada, *Qualea parviflora* (Figura 1), é uma espécie da família Vochysiaceae e é nativa do Cerrado. Esta família está entre as mais importantes dentre as plantas lenhosas, com 36 espécies nesse bioma, sendo, segundo Ribeiro & Haridasan (1984) apontada como a mais importante em relação à biomassa aérea em uma área de cerrado *sensu stricto*. Esta espécie ocorre em toda a região centro-oeste e nos estados do Tocantins, Piauí, Bahia, Minas Gerais e São Paulo (Silva Júnior 2005).

Qualea parviflora ocorre nas fitofisionomias de cerradão, cerrado *sensu stricto*, campo sujo e campo limpo. Apresenta hábito arbóreo com altura média de 6 m, podendo atingir 15 m. É uma espécie decídua, perdendo as folhas durante a estação seca, de abril a agosto. A floração ocorre no início e decorrer da estação chuvosa, de setembro a dezembro, logo após o início de brotação das folhas. O padrão de floração consiste na abertura de poucas flores por dia durante um longo período de tempo (*steady state*). As flores são hermafroditas com reprodução cruzada (xenogâmica) com sistema de auto-incompatibilidade de ação tardia, onde ocorre a polinização e fecundação mas não a formação de sementes com embrião. Possuem guia de néctar e antese diurna, com abertura de duas flores por dia por inflorescência em média. Os frutos são secos e deiscentes com três lóculos e, em média, uma semente por lóculo (Oliveira & Paula 2001). A maturação dos frutos ocorre de setembro a outubro (Silva Júnior 2005; Oliveira & Paula 2001).

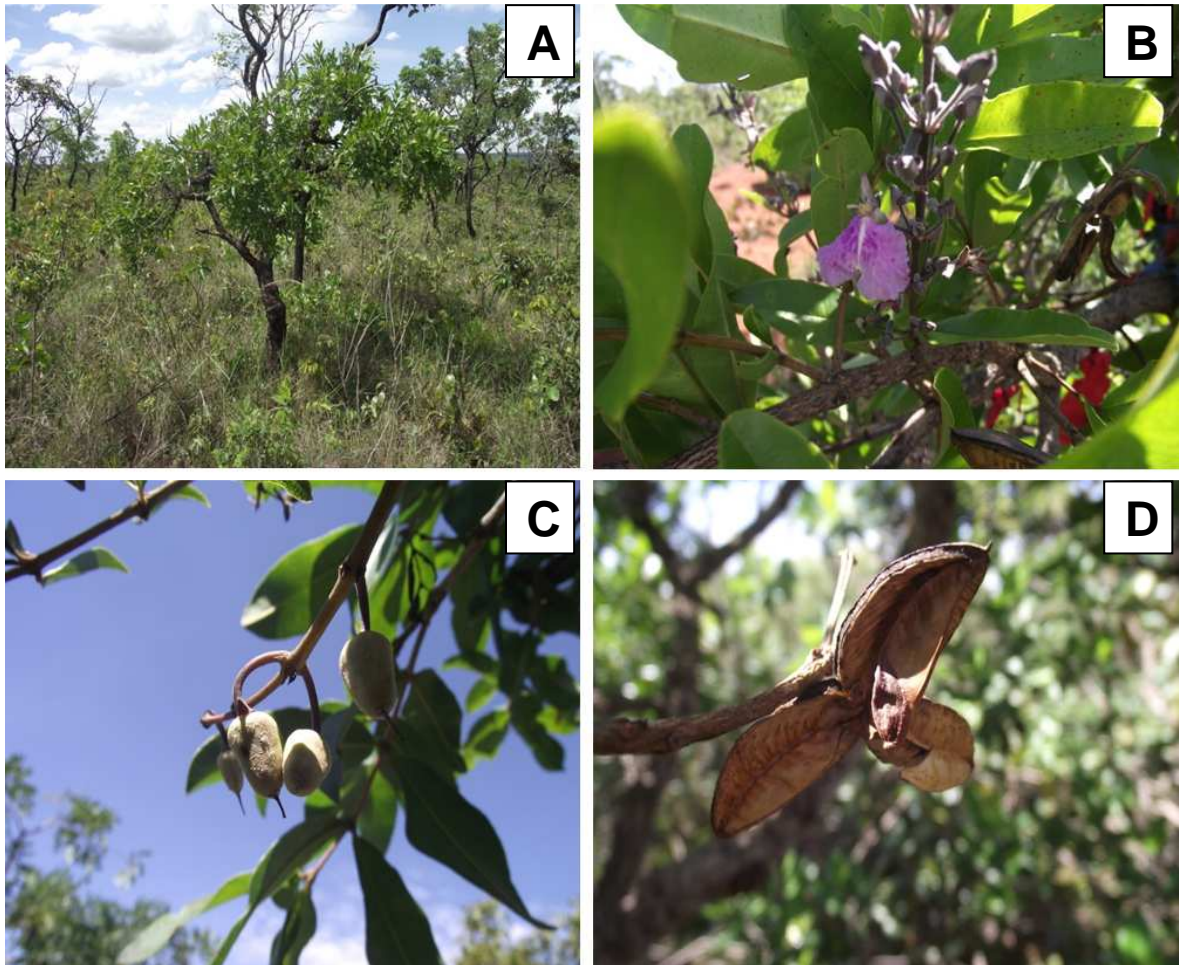


Figura 1. Detalhes da espécie *Qualea parviflora*. A = Indivíduo adulto em área de cerrado *sensu stricto*. B = Ramo com botões florais e flor aberta. C = Frutos jovens. D = Fruto maduro aberto com semente alada.

Área de estudo

O trabalho foi realizado na Reserva Ecológica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a 36 km ao sul de Brasília (15°6'41" S e 47°53'07" W), Distrito Federal. A Reserva possui área de 1360 ha e está a uma altitude de 1100 m. O clima é sazonal, apresentando uma estação seca, de maio a setembro, e uma estação chuvosa de outubro a abril. Na estação chuvosa ocorre 90% da precipitação anual, cerca de 1483 mm em média. A

temperatura média anual é de 21,9°C, o solo predominante é o latossolo vermelho-amarelo, também ocorrendo os latossolos vermelho-escuros (Pereira *et al.* 2004).

Nesse trabalho foram utilizadas duas áreas de cerrado *sensu stricto*, a fitofisionomia mais representativa do Cerrado. O cerrado *sensu stricto* é caracterizado por apresentar o estrato arbóreo/arbustivo bem definido com árvores com altura entre três e seis metros e cobertura arbórea entre 20% e 50%. O estrato rasteiro (subarbustivo/herbáceo) é bem desenvolvido, sendo ocupado principalmente por gramíneas. A vegetação do cerrado *sensu stricto* possui reconhecida capacidade de regeneração após o fogo, tanto por possuir órgãos de reserva (xilopódios) quanto por apresentar rápido crescimento do estrato rasteiro na estação chuvosa (Ribeiro e Walter 1998).

Em julho de 2008, duas áreas foram selecionadas para o estudo: a primeira com 10 ha (200 m x 500 m – Figura 2a) que vem sendo queimada a cada dois anos desde agosto de 1992, quando se encontrava protegida contra o fogo por 18 anos, e a segunda, adjacente a primeira com cerca de 5 ha (50 m x 1000 m – Figura 2b) que estava protegida contra o fogo há 14 anos e foi utilizada como área controle. A primeira área foi utilizada como área experimental onde foi realizada a queimada prescrita em 26 de agosto de 2008 (Figura 3).

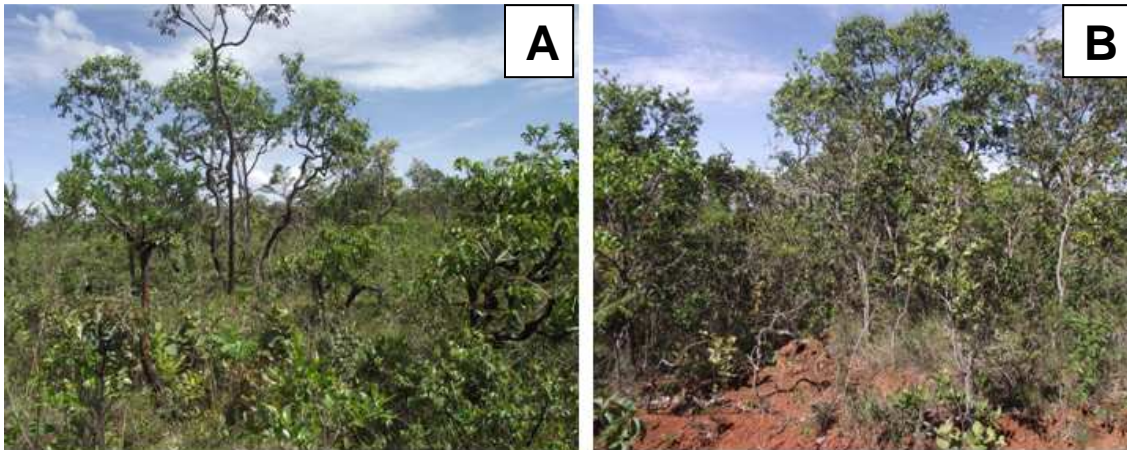


Figura 2. Aspecto geral do cerrado *sensu stricto* na Reserva Ecológica do IBGE, Brasília - DF. A = Área experimental. B = Área controle.



Figura 3. Vista aérea das áreas de cerrado *sensu stricto* utilizadas no estudo na Reserva Ecológica do IBGE, Brasília - DF. A área experimental foi queimada em agosto de 2008 e a área controle se encontrava protegida contra o fogo há 14 anos.

Proteção das sementes pelos frutos

Quinze dias antes da queimada de agosto de 2008, foram selecionados e marcados 20 indivíduos reprodutivos de *Qualea parviflora*, 10 em cada área. Os indivíduos foram considerados reprodutivos quando possuíam frutos maduros. Os 10 indivíduos marcados na área controle apresentavam altura entre 2,0 e 3,5 m. Esta escolha foi fundamentada na altura média das chamas de queimadas de Cerrado que, de acordo com Castro & Kauffman (1998), variam entre 1,2 m e 2,9 m, viabilizando também a observação dos frutos em três alturas distintas na copa das árvores. Frutos localizados até 1 m de altura - onde são registradas as temperaturas mais altas durante as queimadas de Cerrado; entre 1 e 2 m - limite de altura para mensuração das temperaturas durante queimadas de Cerrado e entre 2 e 3 m onde está o limite superior da zona de chamas e onde ocorre o chamuscamento por meio da corrente convectiva (Miranda *et al.* 1993). Entretanto, em consequência dos danos causados na vegetação lenhosa pelas oito queimadas bienais realizadas na área experimental, só foi possível selecionar oito indivíduos com altura máxima superior a 2,0 m, sendo necessário incluir dois indivíduos com altura inferior a 2,0 m para completar a amostra.

Quinze dias antes da queima foi iniciada a contagem semanal de todos os frutos em cada um dos 20 indivíduos, levando em consideração sua posição na copa e diferenciando-os em abertos e fechados. Este acompanhamento durou oito semanas.

A proteção das sementes, oferecidas pelos frutos, contra as altas temperaturas durante a passagem do fogo foi investigada a partir da

mensuração de temperaturas da superfície e do interior dos frutos próximo à localização das sementes, utilizando a metodologia descrita por Cirne e Miranda (2008). Para estimar a posição das sementes em relação ao tamanho do fruto, 100 frutos fechados de *Qualea parviflora* foram levados ao laboratório onde foram feitas as seguintes medidas: comprimento e diâmetro do fruto, espessura máxima e mínima da casca, posição das sementes em relação ao comprimento do fruto e número de sementes por fruto.

As temperaturas foram medidas em dois indivíduos de *Qualea parviflora* que apresentaram frutos nas três classes de altura tendo sido utilizado quatro frutos em cada classe de altura. Para a mensuração das temperaturas foram utilizados termopares do tipo k (30 swg) e as mesmas foram registradas automaticamente a cada segundo em um “data logger” (21 X, Campbell Scientific, Inc., E.U.A.).

Para avaliar o efeito do fogo na germinabilidade das sementes dos frutos expostos às altas temperaturas, imediatamente antes da queima foram coletados, na área controle e experimental, seis frutos fechados por indivíduo sendo três frutos na classe de 1-2 m e três na classe de 2-3 m. O baixo número de frutos até 1 m de altura inviabilizou a investigação do efeito do fogo na germinabilidade das sementes dessa altura, uma vez que foi priorizada a mensuração das temperaturas interna e externa. As sementes foram retiradas dos frutos no mesmo dia da sua coleta a fim de evitar efeito de armazenamento e foram reunidas, por altura, em placa de vidro e homogeneizadas. De cada conjunto retirou-se, aleatoriamente, 50 sementes para teste de germinabilidade. Para isso, as sementes foram acondicionadas em placas de Petri forradas com papel filtro e algodão umedecidos com água destilada e

deixadas em condições de iluminação e temperatura ambiente. A contagem das sementes germinadas foi realizada diariamente seguindo o critério de germinação estipulado por Labouriau (1983) que é a curvatura geotrópica da radícula.

Para avaliar a eficiência da proteção oferecida pelos frutos às sementes, logo após o fogo, frutos de cinco indivíduos foram recobertos com redes de algodão para assegurar que as sementes liberadas após a abertura dos frutos não fossem perdidas. Em cada indivíduo foram escolhidas três infrutescências em cada classe de altura, com pelo menos três frutos por infrutescência. Ao final de três semanas as sementes coletadas foram levadas ao laboratório e tiveram a germinabilidade testada como descrito anteriormente.

Um mês após a queima, frutos que não abriram na área experimental foram coletados de cinco indivíduos. Em cada indivíduo foram coletados três frutos por altura, perfazendo um total de 45 frutos. Os frutos foram abertos em laboratório para a retirada das sementes. Estas foram reunidas, por altura, em placas de vidro e homogeneizadas. De cada conjunto retirou-se aleatoriamente 40 sementes para teste de germinabilidade como descrito anteriormente. O tamanho da amostra foi determinado pelo número máximo de sementes obtidas de frutos localizados até 1 m de altura.

O conteúdo relativo de água (CRA) dos frutos de *Qualea parviflora* foi calculado a fim de se comparar o conteúdo de água no estágio de abertura natural dos frutos e o CRA imediatamente antes da queima. Para calcular o CRA (massa de água/massa seca) para abertura dos frutos, uma semana antes da queima foram coletados 50 frutos fechados na área experimental. Estes frutos foram deixados em ambiente de laboratório até sua abertura

espontânea, quando foi medida a massa fresca. Os frutos foram deixados em estufa a 70 °C até obtenção de massa constante, quando foram pesados. No dia da queima, para estimar se o CRA dos frutos estava próximo daquele necessário para a abertura em condições de campo, 50 frutos foram coletados e tiveram a sua massa fresca medida em campo. Os frutos foram levados ao laboratório e submetidos ao processo de secagem descrito anteriormente para obtenção da massa seca.

Produção de botões florais, flores e frutos

A produção de botões florais, flores e frutos de *Qualea parviflora* foi acompanhada semanalmente durante 22 meses, de outubro de 2008 a agosto de 2010, compreendendo duas estações reprodutivas para avaliar o efeito do fogo na fenologia reprodutiva da espécie. Para isso, em cada um dos 20 indivíduos selecionados foram marcados três ramos principais, nos quais foram selecionados e marcados três ramos secundários. Cada ramo secundário teve duas inflorescências marcadas, perfazendo 18 inflorescências por indivíduo, semelhante à metodologia utilizada por Silva (1998) em estudo sobre a fenologia de *Qualea grandiflora*. As observações foram realizadas a partir do momento em que os botões eram diferenciáveis entre si. A cada novo ciclo anual reprodutivo, novos ramos e inflorescências foram marcados.

Análise estatística

Os valores das temperaturas dos frutos, bem como o tempo de residência de temperaturas acima de 60°C no interior dos frutos foram comparados pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($\alpha=0,05$) e o teste de Student-Newman-Keuls como análise a *posteriori*. As proporções de frutos abertos e fechados foram comparadas por teste de qui-quadrado ($\alpha=0,05$). Em decorrência dos diferentes números amostrais, as proporções de germinação para cada tratamento foram comparadas segundo o teste de equidade de porcentagens (Sokal & Rohlf, 1969). O conteúdo relativo de água dos frutos foi comparado através de teste t ($\alpha=0,05$). O número de indivíduos florindo foi comparado por teste G, enquanto o número de ramos secundários que produziram inflorescências foi comparado por qui-quadrado, ambos a 5% de probabilidade. As produções de botões florais, flores e frutos foram comparadas pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($\alpha=0,05$) e o teste de Student-Newman-Keuls como análise a *posteriori*.

Resultados e Discussão

Temperaturas dos frutos durante a queimada

As temperaturas externas máximas dos frutos localizados até 1 m de altura variou de 320°C a 510°C (Figura 4a) com média de $393 \pm 41^\circ\text{C}$, enquanto as temperaturas internas máximas variaram de 63°C a 98°C (Figura 4b) com média de $76 \pm 8^\circ\text{C}$. Os frutos localizados entre 1 e 2 m de altura apresentaram temperaturas externas máximas entre 239°C e 299°C (Figura 4c) com média de $257 \pm 14^\circ\text{C}$. As temperaturas internas máximas dessa classe ficaram entre 62°C e 95°C (Figura 4d) e a média foi de $76 \pm 7^\circ\text{C}$. Na classe de 2 a 3 m de altura as temperaturas máximas externas variaram entre 178°C e 233°C (Figura 4e). A média destas temperaturas ficou em $208 \pm 12^\circ\text{C}$. Nessa mesma classe as temperaturas máximas internas variaram entre 56°C e 85°C (Figura 4f) com média de $70 \pm 8^\circ\text{C}$. As temperaturas externas máximas registradas são menores do que as reportadas por Cirne e Miranda (2008) para frutos de *Kielmeyera coriacea* (734°C) em queimada prescrita em cerrado *sensu stricto* durante a estação seca no Distrito Federal. Nesse mesmo estudo, os autores encontraram temperaturas pouco maiores que 60°C no interior dos frutos, contrastando com os valores registrados neste trabalho. A maior variação nos valores de temperaturas máximas internas registradas para os frutos de *Qualea parviflora* em relação aos de *K. coriacea* pode ser consequência tanto do conteúdo relativo de água dos frutos de *K. coriacea*, que apresentam volume cerca de 27 vezes maior que os de *Qualea parviflora*, quanto da diferença na espessura da casca dos frutos. Bradstock *et al.* (1994), em um estudo sobre temperaturas de frutos de *Hackea dactiloides* durante

queima prescrita, encontraram temperaturas da ordem de 700°C no exterior dos frutos e de 149°C no interior. Os autores ainda reportam alta mortalidade de sementes quando a temperatura externa foi superior a 400°C ou a interna foi maior que 60°C.

As temperaturas máximas na superfície dos frutos de *Qualea parviflora* são menores quanto mais alta a sua posição na copa (Figura 1). O mesmo padrão foi relatado por Bradstock *et al.* (1994) para *Hakea dactyloides* em queimada prescrita na Austrália. A média das temperaturas máximas na superfície dos frutos localizados até 1 m de altura foi significativamente maior do que a calculada para os frutos localizados entre 2 e 3 m ($H=9,84$; $GL=2$; $p=0,001$; Tabela 1). No entanto, a média de temperaturas externas máximas para os frutos da classe de 1 a 2 m não foi diferente da média para aqueles localizados nas outras duas classes de altura (Tabela 1). Esses resultados mostram que os valores máximos de temperatura externa diminuem com a altura do fruto na copa, sendo menores para aqueles localizados acima de 2 m. Entretanto, o mesmo não foi observado para as temperaturas máximas registradas no interior dos frutos (Tabela 1). Apesar de não haver diferença significativa ($H=0,50$; $GL=2$; $p=0,778$) entre os valores médios das temperaturas internas máximas para os frutos localizados nas diferentes alturas, apenas para dois dos quatro frutos localizados entre 2 e 3 m de altura foram registradas temperaturas máximas acima de 60°C, que é considerada como sendo letal para o tecido vegetal (Wright & Bailey 1982).

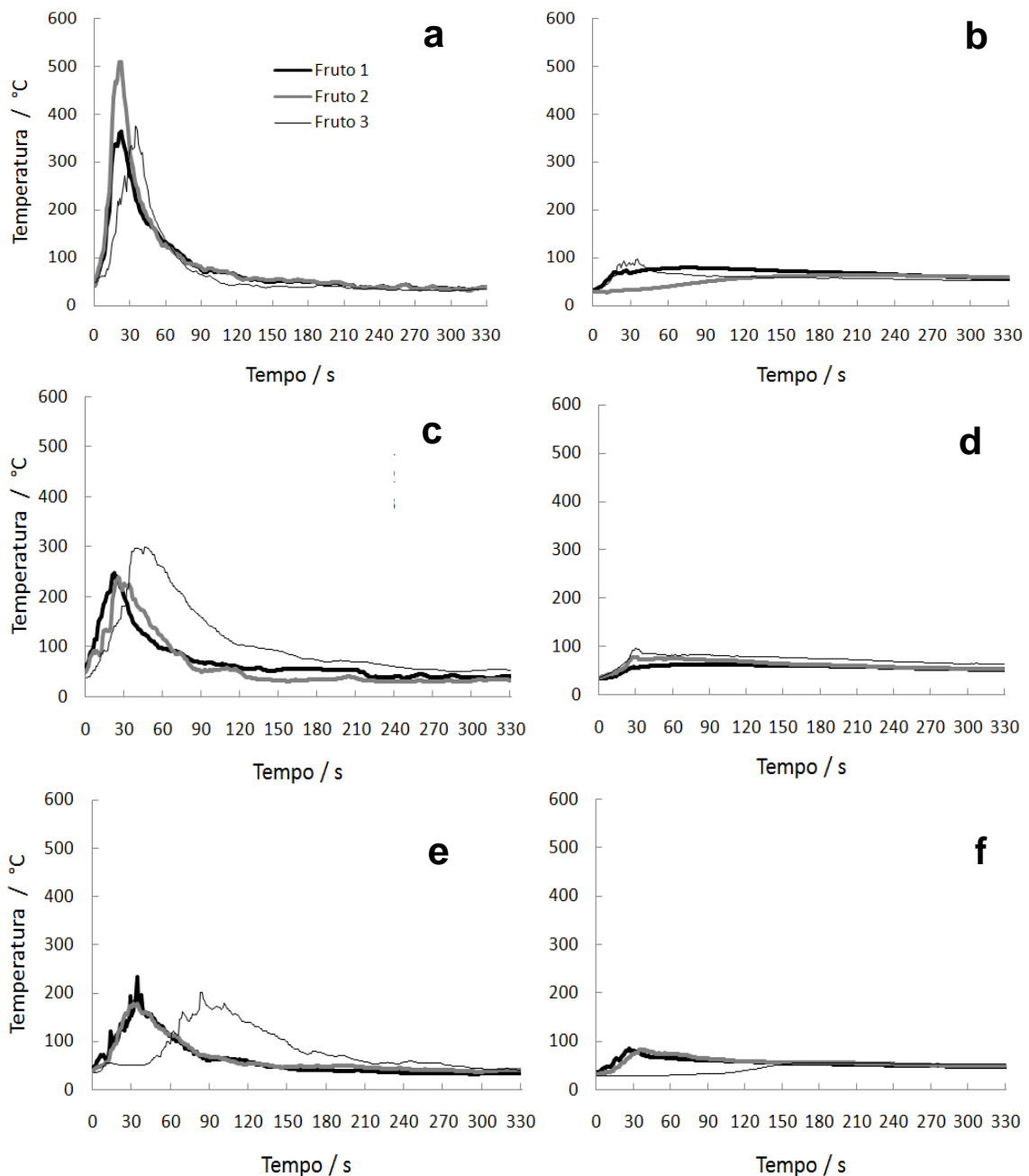


Figura 4. Temperaturas internas e externas de frutos de *Qualea parviflora*, localizados em diferentes alturas na copa, durante queima prescrita em área de cerrado *sensu stricto*, em agosto de 2008, na Reserva Ecológica do IBGE, Brasília, DF. a = temperaturas externas de frutos localizados até 1 m de altura. b = temperaturas internas de frutos localizados até 1 m de altura. c = temperaturas externas de frutos localizados entre 1 e 2 m de altura. d = temperaturas internas de frutos localizados entre 1 e 2 m de altura. e = temperaturas externas de frutos localizados entre 2 e 3 m de altura. f = temperaturas internas de frutos localizados entre 2 e 3 m de altura.

Tabela 1. Médias (\pm erro padrão) das temperaturas máximas internas (Ti) e externas e tempo de residência de temperaturas internas acima de 60°C em frutos de *Qualea parviflora* localizados em diferentes alturas durante queima prescrita em agosto de 2008 em área de cerrado *sensu stricto*. Reserva Ecológica do IBGE, Brasília – DF. Valores nas colunas seguidos de letras diferentes apresentam diferença significativa entre si ($p < 0,05$).

Altura / m	Temperatura / °C		Ti > 60°C / s
	interna	externa	
0 a 1	76 \pm 8 a	393 \pm 41 a	194 \pm 40 a
1 a 2	76 \pm 7 a	257 \pm 14 ab	226 \pm 70 a
2 a 3	70 \pm 8 a	208 \pm 12 b	40 \pm 23 b

Em comparação com as temperaturas observadas antes da passagem da frente de fogo, o aumento de temperatura externa foi de aproximadamente 11 vezes no exterior dos frutos localizados até 1 m de altura, oito vezes nos frutos entre 1 e 2 m e de cinco vezes nos frutos localizados acima de 2 m. Entretanto, o incremento de temperatura no interior dos frutos foi similar nas três classes de altura, sendo aproximadamente três vezes maior que os valores registrados para as temperaturas mensuradas antes da passagem da frente de fogo. Cirne e Miranda (2008) mostraram que o incremento de temperatura no interior de frutos de *K. coriacea* foi de duas vezes a temperatura antes da passagem do fogo, enquanto no exterior dos frutos o aumento foi 19 vezes maior. Essa diferença pode ser consequência da maior espessura da casca do fruto e do conteúdo relativo de água (CRA). A espessura da casca dos frutos de *K. coriacea* é em média de 5,3 mm enquanto da dos frutos de *Qualea parviflora* é de 2,9 mm. Para os frutos de *K. coriacea*, no dia da queimada, o CRA foi de 529 \pm 91% enquanto nos frutos de *Qualea parviflora* foi de 222 \pm 18%. O conteúdo de água nos frutos atua retardando o aquecimento,

uma vez que é necessário evaporar toda a água antes que o fruto atinja temperaturas internas maiores que 100°C (Judd 1993; Judd 1994).

O tempo de residência de temperaturas acima de 60°C no interior dos frutos (Tabela 1) foi similar ($H=7,42$; $GL=2$; $p=0,844$) entre as classes de altura de 0 a 1 m (194 ± 40 s) e 1 a 2 m (226 ± 70 s). Já o tempo de permanência de temperaturas acima de 60°C em frutos da classe de 2 a 3 m foi significativamente menor do que nos frutos localizados até 2 m de altura ($H=7,42$; $GL=2$; $p=0,014$). Embora a temperatura de 60°C seja considerada letal, há trabalhos que reportam que o dano no tecido vegetal depende do seu conteúdo de água e é uma função da temperatura e tempo de exposição (Kayll 1968; Wright 1970). Garcia-Nuñez *et al.* (2001) reportam que sementes de *Palicourea rigida* e *Byrsonima crassifolia* expostas a fluxos de ar quente (70°C) por 30 e 60 minutos não tiveram a viabilidade reduzida. Entretanto, quando expostas a 100°C por 5 e 30 minutos tiveram a viabilidade reduzida. Mercer *et al.* (1994) relatam, para sementes sem tegumento espesso, que a temperatura letal é de 70°C, valor próximo ao registrado no interior dos frutos de *Qualea parviflora*.

Efeito do fogo na abertura dos frutos

Na primeira semana de acompanhamento o total de frutos nos indivíduos marcados na área controle foi de 584. Como não havia frutos entre 0 e 1 m, 97 frutos (17%) estavam na classe de 1 a 2 m e 487 (83%) na classe de 2 a 3 m. Ao final das oito semanas de observação o número de frutos abertos foi de aproximadamente 82% do total inicial (Figura 5). Embora nenhum fruto

tenha permanecido fechado ao fim do período de observações, houve uma perda de 18% do total inicial de frutos, que foi atribuída a predação e aborto.

A área experimental apresentou um total de 293 frutos, sendo 9 (3%) na classe de 0 a 1 m; 149 (51%) na classe de 1 a 2 m e 135 (46%) na classe de 2 a 3 m. Na semana que antecedeu a queima, o número de frutos abertos representava aproximadamente 5% do total inicial, este número passou para 33% na semana subsequente a queima (Figura 6). Nesse mesmo período, na área controle o total de frutos abertos passou de 6% para 18%. A proporção de frutos abertos na semana seguinte à queimada foi significativamente maior ($\chi^2=88,45$; GL=1; $p<0,001$) na área experimental do que na área controle. Na quarta semana de observação a abertura de frutos na área experimental atingiu o seu valor máximo, 44% do total, enquanto na área controle o total de frutos abertos foi de 35% no mesmo período. O máximo de abertura dos frutos na área controle ocorreu na oitava semana de observação, atingindo 82% do total inicial, e foi significativamente maior ($\chi^2=208,90$; GL=1; $p<0,001$) do que o valor máximo de abertura observado na área experimental (44%). Na área experimental, o número de frutos perdidos ao fim do período de observações foi de 34% do total, sendo significativamente maior ($\chi^2=18,126$; GL=1; $p<0,001$) do que a perda na área controle no mesmo período (18%). Além disso, 22% dos frutos na área experimental permaneceram fechados ao fim do período de observações.

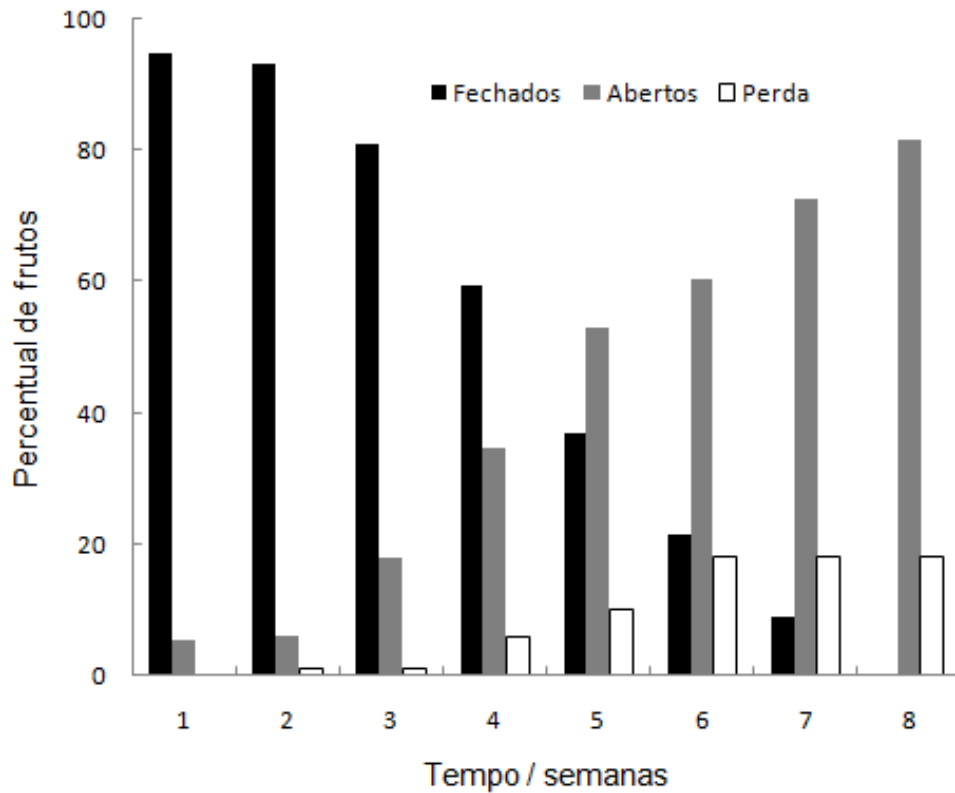


Figura 5. Percentual de frutos abertos e fechados de *Qualea parviflora* em área de cerrado *sensu stricto* protegida contra queima na Reserva Ecológica do IBGE, Brasília, DF. As observações foram realizadas de agosto a outubro de 2008. (n = 584).

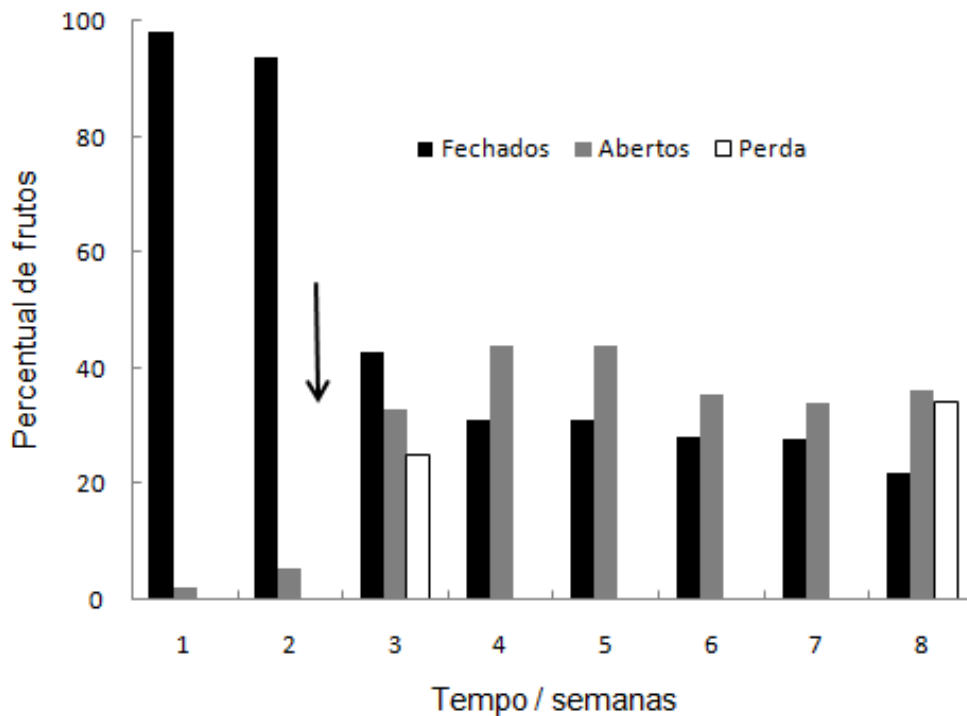


Figura 6. Percentual de frutos abertos e fechados de *Qualea parviflora* em área de cerrado *sensu stricto* submetido a regime de queima bienal em agosto. Reserva Ecológica do IBGE, Brasília, DF. A seta representa a queimada prescrita realizada em 26 agosto de 2008. As observações foram realizadas de agosto a outubro de 2008. (n = 293).

Na área experimental, a abertura dos frutos até 1 m de altura ainda não havia iniciado na semana anterior à queimada, passando para 22% na semana seguinte a queima e para 44% na quarta semana de observação (Figura 7). A perda de frutos foi de 44%, e 12% dos frutos permaneceram fechados até o final do período de observação.

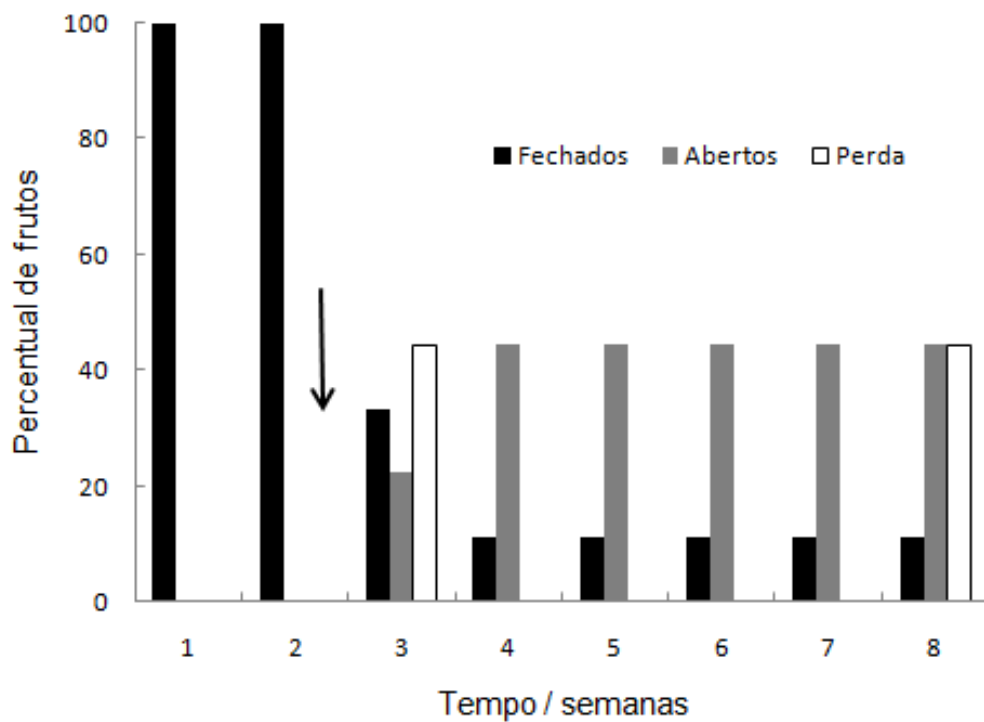


Figura 7. Percentual de frutos abertos e fechados de *Qualea parviflora*, localizados até 1 m de altura, em área de cerrado *sensu stricto* submetido a regime de queima bienal em agosto. Reserva Ecológica do IBGE, Brasília, DF. A seta representa a queimada prescrita realizada em 26 de agosto de 2008. As observações foram realizadas de agosto a outubro de 2008. (n = 9).

O total de frutos abertos dentre os localizados entre 1 e 2 m de altura, na área experimental, foi de 6% na semana anterior à queimada (Figura 8a). Após a passagem da frente de fogo o total de frutos abertos passou para 40%, não

sendo significativamente diferente ($\chi^2=0,39$; GL=1; $p=0,621$) do registrado na área controle no mesmo período (40% - Figura 8b). Nesta classe de altura, o máximo de abertura de frutos foi de 55% na área experimental e de 59% na área controle, ambos registrados na quarta semana de observação e sem diferença significativa entre si ($\chi^2=0,02$; GL=1; $p=0,993$). O total de frutos perdidos foi de 28% na área experimental e de 41% na área controle com diferença significativa entre eles ($\chi^2=5,478$; GL=1; $p=0,027$). Entretanto, na área experimental, 17% dos frutos permaneceram fechados ao fim do período de observações.

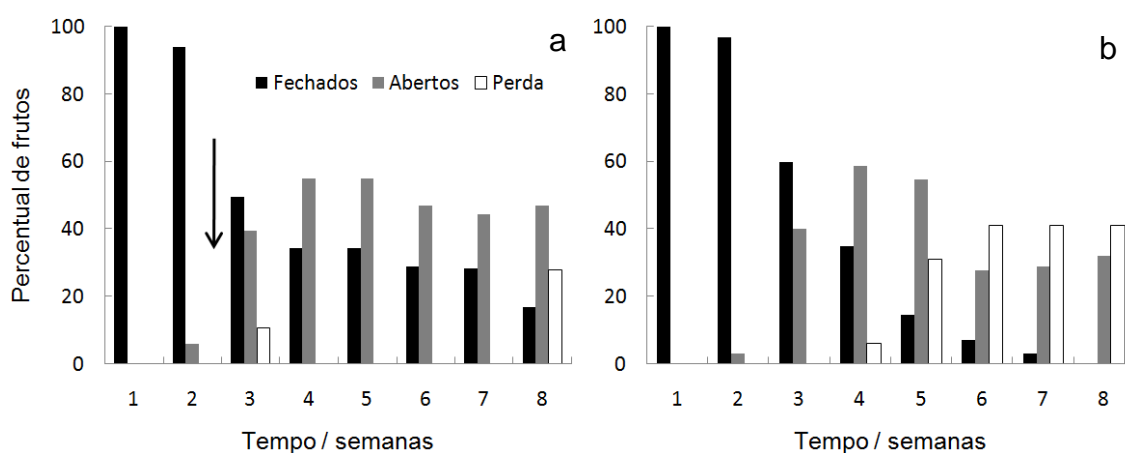


Figura 8. Percentual de frutos abertos e fechados de *Qualea parviflora*, localizados entre 1 e 2 m de altura, em área de cerrado *sensu stricto* submetido a diferentes regimes de queima - (a) queima bienal em agosto, (b) protegida contra o fogo por 14 anos - na Reserva Ecológica do IBGE, Brasília, DF. A seta representa a queimada prescrita realizada em 26 de agosto de 2008. As observações foram realizadas de agosto a outubro de 2008. (n = 149 na área experimental e 97 na área controle).

Para os frutos localizados acima de 2 m, na área experimental a abertura dos frutos foi de 5% na semana anterior à queimada e de 26% na semana seguinte (Figura 9a). Este aumento no percentual de frutos abertos foi

significativamente maior ($\chi^2=38,624$; $GL=1$; $p<0,001$) do que o registrado na área controle no mesmo período: de 7% para 13% (Figura 9b). Na área controle, o máximo de abertura registrado foi de 92% e ocorreu na oitava semana de observação. Já na área experimental, o valor máximo de frutos abertos foi de 32% registrado na quarta semana de observação. O valor máximo na área controle foi significativamente maior ($\chi^2=269,132$; $GL=1$; $p<0,001$) do que o registrado na área experimental. O total de frutos perdidos foi significativamente maior ($\chi^2=298,501$; $GL=1$; $p<0,001$) na área experimental do que na área controle. A perda de frutos foi de 40% na área experimental e de 8% na área controle. Na área experimental, 28% dos frutos permaneceram fechados ao fim do período de observações.

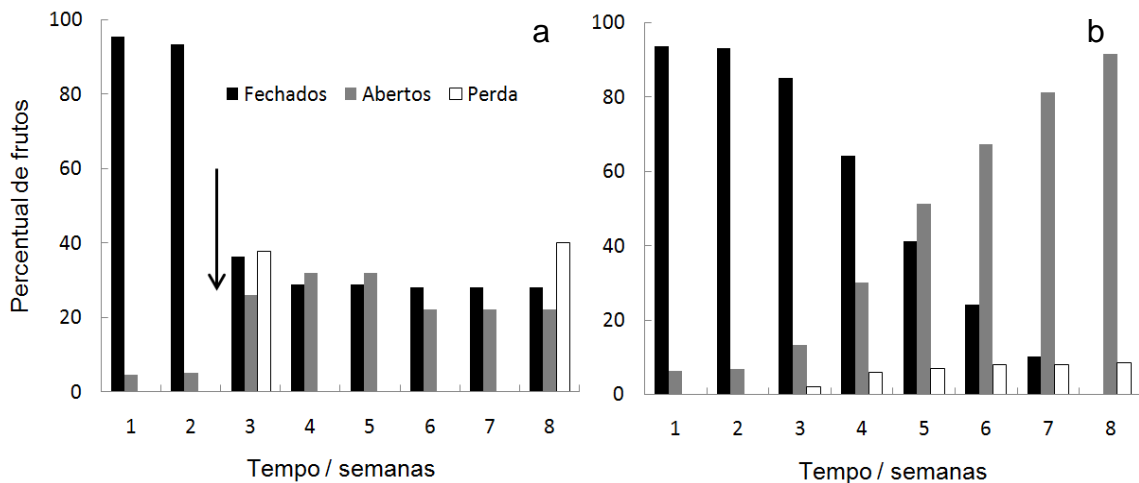


Figura 9. Percentual de frutos abertos e fechados de *Qualea parviflora*, localizados entre 2 e 3 m de altura, em área de cerrado *sensu stricto* submetido a diferentes regimes de queima - (a) queima bienal em agosto, (b) protegida contra o fogo por 14 anos - na Reserva Ecológica do IBGE, Brasília, DF. A seta representa a queimada prescrita realizada em 26 de agosto de 2008. As observações foram realizadas de agosto a outubro de 2008. (n = 135 na área experimental e 487 na área controle).

O dano total (perda+fechados) causado pela queimada nos frutos foi de 56% até 1 m de altura, de 45% entre 1 e 2 m de altura e de 68% para os frutos localizados acima de 2 m de altura. Só foi verificada diferença significativa ($\chi^2=4,416$; GL=1; $p=0,048$) na comparação entre o dano total nas classes de 1 a 2 m e 2 a 3 m.

A distribuição desigual de frutos na copa dos indivíduos de *Qualea parviflora* entre as duas áreas pode ser resultado do regime de queima. Estudos mostram que *Q. parviflora* é uma espécie que apresenta alta mortalidade em regime de queima freqüente. Embora Medeiros e Miranda (2008) não tenham registrado morte de indivíduos de *Qualea parviflora* após três queimadas anuais em campo sujo, Sato (2003) registrou taxa acumulada de mortalidade de 35% após cinco queimas bienais (1992 a 2000) no meio da estação seca na mesma área onde o presente estudo foi realizado. Estas taxas de mortalidade são superiores as encontradas por Aquino *et al.* (2007) em um estudo da dinâmica populacional de espécies de cerrado *sensu stricto* no município de Balsas – MA. Neste trabalho, os autores relatam taxas de mortalidade entre 0,8% e 1,3% ao ano para *Qualea parviflora* em uma área protegida contra queima. Os danos causados na estrutura da copa pelo fogo podem ser resultantes da perda da parte aérea (*topkill*) ou da perda de ramos. Nos dois casos, a freqüência de queima (Hoffmann 1998; Hoffmann & Solbrig 2003; Medeiros & Miranda 2005, 2008) e a proteção oferecida pela casca ao tecido do câmbio são fatores determinantes (Whelan 1995). Guedes (1993) estabeleceu que para espécies lenhosas do cerrado, a casca deve ter espessura mínima de 6 mm para que ofereça proteção efetiva ao câmbio. Já Hoffmann & Solbrig (2003) argumentam que a espessura da casca para que

ocorra 50% de topkill vai variar de acordo com a intensidade da queima. Para estes autores, a espessura mínima da casca varia entre 9 a 13 mm para queimadas de alta intensidade e de 6 a 7 mm para as de baixa intensidade. Desta forma, embora a altura média das chamas em queimadas de Cerrado seja de 1,2 a 2,9 m (Castro & Kauffann, 1998), os ramos mais baixos, ou aqueles expostos a corrente de ar quente, e que não possuam casca espessa para uma proteção efetiva do cambio, podem ser danificados alterando a estrutura da copa e conseqüentemente a distribuição de frutos na copa. O regime de queimas na área experimental pode ter reduzido o número de ramos e a altura dos indivíduos, enquanto na área controle, protegida contra queimadas há 14 anos, o desenvolvimento dos indivíduos não sofreu danos dessa natureza.

A passagem da frente de fogo estimulou a abertura dos frutos na área experimental. O fogo pode estimular a deiscência dos frutos a partir do dessecamento dos mesmos (Judd 1994) ou da morte do câmbio vascular que supre os frutos com água (Gill 1976), sendo esta última, em casos severos, também uma forma de perda de frutos. Enquanto na área experimental o número de frutos abertos aumentou cerca de seis vezes após a queima, na área controle o aumento no mesmo período foi de três vezes. Entretanto, o máximo de abertura na área experimental chegou a apenas 44% do total inicial, contrastando com a área controle onde o máximo de frutos abertos foi de 82%. Isso mostra que mesmo com um estímulo à abertura de frutos após a queima, o número final de frutos abertos foi menor na área experimental do que na área controle.

A perda de frutos na área controle no período entre a segunda e a terceira semana foi de menos de 1% do total, enquanto na área experimental esta perda foi de aproximadamente 24%. Ao fim do período de observações a perda de frutos foi maior na área experimental do que na área controle, mostrando que na área experimental a perda total não é só resultante de predação e aborto, mas também da ação do fogo. Além disso, 22% dos frutos da área experimental não abriram, representando outra forma de perda do investimento reprodutivo. Landim e Hay (1996) observaram dano após o fogo em 60% dos frutos de *Kielmeyera coriacea*, enquanto em uma área protegida contra queima foi observado dano em apenas 8% dos frutos. O conteúdo relativo de água para a abertura dos frutos de *Qualea parviflora* foi de $160 \pm 26\%$, valor este significativamente menor ($t = -16,099$; $GL=49$; $p < 0,001$) do que o obtido para os frutos fechados no dia da queimada que foi de $222 \pm 18\%$. O maior CRA no dia da queima mostra que os frutos na área experimental ainda não haviam alcançado o estágio de dispersão das sementes, ressaltando a ação do fogo no aumento da deiscência dos frutos. Esses dados mostram que na área submetida à queima a deiscência dos frutos foi estimulada pelo fogo. Mesmo assim, o número final de frutos abertos foi menor do que na área controle. No estudo de Cirne e Miranda (2008) o total de indivíduos de *Kielmeyera coriacea* com frutos abertos passou de 20%, na quinzena anterior a queimada, para 100% na quinzena seguinte. Nesse mesmo estudo o número de frutos que não abriram após a queima de agosto foi de 34%. O aumento na deiscência dos frutos após a queimada pode ser uma estratégia de exploração de ambientes favoráveis, oriundos da passagem da frente de fogo, à germinação e ao estabelecimento (Whelan 1995).

Existem registros de várias espécies dispersando suas sementes logo após o fogo no Cerrado. Coutinho (1977) relata que as espécies *Anemopaegma arvensis*, *Gomphrena macrocephala*, *Jacaranda decurrens* e *Nautonia nummularia*, todas do estrato herbáceo-subarbusivo de Cerrado, têm a deiscência de seus frutos estimulada pela queima. Já Cirne e Miranda (2008) mostram o mesmo efeito do fogo na deiscência dos frutos de *Kielmeyera coriacea*, uma espécie do estrato arbustivo de Cerrado. Além de haver espécies que dispersam seus propágulos logo após a queima, o fogo remove a vegetação do estrato rasteiro facilitando a dispersão e o contato da semente com o solo (Coutinho 1977). A remoção do estrato rasteiro pelo fogo ainda resulta em um ambiente com maior disponibilidade de luz e nutrientes (Hanley & Fenner 1997). Estas parecem ser vantagens para as sementes de espécies que dispersam prontamente após a queima, entretanto, segundo Oliveira (1998), a dispersão das espécies lenhosas anemocóricas de Cerrado ocorre logo antes do início da estação chuvosa, pois este é o momento propício para a germinação e estabelecimento de plântulas. Dessa forma, a estratégia de dispersão após a queimada é mais eficiente em queimadas ocorridas no fim da estação seca devido à proximidade do período de chuvas.

Os dados acerca do dano total nos frutos nas diferentes alturas mostram que aqueles localizados nas classes de 0 a 1 m e de 2 a 3 m são os mais prejudicados após a queimada. A altura até 1 m de é aquela onde são registradas as maiores temperaturas durante uma queimada de cerrado (Miranda *et al.* 1996), enquanto acima de 2 m os frutos estão expostos a correntes convectivas com temperaturas que podem atingir 260 °C (Miranda *et al.* 1993). Esses dois fatores em conjunto podem ser os responsáveis pelo

grande dano nas alturas mencionadas, indicando a classe de 1 a 2 m de altura como a menos prejudicada pela queimada.

Efeito do fogo na germinabilidade das sementes

As sementes coletadas dos frutos da área controle apresentaram germinabilidade de 90,0% e 88,0% nas alturas de 1 a 2 m e 2 a 3 m respectivamente, sem diferença significativa entre elas ($t = 0,326$; $p > 0,05$; Tabela 2). Na área experimental, as sementes coletadas antes da queima apresentaram germinabilidade de 97,9% e 93,6% nas alturas de 1 a 2 m e 2 a 3 m respectivamente, também sem diferença significativa entre elas ($t = 1,103$; $p > 0,05$; Tabela 2). Antes da queima, os valores de germinabilidade para as sementes coletadas de frutos da área controle e da área experimental não apresentam diferenças significativas para os frutos localizados na classe de altura de 1 a 2 m ($t = 1,780$; $p > 0,05$), bem como para aqueles localizados na classe de 2 a 3 m ($t = 0,989$; $p > 0,05$).

Após a queima, na área experimental, foram obtidas apenas 16 sementes dos frutos localizados até 1 m de altura, 60 sementes dos frutos localizados entre 1 e 2 m e 28 sementes dos frutos localizados acima de 2 m de altura. Nenhuma semente da classe de 0 a 1 m de altura germinou. A germinabilidade das demais sementes foi de 16,7% para a altura de 1 a 2 m e 17,9% para a altura de 2 a 3 m, sem diferença significativa entre elas ($t = 0,139$; $p > 0,05$; Tabela 2). Estes valores de germinabilidade foram significativamente menores do que os obtidos para as sementes coletadas na

área controle para a classe de altura de 1 a 2 m ($t = 8,726$; $p < 0,05$) e para a classe de 2 a 3 m ($t = 6,656$; $p < 0,05$).

As sementes dos frutos que permaneceram fechados após a queimada apresentaram germinabilidade de 10,0% e 22,5% para as alturas de 1 a 2 m e 2 a 3 m respectivamente, sem diferença significativa entre elas ($t = 1,542$; $p > 0,05$). As sementes dos frutos localizados até 1 m de altura não germinaram. Os valores de germinabilidade das sementes de frutos que permaneceram fechados após a queima não são significativamente diferentes dos obtidos para sementes de frutos que abriram após a queima.

Tabela 2. Germinabilidade de sementes de *Qualea parviflora* em área protegida contra queima (controle) e em área submetida a regime de queima bienal em agosto (experimental). As sementes da área experimental foram coletadas de frutos que abriram após a queimada de 26 de agosto de 2008 (frutos abertos) e de frutos que permaneceram fechados um mês após a queimada (frutos fechados) em área de cerrado *sensu stricto* na Reserva Ecológica do IBGE, Brasília – DF. n = número de sementes. Valores seguidos de letras diferentes apresentam diferença significativa entre si.

Altura / m	Área	n	Germinabilidade / %
0 a 1	Controle	-	-
	Experimental (frutos abertos)	16	0,0a
	Experimental (frutos fechados)	40	0,0a
1 a 2	Controle	50	90,0b
	Experimental (frutos abertos)	60	16,7c
	Experimental (frutos fechados)	40	10,0c
2 a 3	Controle	50	88,0b
	Experimental (frutos abertos)	28	17,9c
	Experimental (frutos fechados)	40	22,5c

A comparação entre a germinabilidade das sementes da área controle e da experimental antes da queima mostra que os atuais regimes de queima não afetam a germinabilidade das sementes. Entretanto, o fogo afetou negativamente a germinabilidade das sementes de *Qualea parviflora* quando comparada à área experimental antes da queima e à área controle (Tabela 2). Este tipo de redução na germinabilidade foi relatado por Ramos (2004) em seu estudo do efeito de diferentes regimes de queima na reprodução de *Mimosa clausenii*. Neste trabalho a autora encontrou reduções pós-fogo na germinabilidade de sementes de 97% para 30% em frutos localizados entre 1 e 2 m de altura e de 87% para 52% em frutos acima de 2 m de altura. Já Cirne e Miranda (2008) reportam efeitos positivos de queimadas na germinabilidade de *Kielmeyera coriacea*. Neste estudo, sementes de frutos fechados coletados antes da queima não germinaram em testes de laboratório, enquanto sementes coletadas de frutos que abriram após a queimada tiveram germinabilidade de cerca de 70%. Os autores atribuem essa diferença ao estágio incompleto de maturação das sementes no período anterior à queima, e a proteção efetiva oferecida pelo fruto às sementes que, mesmo expostas a altas temperaturas completaram sua maturação.

Para *Qualea parviflora*, os dados sugerem que o escape às altas temperaturas ocorre acima de 1m de altura. Nenhuma semente coletada abaixo dessa altura germinou, enquanto para aquelas coletadas acima de 1 m a germinabilidade foi cerca de 17%, sem diferença entre as classes de 1 a 2 m e de 2 a 3 m. Os frutos localizados até 2 m de altura foram expostos a temperaturas maiores que 60°C por um período de tempo significativamente maior dos que os localizados acima de 2 m de altura (Tabela 3). Mesmo tendo

sido expostas por menos tempo a temperaturas letais (ver Tabela 1), as sementes localizadas acima de 2 m de altura não tiveram germinabilidade diferente daquelas localizadas entre 1 e 2 m (Tabela 3). Alguns trabalhos mostram que sementes expostas por poucos segundos a altas temperaturas tem sua viabilidade reduzida. Judd & Ashton (1991) encontraram viabilidade reduzida de sementes de três espécies da família Myrtaceae na Austrália. Todas as espécies tiveram a germinabilidade de suas sementes reduzida após 20 s a 250°C, exceto para agregados (*clusters*) de frutos que foram submetidos a esta temperatura por mais de 100 s. Bradstock *et al.* (1994) relatam que a temperatura não teve efeito significativo na viabilidade de sementes de duas espécies de *Hakea*, enquanto para outras quatro espécies do mesmo gênero a temperatura reduziu significativamente a viabilidade das sementes. Os frutos das seis espécies de *Hakea* foram expostos a ar seco com temperaturas entre 200°C e 800°C por 1 minuto. As duas espécies que não sofreram redução de viabilidade foram aquelas que possuíam os maiores frutos dentre as seis estudadas, mostrando a eficiência do isolamento térmico oferecido pela casca do fruto. Estes estudos mostram que existem diferentes limites de tempo e temperatura aos quais as sementes podem ser expostas sem que percam totalmente a viabilidade.

Para o Cerrado, alguns estudos mostram diferentes efeitos da temperatura na germinação de espécies arbóreas nativas. Andrade *et al.* (1997) encontraram efeito positivo na germinação de sementes de *Bowdichia virgilioides* quando imersas em água a 100°C por 2 minutos. A germinação do grupo controle foi de 2% e de 10% para as sementes submetidas ao tratamento. Embora o tratamento tenha resultado em maior germinação, foi

observado um elevado número de plântulas anormais (25%) enquanto nenhuma ocorreu no grupo controle. Martins *et al.* (1992) encontraram perda total de germinabilidade de sementes de *Mimosa caesalpiniaefolia* após imersão em água quente (100°C) por 3 e 5 minutos. Já Eira *et al.* (1993) reportam quebra de dormência de cerca de 50% em sementes de *Enterolobium contortisiliquum* submetidas ao mesmo tratamento.

Tabela 3. Média (\pm erro padrão) do tempo de residência de temperaturas internas (Ti) maiores que 60°C e germinabilidade de sementes de *Qualea parviflora* em área submetida a regime de queima bienal em agosto. As sementes foram coletadas de frutos que abriram após a queimada de agosto de 2008 (Abertos) e de frutos que permaneceram fechados um mês após a queimada (Fechados). Reserva Ecológica do IBGE, Brasília – DF. n = número de sementes. Valores nas colunas seguidos de letras diferentes apresentam diferença significativa entre si.

Altura / m	Frutos	Ti > 60°C / s	Germinabilidade / %
0 a 1	Abertos	194 \pm 40a	0,0a
	Fechados		0,0a
1 a 2	Abertos	226 \pm 70a	16,7b
	Fechados		10,0b
2 a 3	Abertos	40 \pm 23b	17,9b
	Fechados		22,5b

O efeito de choque térmico em sementes também é relatado para algumas espécies do estrato arbustivo e herbáceo-subarbustivo de Cerrado. O trabalho de Schmidt *et al.* (2005) mostra que a germinabilidade das sementes da espécie arbustiva *Heteropterys pteropetala* não é afetada por temperaturas de 60°C (40 minutos), de 80°C (10 minutos) e nem de 100°C (2,5 minutos). Contudo, a exposição a 100°C por 5 e 10 minutos reduziu significativamente a germinabilidade, e a exposição a 200°C por 1 minuto foi letal para as sementes. Overbeck *et al.* (2006), estudaram o efeito da exposição a diferentes

temperaturas em espécies herbáceas do Cerrado. Neste estudo, foi utilizado aquecimento por ar seco durante 2 minutos nas temperaturas de 70°C, 90°C, 110°C, 130°C, 150°C e 180°C. A espécie *Eryngium horridum* não teve sua germinação afetada pela temperatura de 70°C, mas foi afetada negativamente pelas temperaturas de 90°C, 110°C e 130°C. Já as temperaturas de 150°C e 180°C foram letais para as sementes. Para *Eryngium pristis*, os efeitos do aquecimento só foram significativos nas temperaturas de 150°C e 180°C quando a germinação foi 2% e 0% respectivamente. As diferenças encontradas entre os resultados destes trabalhos podem ser explicadas pela diferença no tamanho das sementes e seu conteúdo de água, bem como pela utilização de ar seco e água nos experimentos. Os trabalhos que utilizaram água como meio de aquecimento das sementes têm suas condições mais próximas às do interior dos frutos carnosos do que aqueles que utilizaram ar seco, que seria mais adequado para simular o interior de frutos secos.

As sementes de *Qualea parviflora* localizadas entre 2 e 3 m de altura foram expostas a temperaturas acima de 60°C por pouco mais que 40 s e tiveram sua germinabilidade reduzida em mais de 65%. A temperatura máxima no interior dos frutos não ultrapassou 100°C em nenhuma das classes de altura e as médias ficaram em torno de 70°C. Isso mostra que temperaturas de 60°C, ou pouco superiores, são letais para as sementes de *Qualea parviflora* mesmo em curtos períodos de exposição.

A germinabilidade das sementes dos frutos que permaneceram fechados um mês após a queimada não foi significativamente diferente daquela observada para sementes de frutos que abriram após a queima. Assim, mesmo que a proteção oferecida pela casca dos frutos seja suficiente para manter a

germinabilidade das sementes, ainda que em níveis reduzidos, o fogo pode interromper o processo de abertura dos frutos. Isto não ocorreu na área controle onde todos os frutos abriram ou foram perdidos. Dessa forma, embora existam sementes viáveis na copa de *Qualea parviflora* após uma queimada, muitas delas permanecem em frutos que não abrirão, o que representa uma perda adicional da produção anual. Na área experimental, antes da queima, havia um total de 293 frutos de *Qualea Parviflora*, com cada fruto possuindo aproximadamente 3 sementes, resultando em 879 sementes. Já na área controle o total de frutos foi de 584, resultando em aproximadamente 1752 sementes. O dano total (perda+fechados) na área experimental foi de 56% o que resulta em aproximadamente 492 sementes inviabilizadas. Apenas 12 sementes sobreviveram a queima nos frutos localizados até 1 m de altura. Entretanto, a germinabilidade pós-fogo nessa classe de altura é zero. Na classe de altura entre 1 e 2 m sobreviveram aproximadamente 246 sementes, com germinabilidade de 16,7%. Para os frutos localizados acima de 2 m de altura, o número de sementes que sobreviveram após a queima foi de 129 com germinabilidade de 17,9%. Assim, nesta área, apenas 64 sementes poderiam germinar após a passagem do fogo: 0 sementes provenientes dos frutos localizados na classe de 0 a 1 m de altura, 41 e 23 sementes dos frutos localizados nas classes de 1 a 2 m e 2 a 3 m respectivamente. Entretanto, estas sementes ainda têm um longo período de tempo (cerca de 40 dias) até o início da estação chuvosa, podendo ser predadas ou perderem sua viabilidade (Oliveira 1998) o que pode aumentar a perda de sementes na área queimada.

Efeitos do fogo na produção de frutos

No período de outubro de 2008 a outubro de 2009, o número de indivíduos de *Q. parviflora* produzindo flores foi significativamente maior ($G = 5,2690$; $GL = 1$; $p=0,027$) na área submetida à queimada prescrita do que na controle: quatro na área controle e oito na queimada. O número de ramos secundários com inflorescências foi maior ($\chi^2=10,123$; $GL= 1$; $p=0,02$) na área queimada (34) do que na controle (15). A produção de botões florais na área controle (384) foi significativamente menor ($H=18,774$; $GL=1$; $p<0,001$; Figura 1) que a produção na área queimada (2319). Dos botões iniciados em cada área, 106 resultaram em flores na controle e 635 na queimada. Embora a produção de flores tenha sido significativamente maior ($H=7,053$; $GL=1$; $p=0,007$) na área queimada (Figura 2), a conversão de botões em flores foi aproximadamente a mesma (27%) nas duas áreas. Na área controle foram produzidos 90 frutos enquanto na queimada foram produzidos 531 (Figura 3). Cerca de cinco meses após o início da floração, houve produção de inflorescências na área experimental, porém estas não produziram frutos. O total de frutos produzidos nas duas áreas representou aproximadamente 23% dos botões iniciados e 84% das flores (Tabela 1). Embora a proporção de botões que resultam em frutos seja semelhante nas duas áreas, a produção de frutos foi significativamente maior na área queimada ($H=20,584$; $GL=1$; $p<0,001$) do que na controle.

Na estação reprodutiva seguinte, outubro de 2009 a agosto de 2010, nenhum indivíduo marcado na área experimental produziu inflorescências, enquanto na controle nove indivíduos iniciaram seu ciclo reprodutivo, sendo

que um deles morreu cinco meses após o início das observações. Foram registrados 66 ramos secundários produzindo inflorescências. Neste período, tanto o número de indivíduos florindo quanto o número de ramos secundários com inflorescências foram significativamente maiores ($G=10,238$; $GL=1$; $p<0,001$; $\chi^2=54,384$; $GL=1$; $p<0,001$) do que no período anterior (2008/2009). Foram produzidos 1307 botões dos quais 290 (22%) desenvolveram flores e a produção de frutos foi de 226, representando 17% do total inicial de botões e 78% das flores (Tabela 1). Em relação ao período anterior (2008/2009), não houve diferença significativa entre as produções de botões ($H=0,525$; $GL=1$; $p=0,468$) e flores ($H=0,551$; $GL=1$; $p=0,457$). No entanto, a produção de frutos no período de 2009/2010 foi significativamente maior ($H=38,730$; $GL=1$; $p<0,001$) do que a no período de 2008/2009.

Tabela 4. Produção de botões, flores e frutos (média \pm erro padrão) por ramos secundários de *Qualea parviflora* em área protegida contra queima (controle) e em área submetida a regime de queima bienal em agosto (experimental), em área de cerrado *sensu stricto* na Reserva Ecológica do IBGE, Brasília – DF. “Fruit set” de botões para frutos (B/Fr) e flores para frutos (F/Fr). Letras maiúsculas comparam dois períodos de uma mesma área; letras minúsculas comparam duas áreas em um mesmo período. Valores seguidos de letras diferentes apresentam diferença significativa entre si.

	2008/2009		2009/2010	
	Controle	Experimental	Controle	Experimental
Botões	4,3 \pm 3,7 a,A	25,8 \pm 12,7 b	14,5 \pm 5,9 A	-
Flores	1,2 \pm 1,3 a,A	7,1 \pm 4,1 b	3,2 \pm 1,5 A	-
Frutos	1,0 \pm 0,9 a,A	5,9 \pm 3,6 b	2,5 \pm 1,1 B	-
B/Fr (%)	23 a,A	23 a	17 B	-
F/Fr (%)	85 a,A	84 a	78 A	-

n=90 ramos secundários

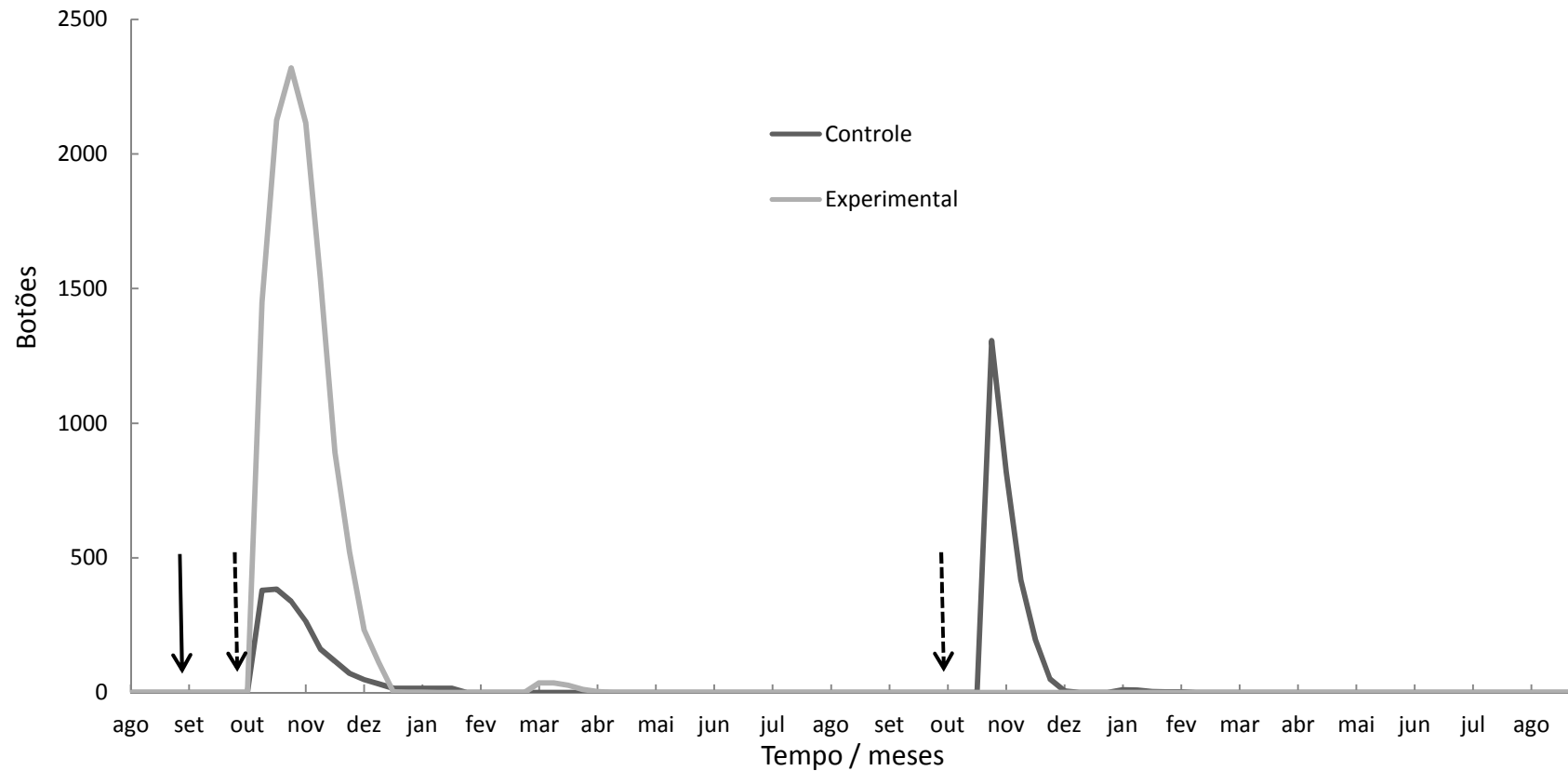


Figura 10. Produção de botões de *Qualea parviflora* de agosto de 2008 a agosto de 2010 em área de cerrado *sensu stricto* protegida contra queima por 14 anos (controle) e em área submetida à queima bienal na estação seca (experimental) na Reserva Ecológica do IBGE, Brasília - DF. A queima realizada em 26 de agosto de 2008 na área experimental está representada pela seta preta. O início da estação chuvosa (>10 mm) em cada período está representado pelas setas pontilhadas. n=90 ramos secundários.

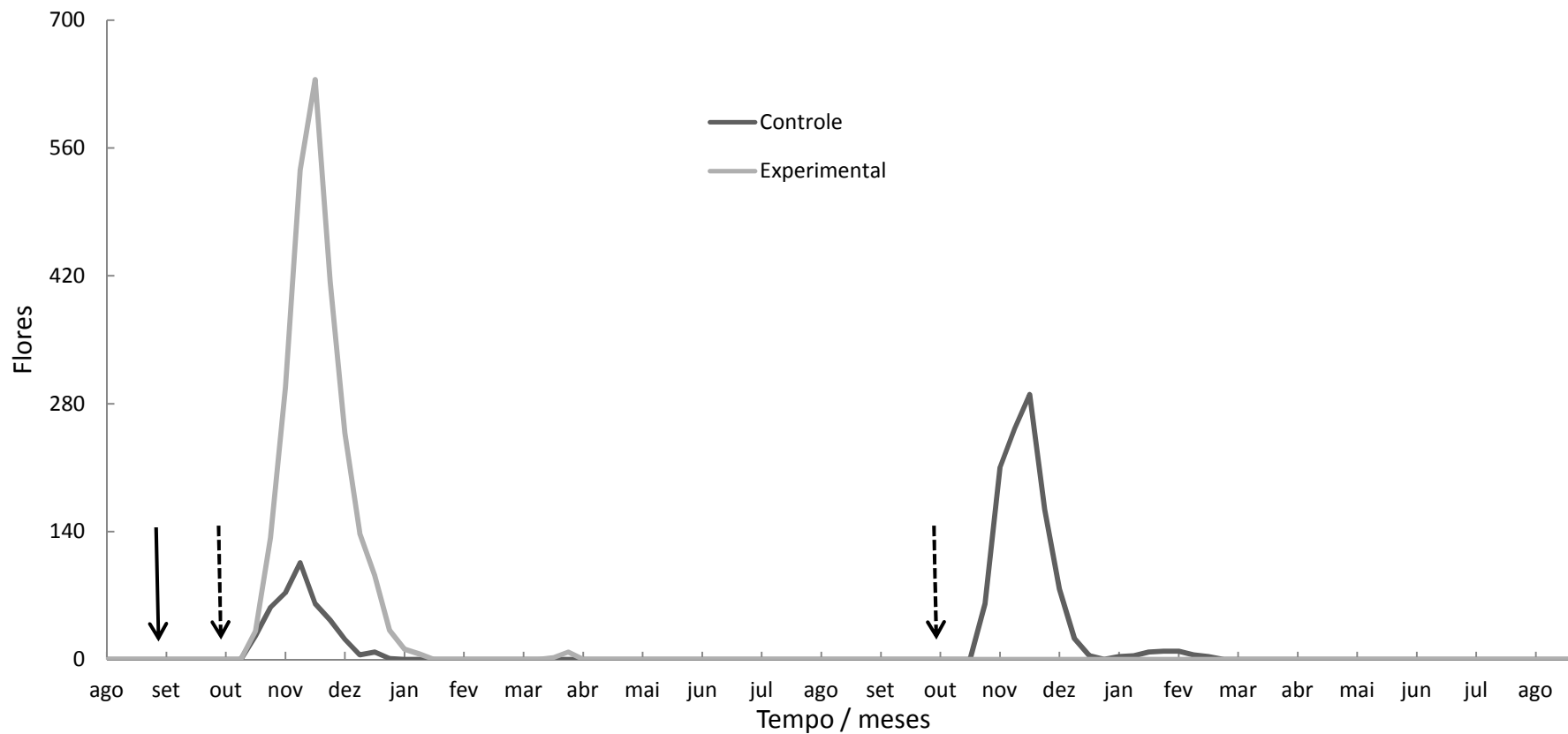


Figura 11. Produção de flores de *Qualea parviflora* de agosto de 2008 a agosto de 2010 em área de cerrado *sensu stricto* protegida contra queima por 14 anos (controle) e em área submetida à queima bienal na estação seca (experimental) na Reserva Ecológica do IBGE, Brasília - DF. A queima realizada em 26 de agosto de 2008 na área experimental está representada pela seta preta. O início da estação chuvosa (>10 mm) em cada período está representado pelas setas pontilhadas. n=90 ramos secundários.

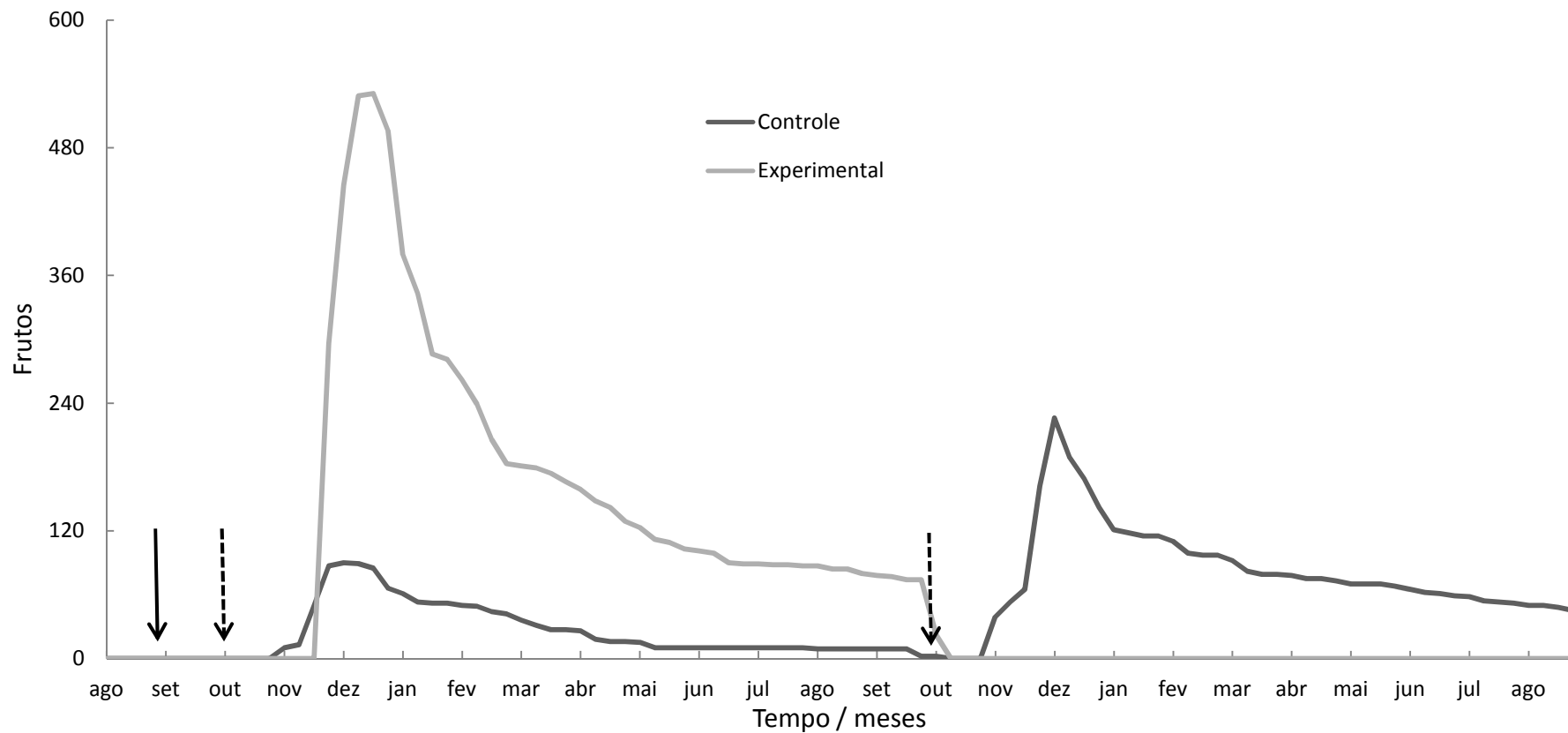


Figura 12. Produção de frutos de *Qualea parviflora* de agosto de 2008 a agosto de 2010 em área de cerrado *sensu stricto* protegida contra queima por 14 anos (controle) e em área submetida à queima bienal na estação seca (experimental) na Reserva Ecológica do IBGE, Brasília - DF. A queima realizada em 26 de agosto de 2008 na área experimental está representada pela seta preta. O início da estação chuvosa (>10 mm) em cada período está representado pelas setas pontilhadas. n=90 ramos secundários.

Embora a produção de botões, flores e frutos tenha sido maior na área queimada, o percentual de botões que desenvolvem flores (27%) e frutos (23%) foi o mesmo nas duas áreas para o período outubro de 2008 a outubro de 2009. A maior parte dos botões iniciados foi perdida antes de desenvolver flores (73%), no entanto, a maior parte das flores produzidas desenvolveu frutos (84%). Este perda de botões pode ser uma estratégia, do ponto de vista energético, em investir em estruturas mais dispendiosas que resultem em frutos (Silva 1998). Para *Q. multiflora*, Del-Claro *et al.* (1996) relatam que cerca de 48% dos botões iniciados desenvolveram frutos. Valor superior ao encontrado para *Q. parviflora*, indicando diferenças no investimento de recursos nas estruturas reprodutivas entre as duas espécies. Já para *Rourea induta* o “fruit set” de flores para frutos ficou entre 25% e 40% dependendo da morfologia floral (Lenza *et al.* 2008). Segundo os autores, estes valores de “fruit set” sugerem um elevado potencial reprodutivo da espécie e que o serviço de polinização é eficaz, o que também pode ser verdade para *Q. parviflora*. Assim, tanto o “fruit set” de botões para frutos e de flores para frutos indicam um elevado potencial reprodutivo de *Q. parviflora*, que parece não ser afetado na primeira estação reprodutiva pós-fogo. Embora alguns trabalhos relatem diminuição na produção de frutos em decorrência do menor número de polinizadores após uma queimada (Felfili *et al.* 1999, Miola *et al.* 2010), para *Q. parviflora* não houve diferença significativa no percentual de frutos formados na área controle e na experimental após a queima. Tal fato sugere que os polinizadores de *Q. parviflora* não foram afetados pela queima, e que, mesmo que a produção de botões e flores tenha sido estimulada pelo fogo, os polinizadores agiram de forma semelhante nas duas áreas. Entretanto, as

inflorescências produzidas na área experimental cinco meses após o máximo de floração (Figuras 1 e 2) não resultaram em frutos (Figura 3), talvez pela falta de polinizadores na área, ou como consequência do gasto de recursos investidos na intensa floração pós-fogo e na reposição da parte vegetativa.

Uma floração mais intensa após um evento de queima tem sido reportada para espécies do estrato rasteiro do Cerrado (Haddad e Valio 1993, Munhoz e Felfili 2005). Para espécies lenhosas e/ou do estrato arbóreo do Cerrado, Miranda (1995), Silva *et al.* (1996), Hoffmann (1998), Benezar e Pessoni (2006) e Miola *et al.* (2010) relatam o efeito positivo do fogo na floração. A intensa floração observada após o fogo pode ser resultado da maior disponibilidade de luz e nutrientes, principalmente nitrogênio e cátions (Kauffman *et al.* 1997). Além destes fatores, o início da estação chuvosa também pode contribuir para uma floração mais intensa funcionando como “gatilho” ambiental do início da floração (Oliveira 1998). Este conjunto de fatores poderia explicar a diferença observada na intensidade da floração de *Q. parviflora*, entre as áreas controle e experimental no período reprodutivo seguinte a queimada. O início da estação chuvosa marcou o início do ciclo reprodutivo nas duas áreas, no entanto, havia na área experimental maior disponibilidade de luz e nutrientes em decorrência da queimada. No período reprodutivo seguinte (2009/2010), o início da estação chuvosa coincidiu novamente com o início do ciclo reprodutivo de *Q. parviflora* na área controle, no entanto, na área experimental os indivíduos não iniciaram seu ciclo reprodutivo. Embora tenha havido um grande investimento em botões, flores e frutos imediatamente após a queima, houve também investimento para repor a parte vegetativa perdida durante a queimada, o que pode significar

investimento das reservas e, portanto, ausência de flores na próxima estação reprodutiva. Padrão semelhante foi observado por Hoffmann (1998) para *Piptocarpha rotundifolia* que apresentou alta produção após a queima e floração menos intensa até três anos após a queima.

Segundo Silva (1998), *Q. grandiflora* tende a alternar períodos de alta produção de botões e flores com períodos de menor produção. Segundo Whelan (1995) espécies que apresentam este tipo de padrão tendem a ser mais prejudicadas quando a queima ocorre em ano de maior produção, uma vez que a perda de estruturas reprodutivas será maior. Para *Q. parviflora* esta alternância de produções foi observada na área controle onde a produção de botões, flores e frutos no período de 2008/2009 foi menor do que no período de 2009/2010. Para os indivíduos da área queimada este padrão não foi observado. A princípio a queimada estimulou uma floração vigorosa. Entretanto, não houve produção de flores no ano seguinte, o que sugere que *Q. parviflora* pode necessitar de mais de um ano após a queima para retornar ao seu ciclo normal de reprodução, como reportado por Sanaiotti e Magnusson (1995) e Hoffmann (1998) para algumas espécies do Cerrado.

Considerações finais

Os resultados deste trabalho indicam que os frutos de *Qualea parviflora* oferecem isolamento térmico as suas sementes, pois a temperatura interna durante a queimada ficou em torno de 70°C mesmo quando a temperatura externa ultrapassou 500°C. Os frutos localizados acima de 2 m de altura têm menor tempo de residência de temperaturas consideradas letais ($\geq 60^\circ\text{C}$),

sugerindo escape a altas temperaturas para frutos localizados acima desta altura. Embora o fogo tenha estimulado a abertura dos frutos, houve perda de sementes por dano direto aos frutos uma vez que o fogo interrompeu a deiscência de alguns frutos impossibilitando a dispersão das sementes. Além disso, a germinabilidade das sementes foi reduzida após a queimada em frutos localizados em qualquer altura na copa inclusive naqueles que não abriram após a queima. Para *Qualea parviflora*, os dados sugerem que o escape às altas temperaturas ocorre acima de 1m de altura, pois nenhuma semente coletada abaixo dessa altura germinou, enquanto para aquelas coletadas acima de 1 m a germinabilidade foi cerca de 17% enquanto na ausência do fogo a germinabilidade é de cerca de 90%. Assim, para *Qualea parviflora* o manejo com fogo em áreas de cerrado *sensu stricto* deve levar em consideração a estrutura populacional, pois os resultados indicam impacto negativo do fogo na deiscência e maturação dos frutos e na germinabilidade das sementes de frutos localizados abaixo de 1 m de altura. Áreas queimadas frequentemente onde grande parte dos indivíduos podem ter sofrido redução em altura devido a ocorrência de “topkill” ou perda parcial da parte vegetativa terço, durante a queima, perda de grande parte do esforço reprodutivo anual.

A floração teve início dois meses após a queimada prescrita, tanto nos indivíduos de *Qualea parviflora* da área queimada quanto os da área controle, entretanto, os da área queimada apresentaram uma produção de flores e frutos significativamente maior do que aqueles da área controle. Mesmo com este estímulo na floração não houve diferença significativa no “fruit set” entre as áreas. A ausência de produção de flores nos indivíduos da área queimada um ano após a passagem da frente de fogo sugere que *Qualea parviflora* pode

necessitar de mais de um ano após a queima para retornar ao seu ciclo normal de reprodução. Desta forma, a aplicação de técnicas de manejo com fogo que visem reduzir a biomassa do estrato rasteiro (combustível) deve considerar não só os efeitos imediatos causados pelo fogo, mas também aqueles de longo e médio prazo que podem alterar a taxa de recrutamento de novos indivíduos na área sendo manejada.

Referências Bibliográficas

- Andrade, A. C. S.; Loureiro, B. M.; Souza, A. D. de O. & Ramos, F. N. 1997. Quebra de dormência de sementes de sucupira-preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 32:465-469.
- Aquino, F.G., Walter, B.M.T & Ribeiro, J.F. 2007. Dinâmica de populações de espécies lenhosas de cerrado, Balsas, Maranhão. **Revista Árvore**. 31:793-803.
- Benezar, R.M.C. & Pessoni, L.A. 2006. Biologia floral e sistema reprodutivo de *Byrsonima coccolobifolia* (Kunth) em uma savana amazônica. **Acta Amazonica**. 36:159-168.
- Bowen, B.J. & Pate, J.S. 2004. Effect of season of burn on shoot recovery and post-fire flowering performance in the resprouter *Stirlingia latifolia* R. Br. (Proteaceae). **Austral Ecology** 29:145-155.
- Bradstock, R.A., Gill, A.M., Hastings, S.M. & Moore, P.H.R. 1994. Survival of serotinous seedbanks during bushfires: comparative studies of *Hakea* species from southeastern Australia. **Australian Journal of Ecology**. 19:276-282.
- Braz, V. S.; Kanegae, M. F. & Franco, A. C. 2000. Estabelecimento e desenvolvimento de *Dalbergia miscolobium* Benth. em duas fitofisionomias típicas dos cerrados do Brasil Central. **Acta Botanica Brasilica** 14:27-35.
- Brewer, J.S. 2008. Geographic Variation in Flowering Responses to Fire and Season of Clipping in a Fire-Adapted Plant. **The American Midland Naturalist**. 160:235-249.
- Castro, E. A. & Kauffman, J. B. 1998. Ecosystem structure in the Brazilian cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. **Journal of Tropical Ecology**. 14:263-283.
- Castro-Neves, B.M. & Miranda, H.S. 1996. Efeitos do fogo no regime térmico de um campo sujo de cerrado *In: Anais do simpósio Impacto das Queimadas sobre os Ecossistemas e Mudanças Globais. 3º Congresso de Ecologia do Brasil*. H. S. Miranda; C. H. Saito; B. F. S. Dias (orgs.) p.20-30.
- Cirne, P. & Miranda, H.S. 2008. Effects of prescribed fire on the survival and release of seeds of *Kielmeyera coriacea* (Spr.) Mart. (Clusiaceae) in savannas of Central Brazil. **Brazilian Journal of Plant Physiology**. 20:197-204.

- Coutinho, L.M. 1976. Contribuição ao conhecimento do papel ecológico das queimadas na floração de espécies do Cerrado. **Tese de Livre Docência**. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- Coutinho, L.M. 1977. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado. II - As queimadas e a dispersão de sementes de algumas espécies anemocóricas do estrato herbáceo subarbustivo. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**. 5:57-64.
- Coutinho, L.M. 1982. Ecological effects of fire in Brazilian Cerrado. In B. J. Huntley & B. H. Walker (Eds.). **Ecology of tropical savannas**. p. 273-291. Springer-Verlag, Berlin. Germany.
- Coutinho, L.M. 1990. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. *In: Fire in the tropical Biota – Ecosystem processes and Global Challenges*. J. G. Goldammer (editor). Ecological Studies. Springer-Verlag, Berlin. 8:82-105.
- Del-Claro, K.; Berto, V. & Réu, W. 1996. Effect of herbivore deterrence by ants increase fruit set in an extrafloral nectar plant, *Qualea multiflora* (Vochysiaceae). **Journal of Tropical Ecology**. 12: 887-892.
- Eira, M. T. S.; Freitas, R. W. A. & Mello, C. M. C. 1993. Superação da dormência de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. Leguminosae. **Revista Brasileira de Sementes**. 15:177-181.
- 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.
- García-Nuñez, C.; Azócar, A.; Silva, J.F. 2001. Seed production and soil seed bank in three evergreen woody species from a neotropical savana. **Journal of Tropical Ecology**. 17:563-576.
- Gill, A.M. & Ingwersen, F. 1976. Growth of *Xanthorrhoea australis* R. Br. In relation to fire. **Journal of Applied Ecology**. 13:195-203.
- Gill, A.M. 1976. Fire and the opening of *Banksia ornata* F. Muell. follicles. **Australian Journal of Botany**. 24:329-337.
- Guedes, D.M. 1993. Resistência das árvores do Cerrado ao fogo: Papel da casca como isolante térmico. **Dissertação de mestrado**. Universidade de Brasília. Brasília-DF.
- Haddad, C. R. B. & Valio, I. F. M. 1993. Effect of fire on flowering of *Lantana montevidensis* Briq. **Journal of Plant Physiology**. 141:704-707.

- Hanley, M.E. & Fenner, M. 1997. Seedling growth of four firefollowing Mediterranean plant species deprived of single mineral nutrients. **Functional Ecology**. 11:398-345.
- Hoffman, W.A. 1996. The effects of fire and cover on seedling establishment in a neotropical savanna. **Journal of Ecology**. 84:383-393.
- Hoffman, 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. & 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.
- Judd, T.S. & Ashton, D.H. 1991. Fruit clustering in the Myrtaceae: seed survival in capsules subjected to experimental heating. **Australian Journal of Ecology**. 39:241-245.
- Judd, T.S. 1993. Seed survival in small myrtaceous capsules subjected to experimental heating. **Oecologia**. 93:576-581.
- Judd, T.S. 1994. Do small Myrtaceous seed-capsules display specialized insulating characteristics which protect seed during fire? **Annals of Botany**. 73:33-38.
- Kauffman, J.B., Sapsis, D.B. & Till, K.M. 1997. Ecological studies of fire in sagebrush/bunchgrass ecosystems of the John Day Fossil Beds National Park, Oregon: implications for the use of prescribed burning to maintain natural ecosystems. Technical Report NPS/CCSOSU/ NRTR-97/01. National Park Service, Columbia Cascades System Support Office, Seattle, Washington.
- Kayll, A. J. 1968. Heat tolerance of tree seedlings. **Proceedings of the Tall Timbers Fire Ecology Conference**. 8:88-105
- Labouriau, L.G. 1983. A germinação das sementes. **Washington OEA**. 138p.
- Lamont, B.B., Le Maitre, D.C., Cowling, R.M. & Enright, N.J. 1991. Canopy seed storage in woody plants. **Botanical Review**. 57:277-317.
- Lamont, B.B., Witkowski, E.T.F. & Enright, N.J. 1993. Post-fire litter microsites: Safe for seeds, unsafe for seedlings. **Ecology**. 74:501–512.
- 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.; Ferreira, J.N.; Consolaro, H. & Aquino, F.G., 2008. Biologia reprodutiva de *Rourea induta* Planch. (Connaraceae), uma espécie heterostílica de cerrado do Brasil Central. **Revista Brasileira de Botânica**. 31:389-398.
- MacNaughton, S. J. 1983. Compensatory growth as a response to herbivory. **Oikos**. 40:329-336.
- Main, M.B. & M.J. Barry. 2002. Influence of season of fire on flowering of wet prairie grasses in South Florida, USA. **Wetlands** 22:430-434.
- 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.
- Martins, C.C.; Carvalho, N.M. & Oliveira, A.P. 1992. Quebra de dormência de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) **Revista Brasileira de Sementes**. 14:5-8.
- Medeiros, M.B. & Miranda, H.S. 2005. Mortalidade pós-fogo em espécies lenhosas de campo sujo submetido a três queimadas prescritas anuais. **Acta Botânica Brasilica**. 19:493-500.
- Medeiros, M.B. & Miranda, H.S. 2008. Post-fire resprouting and mortality in *Cerrado* woody plant species. **Edinburgh Journal of Botany**. 65:1-16.
- Mercer, G.N.; Gill, A.M. & Weber, R.O. 1994. A time-dependent model of fire impact on seed survival in woody fruits. **Australian Journal of Botany**. 42:71-81.
- Miola, D.T.B.; Correia, H.V.L.; Fernandes, G.W. & Negreiros, D. 2010. Efeito do fogo na fenologia de *Syagrus glaucescens* Glaz. ex Becc. (Arecaceae). **Neotropical Biology and Conservation**. 5:146-153.
- Miranda, A.C.; Miranda, H.S.; Dias, I.F.O. & Dias, B.F.S. 1993. Soil and air temperatures during prescribed *Cerrado* fires in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**. 9: 313-320.
- Miranda, H. S. & Sato, M. N. 2005. Efeitos do fogo na vegetação lenhosa do *Cerrado*. In: A. Scariot; J. C. Sousa-Silva & J. M. Felfili. (Org.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. : Ministério do Meio Ambiente. p. 95-103.
- Miranda, H. S.; E. P. Rocha e Silva, & A. C. Miranda. 1996. Comportamento do fogo em queimadas de campo sujo. In: **Anais do Simpósio Impacto das Queimadas sobre os Ecossistemas e Mudanças Globais. 3º Congresso de Ecologia do**

- Brasil.** Brasília-DF. H. S. Miranda; C. H. Saito; B. F. S. Dias (organizadores H. S. Miranda, C. H. Saito & B. F. S. Dias (Orgs.)). p. 1-10.
- Miranda, H.S.; Sato, M.N.; Andrade, S.M.; Haridassan, M. & Morais, H.C. 2004. Queimadas de cerrado: caracterização e impactos. In: Aguiar, L.M.S. & Camargo, A.J.A. (eds). **Cerrado: ecologia e caracterização**. Brasília: Embrapa Cerrados. p. 69-123.
- Miranda, I.S. 1995. Fenologia do estrato arbóreo de uma comunidade de cerrado em Alter-do-Chão, Pará. **Revista Brasileira de Botânica**. 18:235-240.
- Munhoz, C. B. R. & Felfili, J. M. 2005. Fenologia do estrato herbáceo-subarbustivo de uma comunidade de campo sujo na Fazenda Água limpa no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**.19:979-988.
- Oliveira, P.E. & Silva, J.C.S. 1993. Reproductive biology of two species of *Kielmeyera* (Guttiferae) in the cerrados of Central Brazil. **Journal Tropical Ecology**. 9:67-79.
- Oliveira, P.E. 1998. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de Cerrado. In: **Cerrado ambiente e flora**. S. M. Sano & S. P. Almeida, (editores). Planaltina-DF. p. 169-192.
- Oliveira, P.E.A.M. & Paula, F.R. 2001. Fenologia e biologia reprodutiva de plantas de Mata de Galeria. In: Ribeiro, J.F.; Fonseca, C.E.L. da; Sousa-Silva, J.C. eds. **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Planaltina: Embrapa-Cerrados, pp. 301-332.
- Oliveira, R.S., Batista, J.A.N., Proença, C.E.N. & Bianchetti, L. 1996. Influência do fogo na floração de espécies de *Orchidaceae* em cerrado. In: **Anais do simpósio Impacto das Queimadas sobre os Ecossistemas e Mudanças Globais. 3º Congresso de Ecologia do Brasil**. H. S. Miranda; C. H. Saito; B. F. S. Dias (orgs) p.61-67.
- Overbeck, G.E.; Müller, S.C.; Pillar, V.D. & Pfadenhauer, J. 2006. No heat-stimulated germination found in herbaceous species from burned subtropical grassland. **Plant Ecology**. 184:237-243.
- Pereira, B.A., Silva, M.A. & Mendonça, R.C. 2004. **Reserva Ecológica do IBGE, Brasília (DF): lista de plantas vasculares**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro.
- Ramos Neto, M. B., & V. R. Pivello. 2000. Lightning Fires in a Brazilian Savanna National Park: Rethinking Management Strategies. **Environmental Management**. 26: 675-684.

- Ramos, A.E. 2004. Efeito do fogo bienal e quadrienal na estrutura populacional e reprodução de quatro espécies vegetais do cerrado sensu stricto. **Tese de Doutorado**. Universidade de Brasília. Brasília. Brasil.
- Ribeiro, J.F. & Haridasan, M. 1984. Comparação fitossociológica de um cerrado denso e um cerrado em solos distróficos no Distrito Federal. *In: XXXV Congresso Brasileiro de Botânica*. Anais. Manaus. São Paulo: Sociedade Brasileira de Botânica. p.342-353.
- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. *In: Cerrado ambiente e flora*. S. M. Sano & S. P. Almeida, (editores). Planaltina-DF. p. 89-166.
- Salgado-Labouriau, M.L. & Ferraz-Vicentini, K.R. 1994. Fire in the Cerrado 32,000 years ago. **Current Research in the Pleistocene**. 11:85-87.
- Sanaiotti, T.M. & Magnusson, W.E. 1995. Effects of annual fires on the production of fleshy fruits eaten by birds in a Brazilian Amazonian savanna. **Journal of Tropical Ecology**. 11:53-65.
- Sarmiento, G. & Monasterio, M. Life forms and phenology. 1983. *In: Bourlière, F. (ed.). Ecosystems of the world: Tropical savannas*. Elsevier. Amsterdam. p. 79-108.
- Sato, M.N. & Miranda, H.S. 1996. Mortalidade de plantas lenhosas do Cerrado sensu stricto submetidas a diferentes regimes de queima. *In: Anais do Simpósio Impacto das Queimadas sobre os Ecossistemas e Mudanças Globais. 3º Congresso de Ecologia do Brasil*. Brasília-DF. H. S. Miranda; C. H. Saito; B. F. S. Dias (organizadores) p. 102-111.
- Sato, M.N. 1996. Taxa de mortalidade da vegetação lenhosa do cerrado submetida a diferentes regimes de queima. **Dissertação de Mestrado**. Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.
- Sato, M.N. 2003. Efeito a longo prazo de queimadas na estrutura da comunidade de lenhosas da vegetação do cerrado sensu stricto. **Tese de Doutorado**. Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.
- Sato, M.N.; Garda, A.A. & Miranda, H.S. 1998. Effects of fire on the mortality of woody vegetation in Central Brazil. *In D. X. Viegas (Ed.). Proceedings of the 14th Conference on fire and forest meteorology*, Volume 2, p. 1777-1783. University of Coimbra, Coimbra, Portugal.
- Schmidt, I.B.; Sampaio, A.B. & Borghetti, F. 2005. Efeitos da época de queima sobre a reprodução sexuada e estrutura populacional de *Heteropterys pteropetala* (Adr.

- Juss.), Malpighiaceae, em áreas de Cerrado *sensu stricto* submetidas a queimas bienais. **Acta Botanica Brasilica**. 19:927-934.
- Silva Júnior, M.C. 2005. **100 árvores do Cerrado: guia prático de campo**. Rede de sementes do Cerrado. Brasília. Brasil.
- Silva, D.M.S. 1998. Comparação da Fenologia Reprodutiva de *Qualea grandiflora* (Vochysiaceae) em três áreas de cerrado *sensu stricto*. **Dissertação de mestrado**. Universidade de Brasília. Brasília-DF.
- Silva, G.T., Sato, M.N. & Miranda, H.S. 1996. Mortalidade de plantas lenhosas em um campo sujo de Cerrado submetido a queimadas prescritas. *In: Anais do Simpósio Impacto das Queimadas sobre os Ecossistemas e Mudanças Globais. 3º Congresso de Ecologia do Brasil*. Brasília-DF. H. S. Miranda; C. H. Saito; B. F. S. Dias (organizadores) p. 93-101.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. 1969. **Biometry**. San Francisco: W.H. Freeman and Company.
- Whelan, R.J. 1995. **The Ecology of Fire**. Cambridge University Press. London. UK.
- Wright, H. A. & Bailey, A. W. 1982. **Fire Ecology**. John Wiley & Sons, New York. 501p.
- Wright, H. A. 1970. A method to determine heat-caused mortality in bunchgrass. **Ecology**. 51:582-587.
- Wroblewski, D.W. & J.B. Kauffman. 2003. Initial effects of prescribed fire on morphology, abundance, and phenology of forbs in big sagebrush communities in southeastern Oregon. **Restoration Ecology**. 11:82-90.