

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**REBROTA DE INDIVÍDUOS LENHOSOS EM ÁREA DE CERRADO SENTIDO
RESTRITO COMO RESPOSTA AO FOGO**

FABIANE FURLANETO SOUCHIE

ORIENTADOR: JOSÉ ROBERTO RODRIGUES PINTO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

PUBLICAÇÃO: PPGEFL. DM – 250/2015
BRASÍLIA/DF, MARÇO DE 2015

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

“REBROTA DE INDIVÍDUOS LENHOSOS EM ÁREA DE CERRADO
SENTIDO RESTRITO COMO RESPOSTA AO FOGO”

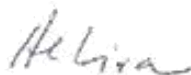
FABIANE FURLANETO SOUCHIÉ

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO SUBMETIDA AO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, DO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL, DA FACULDADE DE
TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

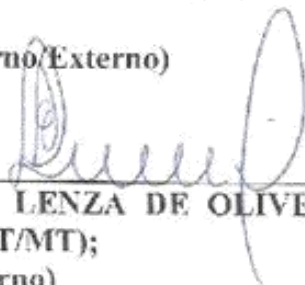
APROVADA POR:



Prof^o Dr. JOSÉ ROBERTO RODRIGUES PINTO (Departamento de Engenharia
Florestal – EFL/UnB);
(Orientador)



Prof^a Dra. HELOÍSA SINÁTORA MIRANDA (Departamento de Ecologia –
ECL/UnB);
(Examinador Interno/Externo)



Prof^o Dr. EDDIE LENZA DE OLIVEIRA (Universidade do Estado do Mato
Grosso – UNEMAT/MT);
(Examinador Externo)

Prof^o Dr. ERALDO APARECIDO TRONDOLI MATRICARDI (Departamento de
Engenharia Florestal – EFL/UnB).
(Examinador Suplente)

Brasília-DF, 20 de março de 2015.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S719r	Souchie, Fabiane Furlaneto Rebrota de indivíduos lenhosos em área de cerrado sentido restrito como resposta ao fogo / Fabiane Furlaneto Souchie; orientador José Roberto Ridrigues Pinto. -- Brasília, 2015. 54 p. Dissertação (Mestrado - Mestrado em Ciências Florestais) -- Universidade de Brasília, 2015. 1. Rebrota. 2. fogo. 3. biomassa. 4. resiliência. 5. savana. I. Pinto, José Roberto Ridrigues, orient. II. Título.
-------	---

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SOUCHIE, F. F. (2015). Rebrota de indivíduos lenhosos em área de cerrado sentido restrito como resposta ao fogo. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. Publicação PPG/EFL. DM. 250/2015, Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 54 p.

CESSÃO DE DIREITOS

Autora: Fabiane Furlaneto Souchie

Título: Rebrota de indivíduos lenhosos em área de cerrado sentido restrito como resposta ao fogo

Grau: Mestre; Ano: 2015; Área de Concentração: Conservação da Natureza.

Concedo à Universidade de Brasília – UnB permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestá-las somente para propósitos acadêmicos e científicos. Reservo outros direitos de publicação, de forma que nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem minha autorização por escrito.

Fabiane Furlaneto Souchie
endereço eletrônico: fabianefsouchie@gmail.com

**Aos meus pais,
ao meu esposo e
ao nosso bebê, com amor...
Dedico!**

Agradecimentos

Agradeço a Deus pelas bênçãos derramadas e por guiar meus “passos” em mais esta etapa da minha vida.

À Universidade de Brasília, professores e funcionários do Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais pelos ensinamentos. A turma de alunos que junto comigo ingressaram em 2013, obrigada pelos valiosos ensinamentos em aulas coletivas durante as primeiras etapas da elaboração desta dissertação.

À CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Campus de Nova Xavantina (UNEMAT) e aos professores, pela permissão da realização deste estudo no Parque do Bacaba.

Aos que me ajudaram com a coleta de dados em campo: Oriales, Divino, Josias, Leonardo, Bianca, Mônica, Regiane e Letícia.

Ao professor José Roberto, meu orientador, pela confiança, ensinamentos e orientações que foram essenciais para o desenvolvimento desta dissertação.

Aos professores Eddie Lenza e Heloisa Miranda que gentilmente aceitaram compor a banca examinadora agradeço pelas sugestões e correções que só enriqueceram este trabalho.

Aos meus pais, Avelino e Irasi pelo amor, cuidado e pelos ensinamentos primordiais para chegar até aqui. Meus irmãos, Adriano e Fábio, suas queridas esposas e filhos, pelo carinho, cartinhas, mensagens via “*whatsapp*” e deliciosas brincadeiras (com a gurizada). A minha cunhada Zildene e minhas amigas Regiane, Kadidja e Simone por acreditarem, pelo apoio e pelas conversas que, mesmo quando à distância, me ajudaram a aliviar a tensão em momentos difíceis.

Ao meu amável companheiro Divino, por ter estado sempre ao meu lado em todas as etapas do mestrado e desta dissertação. Obrigada por seus conselhos, sugestões, motivações, carinho e pelo melhor presente que eu poderia receber neste momento, se Deus permitir, o nosso bebê.

RESUMO GERAL

REBROTA DE INDIVÍDUOS LENHOSOS EM ÁREA DE CERRADO SENTIDO RESTRITO COMO RESPOSTA AO FOGO

O tipo de resposta à passagem do fogo indica a severidade dos danos sofridos, e a dinâmica temporal destas respostas sugere a capacidade de recuperação das espécies às queimadas. Neste estudo, que está dividido em dois capítulos, nós avaliamos para o conjunto de indivíduos lenhosos de espécies nativas do Cerrado: 1) o tipo de rebrota como resposta a um incêndio não prescrito; 2) a importância do diâmetro da base, da altura total e da espessura de casca para o tipo resposta apresentado; e 3) a dinâmica dos indivíduos com rebrotas basais durante o período de 64 meses. O estudo foi desenvolvido no Parque Municipal do Bacaba em Nova Xavantina, Mato Grosso, onde estudamos 485 indivíduos de 26 espécies em área de Cerrado sentido restrito Queimado (CQ); e em área adjacente de Cerrado sentido restrito protegido de fogo por mais de cinco anos (CC), sendo 139 indivíduos de 12 espécies em comum ao CQ. No Primeiro capítulo, após dois anos da ocorrência do fogo, avaliamos o tipo de rebrota como resposta ao fogo (rebrota epígea, hipógea, epígea+hipógea ou mortalidade) e a probabilidade de apresentar essas respostas em função: a) da altura total; b) do diâmetro da base, medido a 30 cm de altura do solo e, c) da espessura de casca. Registramos que 57% dos indivíduos tiveram resposta epígea, 15% resposta epígea+hipógea, 24% morte do tronco principal, mas emitiram brotos hipógeos e apenas em 4% dos indivíduos observamos morte do tronco principal. A espessura de casca, seguida do diâmetro da base foram os melhores preditores do tipo de resposta ao fogo. No segundo capítulo avaliamos e comparamos a dinâmica dos brotos basais (número, mortalidade, altura total e diâmetro da base) dos indivíduos com rebrota basal (hipógeos e epígeos+hipógeos) no CQ durante o período de 64 meses. A mortalidade média dos brotos basais acumulada para indivíduos com rebrota hipógea (64%) foi semelhante ao apresentada por indivíduos com rebrota epígea+hipógea (69%). Entretanto, o número médio de brotos basais emitidos, o incremento em diâmetro e em altura total foram significativamente maiores para os brotos hipógeos em relação aos epígeo+hipógeo e sugere balanço na alocação de recursos, pois não havendo morte do tronco principal, o investimento em rebrotas basais é reduzido. Por meio de regressão linear estimamos que os brotos hipógeos recuperarão a biomassa do tronco principal depois de transcorrido 16 anos da ocorrência de fogo, desde que não haja nova perturbação. Nossos resultados indicaram baixa mortalidade e alta capacidade de rebrota para o conjunto espécies lenhosas nativas avaliadas. Esse comportamento evidencia a elevada capacidade de resiliência da vegetação lenhosa do Cerrado sentido restrito e de persistência das espécies arbustivo-arbóreas frente aos distúrbios provocados pelo fogo, o que garante a perpetuação e manutenção da biodiversidade do bioma Cerrado.

Palavras-chave: brotos, incêndio, mortalidade, recuperação de biomassa, resiliência.

GENERAL ABSTRACT

RESPROUTING FROM WOOD INDIVIDUAL IN A CERRADO *STRICTO SENSU* AS A RESPONSE TO FIRE OCCURRENCE

The type of response to fire by Cerrado woody individuals can indicate the severity of the fire damage, and the dynamic can indicate the vegetation recovery capacity to this disturbance. In this study, which consists of two chapters, we evaluated for a group of woody plants: 1) the type of response to a non-prescribed fire; 2) the importance of the diameter, height, and bark thickness for the type response to fire; 3) the dynamics of basal resprouts for 64 months. The study was conducted in a Cerrado *stricto sensu* in the Bacaba Municipal Park of Nova Xavantina, a municipality in the Brazilian state of Mato Grosso. We studied 485 individuals of 26 woody species in a site burned (CQ) and in an adjacent fire-protected site (CC), where we studied 139 individuals of 12 species in common to the CQ. In the first chapter, we evaluate the type of response to fire (aerial, aerial+basal, basal, or mortality) and the probability of different responses as a function of: a) the total height; b) diameter and c) the bark thickness. Our results indicated that 56.91% of individuals had only aerial response, 15.46% had aerial+basal, 23.71% only basal, and only 3.92% of individuals had mortality. The bark thickness was the best predictor of the type of response to fire. In the second chapter, we evaluated for a period of 64 months some dynamic parameters (number, mortality, height and diameter) for individuals with basal resprouts on the CQ site. The cumulative mortality of basal sprouts for individuals with aerial response (64%) was similar to that shown by individuals with aerial+basal response (69%). However, the number of basal sprouts and its increase in diameter and in height was larger for aerial response in relation to the aerial+basal, suggesting a trade-off in the allocation of resources. Because there is no death of the main stem, investment in basal resprouts is reduced in individuals with basal+aerial response. We estimated, based on a linear regression, that basal resprouts can recover the biomass of the main stem in 16 years after fire occurrence, since there is no new fire disturbance. These results underline the high resilience capacity of woody vegetation against fire disturbance, which can ensure the persistence of species and maintenance of high biodiversity of the Brazilian Cerrado.

Keywords: shoot, fire, mortality, biomass recovery, resilience.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. RESPOSTA DE INDIVÍDUOS LENHOSOS DE CERRADO SENTIDO RESTRITO À OCORRÊNCIA DE FOGO	6
2.1 RESUMO.....	6
2.2 ABSTRACT.....	7
2.3 INTRODUÇÃO	8
2.4 MATERIAL E MÉTODOS	10
2.4.1 Área de estudo.....	10
2.4.2 Coleta de dados	11
2.4.3 Análise dos dados	14
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
2.6 CONCLUSÕES	24
3. DINÂMICA DE REBROTA BASAL EM INDIVÍDUOS LENHOSOS DE CERRADO SENTIDO RESTRITO APÓS OCORRÊNCIA DE FOGO	26
3.1 RESUMO.....	26
3.2 ABSTRACT.....	27
3.3 INTRODUÇÃO	28
3.4 MATERIAL E MÉTODOS	29
3.4.1 Área de estudo.....	29
3.4.2 Coleta de dados	30
3.4.3 Análises dos dados.....	31
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
3.6 CONCLUSÕES	36
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Conjunto de espécies estudadas em área de Cerrado Queimado (CQ) e Cerrado protegido de fogo (CC) no Parque Municipal do Bacaba em Nova Xavantina, Mato Grosso. 12
- Tabela 2. Esquema das mensurações do tronco principal em indivíduos lenhosos de Cerrado sentido restrito após a ocorrência de fogo em Cerrado queimado (CQ) e no Cerrado controle (CC) no Parque Municipal do Bacaba em Nova Xavantina, Mato Grosso..... 13
- Tabela 3. Tipos de rebrotas de indivíduos em resposta à ocorrência de fogo e médias de porte e espessura de casca em área de Cerrado sentido restrito no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. 17
- Tabela 4. Parâmetros da seleção de modelos logísticos para avaliar a importância das variáveis incluídas no modelo geral e a probabilidade de resposta de indivíduos lenhosos à ocorrência de fogo em área de Cerrado sentido restrito no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. 22
- Tabela 5. Sumário estatístico das variáveis que compuseram o melhor modelo para descrever a probabilidade dos indivíduos lenhosos serem afetados pelo fogo em área de Cerrado sentido restrito no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. 22
- Tabela 6. Esquema das mensurações dos brotos basais de indivíduos lenhosos de Cerrado sentido restrito após a ocorrência de fogo no Parque Municipal do Bacaba em Nova Xavantina, Mato Grosso..... 31
- Tabela 7. Média do número de brotos basais por espécies lenhosas após ocorrência de fogo em área de Cerrado sentido restrito no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. . 34

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Localização do Parque Municipal do Bacaba (c): linhas cinza indicam os limites do Parque bem como as trilhas que o entrecortam. Polígonos preenchidos em preto indicam os três fragmentos que não foram atingidos pelo fogo em 2008. Áreas de Cerrado sentido restrito estudadas no presente trabalho foram o Cerrado Queimado (CQ [.....]) e o Cerrado protegido de fogo (CC [.....]; polígono preto circundado por linha pontilhada cinza). (Fonte: adaptação NANA, 2009). Painel acima (a) indica a localização do município de Nova Xavantina no Brasil e no Cerrado (área em cinza ao fundo). Polígono abaixo (b) indica a localização do Parque do Bacaba no município de Nova Xavantina, Mato Grosso..... 5
- Figura 2. Climatograma de Janeiro de 2008 à Março de 2013 para a região na qual se localiza o Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. Precipitação mensal (■); Temperatura mensal máxima (Δ); Temperatura mensal média (●); Temperatura mensal mínima (□) e a linha pontilhada indica o mês da ocorrência de fogo (Fonte: INMET 83319-MT)..... 11
- Figura 3. Tipos de respostas observadas em indivíduos lenhosos de Cerrado sentido restrito após a ocorrência de fogo (Fonte: MEDEIROS; MIRANDA, 2008; MOREIRA et al., 2008). 13
- Figura 4. Proporção de indivíduos por espécie com a emissão de brotos basais após ocorrência de fogo, em função da espessura de casca (a), do diâmetro da base medido a 30 cm de altura do solo (b) e da altura total (c), em área de Cerrado sentido restrito no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. 19
- Figura 5. Modelo preditivo indicando a probabilidade de influência da espessura de casca e do diâmetro do tronco medido a 30 cm de altura do solo (Db_{30cm}) na resposta à ocorrência de fogo em indivíduos de espécies lenhosas em área de Cerrado sentido restrito no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. 23
- Figura 6. Incremento médio em altura (A) e diâmetro (B) do tronco principal de indivíduos lenhosos após ocorrência de fogo, em áreas de Cerrado sentido restrito Queimada (CQ) e Cerrado Controle (CC) no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. As médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Mann-Whitney ($\alpha = 0,05$). 24
- Figura 7. Variação na altura total (A) e diâmetro da base Db_{10cm} (B) de brotos hipógeos e epígeo+hipógeo de indivíduos lenhosos meses após a ocorrência de fogo em área de Cerrado sentido restrito no Parque Municipal do Bacaba em Nova Xavantina-MT. As médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de *t* de Student ($\alpha = 0,05$). 33

Figura 8. Estimativa do tempo necessário para que brotos hipógeos recuperem a biomassa aérea do tronco principal morto pelo fogo em 2008, em área de Cerrado sentido restrito no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. □ = quantidade de biomassa recuperada; ▲ = biomassa do indivíduo morto pelo fogo e, ↓ = tempo para a recuperação da biomassa. . 36

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Cerrado apresenta grande diversidade de espécies vegetais e de fitofisionomias (EITEN, 1992; RATTER *et al.*, 2003; RIBEIRO; WALTER, 2008). Este bioma abriga mais de 12 mil espécies vasculares (MENDONÇA *et al.*, 2008), muitas delas endêmicas (KLINK; MACHADO, 2005; MITTERMEIER *et al.*, 2005; MYERS *et al.*, 2000). Apresenta 11 fitofisionomias principais, que são divididas em formações florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria e Cerradão), campestres (Campo sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre), e savânicas (Parque Cerrado, Palmeiral, Vereda e Cerrado sentido restrito) (RIBEIRO; WALTER, 2008), esta última predominante no bioma (SANO *et al.*, 2010). O tipo fitofisionômico Cerrado sentido restrito é caracterizado por apresentar estrato arbustivo-arbóreo disperso sobre matriz herbáceo-graminosa contínua com árvores baixas, tortuosas, inclinadas e com ramificações irregulares e retorcidas, com cobertura arbórea que varia de 5 a 70% e que não forma dossel (RIBEIRO; WALTER, 2008).

A grande diversidade de fitofisionomias registrada no Cerrado é determinada por diversos fatores, que inclui o relevo (FURLEY, 1999), a fertilidade e profundidade dos solos (EITEN, 1972, 1983; FURLEY *et al.*, 1988; HARIDASAN, 1992; WALTER; RIBEIRO, 2010) e a sazonalidade climática (FURLEY, 1999; SILVA *et al.*, 2008). Em geral, solos com maior disponibilidade de nutrientes estão relacionados as fitofisionomias florestais e solos com menor disponibilidade estão associados as fitofisionomias mais abertas e com maior cobertura de gramíneas (EITEN, 1983, 1994; REATTO *et al.*, 2008; RIBEIRO; WALTER, 2008). No entanto, a ocorrência de fogo, termo aqui utilizado para caracterizar incêndios não prescritos ou de origem desconhecida (MIRANDA; SATO, 2005), é tida como um dos principais fatores associados tanto à diversidade de fitofisionomias quanto a riqueza de espécies (HOFFMANN; MOREIRA, 2002; MENDONÇA *et al.*, 2008; MIRANDA *et al.*, 2002). Além disso, a severidade dos danos causados pelo fogo à vegetação, também têm relação com o tipo, comportamento, regime, época, frequência e intensidade com que ocorre (MIRANDA *et al.*, 2010).

A ocorrência do fogo seja de origem natural ou antrópica (SOARES; SANTOS, 2002), pode resultar na morte das plantas atingidas com maior severidade. Este processo influencia na dinâmica e na estrutura das populações de plantas (MEDEIROS; MIRANDA, 2008; RIBEIRO *et al.*, 2012), e pode acarretar na redução e até mesmo a substituição de espécies

mais vulneráveis em áreas submetidas a maior frequência de queima (MEDEIROS; MIRANDA, 2005; MOREIRA, 2000; RIBEIRO *et al.*, 2012) e intensidade de fogo (CIRNE; MIRANDA, 2008; FIEDLER *et al.*, 2004; HOFFMANN; MOREIRA, 2002; HOFFMANN; SOLBRIG, 2003; MIRANDA; SATO, 2005). Presente no Cerrado a mais de 32.000 anos (SALGADO-LABOURIAU; FERRAZ-VICENTINI, 1994), o fogo pode ter influenciado na atual composição florística do bioma, por favorecer as espécies que apresentam características mais adaptadas a sua ocorrência (CLARKE *et al.*, 2013; ROITMAN *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2005; WALTER; RIBEIRO, 2010).

Algumas investigações indicam que grande parte das espécies lenhosas presentes no Cerrado apresentam características que lhes conferem resistência ou que favorecem sua rápida recuperação quando há ocorrência de fogo (COUTINHO, 1990; PAINE *et al.*, 2010; SATO *et al.*, 2010). Entre estas características podemos destacar ritidomas espessos e corticosos (HOFFMANN *et al.*, 2009), órgãos de reserva subterrâneos (HOFFMANN, W. A *et al.*, 2004; MIRANDA *et al.*, 2002) e elevado investimento em biomassa de raiz (HOFFMANN; FRANCO, 2003a; OLIVEIRA *et al.*, 2005). Adicionalmente, estudos que avaliam os efeitos do fogo sobre as espécies lenhosas apontam que a mortalidade é maior quando os indivíduos apresentam menor porte (COUTINHO, 1990; MISTRY, 1998; RIBEIRO *et al.*, 2012; SATO *et al.*, 2010) e menor espessura de casca (HOFFMANN *et al.*, 2009; HOFFMANN; ORTHEN; KIELSE; *et al.*, 2003; MEDEIROS; MIRANDA, 2005, 2008; MOREIRA *et al.*, 2008).

Após ocorrência do fogo, a emissão de folhas pode ocorrer a partir das gemas apicais, da raiz ou do caule (HOFFMANN; SOLBRIG, 2003; HOFFMANN *et al.*, 2009; SCHAFER *et al.*, 2014). Deste modo, o tipo de rebrota apresentado após o fogo, caracterizado pelas partes do indivíduo que emitem novos brotos, está relacionado a severidade dos danos (BOND; MIDGLEY, 2003; SATO *et al.*, 2010). Para indivíduos atingidos com menor severidade, geralmente, o tronco principal continua vivo e emite folhas, enquanto que os atingidos com severidade moderada apresentam morte do tronco principal, mas emitem brotos da base e os atingidos com grande severidade apresentam morte do indivíduo (SATO *et al.*, 2010).

A vista disso, indivíduos de espécies lenhosas podem apresentar quatro tipos de respostas à ocorrência de fogo (BOND; MIDGLEY, 2001; MOREIRA *et al.*, 2008; SATO *et al.*, 2010): (a) rebrota epígea – ocorre quando os danos são leves e o tronco principal

permanece vivo com emissão de brotos exclusivamente a partir da coroa; (b) epígea+hipógea – ocorre quando os danos são moderados e o tronco principal permanece vivo com emissão simultânea de brotos na base e na coroa; (c) hipógea – ocorre quando os danos são severos e o tronco principal morre, nesse caso as emissões de brotos são apenas basais e, (d) morte total – ocorre quando os danos são letais, nesse caso há morte do tronco principal e não há emissão de brotos. Vários estudos tem reportado este padrão de resposta para espécies lenhosas em diferentes sítios de estudo (COUTINHO, 1990; HOFFMANN; SOLBRIG, 2003; HOFFMANN *et al.*, 2009; MEDEIROS; MIRANDA, 2005; MOREIRA *et al.*, 2008; RIBEIRO *et al.*, 2012).

A capacidade de rebrota das espécies lenhosas do Cerrado tem sido amplamente investigada (COUTINHO, 1990; MEDEIROS; MIRANDA, 2005; NEVES; CONCEIÇÃO, 2010; SARTORELLI *et al.*, 2007; SATO, 1996, 2003; VALE; LOPES, 2010). Para espécies lenhosas de Cerrado sentido restrito, estes estudos indicam que rebrotas epígea e/ou hipógea são mais frequentes (COUTINHO, 1990; SATO, 1996). Em geral, os indivíduos de menor porte tende a apresentar rebrota tipo hipógea, enquanto que indivíduos maiores apresentam resposta epígea (RIBEIRO *et al.*, 2012; MEDEIROS; MIRANDA, 2005). Adicionalmente, Medeiros e Miranda (2008) afirmam que incêndios frequentes inviabilizam que rebrotas do tipo hipógea alcancem altura mínima para escapar dos efeitos nocivos do fogo.

Apesar destes estudos, pouco se sabe sobre a frequência em que cada tipo de resposta ocorre e sobre as características dos indivíduos que podem influenciar nessa resposta. Pouco se conhece também sobre o número de brotos emitidos pelos indivíduos logo após a ocorrência de fogo ou sobre a mortalidade destes ao longo do tempo, tendo em vista a inclusão destes em estudos de dinâmica, somente ocorrem quando alcançam o diâmetro mínimo de inclusão. Além disso, ainda é pouco conhecido o tempo necessário para que os múltiplos brotos emitidos recupere a biomassa viva do tronco principal morto pelo fogo.

Neste contexto, este estudo teve como objetivo classificar e quantificar os tipos de respostas e a dinâmica de rebrotas de espécies lenhosas de Cerrado sentido restrito à ocorrência de fogo (um incêndio não prescrito e de origem desconhecida), ocorrido em setembro de 2008, no Parque Municipal do Bacaba, em Nova Xavantina – MT (Figura 1). O trabalho teve início em maio de 2008 com a marcação dos indivíduos em campo, que originalmente tinha por objetivo estudar o comportamento fenológico das espécies (SILVÉRIO; LENZA, 2010; SILVÉRIO, 2010). Com a ocorrência do fogo, o propósito do

estudo foi ampliado e os dados adicionais apresentados neste trabalho começaram a ser coletados por alunos e professores da Universidade do Estado de Mato Grosso, *campus* de Nova Xavantina, Mato Grosso. A partir de 2010 participei de todas as etapas de coleta de dados e conduzi todas as etapas seguintes deste trabalho. Para facilitar o desenvolvimento e a compreensão dividimos esta dissertação em dois capítulos, descritos a seguir:

No primeiro capítulo desta dissertação estão descritos os tipos de respostas ao fogo para 26 espécies lenhosas (485 indivíduos) em área de Cerrado sentido restrito, doravante denominado de Cerrado Queimado (CQ). Realizamos observações simultâneas em 139 indivíduos de 12 espécies em comum as do CQ, em área adjacente e protegida do incêndio, denominada de Cerrado Controle (CC). Neste capítulo mensuramos para ambas as áreas o diâmetro e a altura do tronco principal após a ocorrência de fogo em quatro ocasiões (5, 27, 40 e 64 meses após o fogo). Verificamos o tipo de resposta dos indivíduos cinco meses após o fogo e confirmamos esta resposta no mês de dezembro de 2010 (após 27 meses da ocorrência de fogo) e classificamos as respostas em: epígea, epígea+hipógea, hipógea ou morte. Avaliamos também a importância das características diâmetro da base, altura total e espessura da casca no tipo de rebrota em resposta a ocorrência do fogo e comparamos, para as espécies em comum as duas áreas, o incremento em diâmetro após 64 meses da ocorrência do fogo (em janeiro de 2014).

No segundo capítulo avaliamos a dinâmica das rebrotas dos 485 indivíduos amostrados no CQ. Quantificamos os brotos basais emitidos após a passagem do fogo e acompanhamos o desenvolvimento das rebrotas em quatro avaliações (15, 27, 40 e 64 meses após o fogo). Neste capítulo nós também estimamos o tempo necessário para os brotos basais emitidos após a morte do tronco principal levarão para recuperar a biomassa do tronco principal, desde que não ocorra novo distúrbio na área.

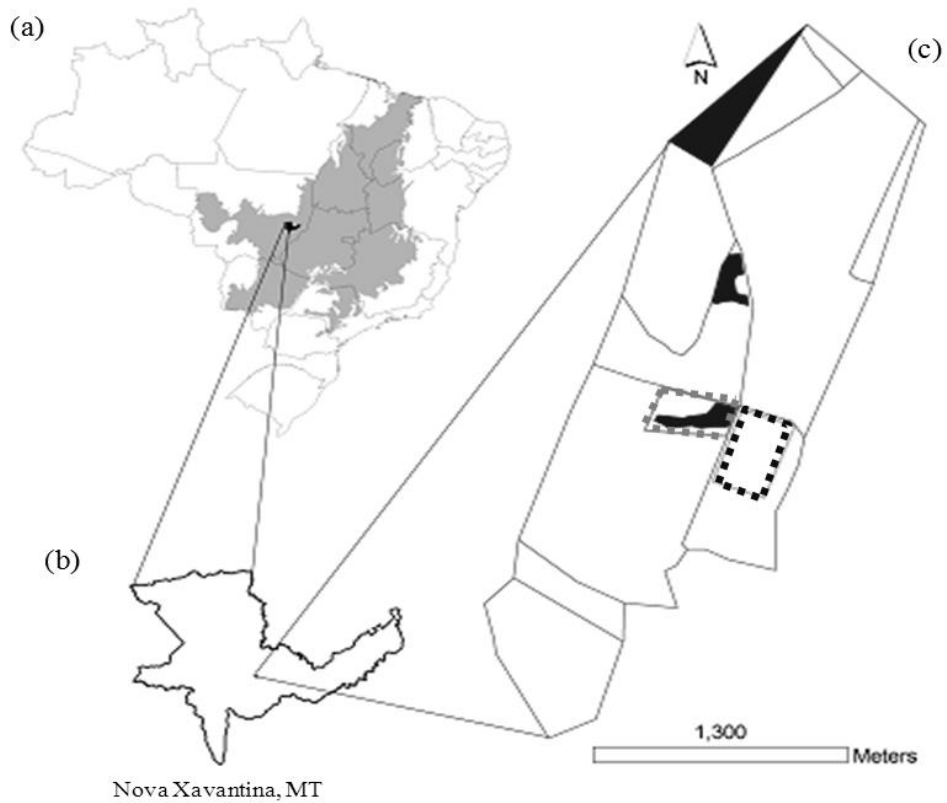




Figura 1. Localização do Parque Municipal do Bacaba (c): linhas cinza indicam os limites do Parque bem como as trilhas que o entrecortam. Polígonos preenchidos em preto indicam os três fragmentos que não foram atingidos pelo fogo em 2008. Áreas de Cerrado sentido restrito estudadas no presente trabalho foram o Cerrado Queimado (CQ ) e o Cerrado protegido de fogo (CC ; polígono preto circundado por linha pontilhada cinza). (Fonte: adaptação NANA, 2009). Painel acima (a) indica a localização do município de Nova Xavantina no Brasil e no Cerrado (área em cinza ao fundo). Polígono abaixo (b) indica a localização do Parque do Bacaba no município de Nova Xavantina, Mato Grosso.

2. RESPOSTA DE INDIVÍDUOS LENHOSOS DE CERRADO SENTIDO RESTRITO À OCORRÊNCIA DE FOGO

2.1 RESUMO

Espécies vegetais savânicas apresentam adaptações que conferem resistência aos danos causados pelo fogo. Nosso objetivo foi avaliar o tipo de rebrota dos indivíduos lenhosos à passagem do fogo em área de Cerrado sentido restrito e a importância das características: diâmetro da base, altura total e espessura da casca para o tipo de resposta apresentado por cada indivíduo e por cada espécie. O estudo foi desenvolvido no Parque Municipal do Bacaba em Nova Xavantina, Mato Grosso. Avaliamos 485 indivíduos ($Db_{30cm} \geq 2$ cm) de 26 espécies em Cerrado Queimado (CQ), após a passagem do fogo e avaliamos também 139 indivíduos (12 espécies em comum ao CQ) em Cerrado Controle (CC), protegido de fogo por mais de 5 anos. Classificamos o tipo de resposta dos indivíduos em: rebrota epígea (tronco principal vivo com brotos aéreos); rebrota hipógea (tronco principal morto com brotos basais e/ou subterrâneos); rebrota epígea+hipógea (tronco principal vivo e com brotos basais e/ou subterrâneos) ou morte do indivíduo (tronco principal morto e sem brotos). No CQ 57% dos indivíduos apresentaram rebrota epígea, 15% epígea+hipógea, 24% tiveram morte do tronco principal, mas emitiram brotos hipógeos e em apenas 4% observamos morte do indivíduo. A espessura de casca e o diâmetro da base foram os melhores preditores do tipo de resposta ao fogo. No CC as mudanças na vegetação registradas no período de dois anos foi somente a morte de três indivíduos de três diferentes espécies (*O. hexasperma*, *Q. parviflora* e *B. coccolobifolia*). Concluímos que a espessura da casca apresenta alto poder preditivo do tipo de resposta ao fogo em indivíduos da flora lenhosa nativa do Cerrado sentido restrito. Indivíduos com espessura de casca inferior a 1 cm tendem a ser mais severamente afetados pelo fogo (resposta hipógea ou morte) e aqueles com casca $> 1,5$ cm tendem a serem resistentes ao fogo. Estes resultados permitem melhor compreensão dos efeitos do fogo sobre a vegetação lenhosa nativa do Cerrado sentido restrito e seus determinantes, o que pode subsidiar ações de conservação da biodiversidade e de manejo do fogo no Cerrado.

Palavras-chave: espessura de casca, incêndio, rebrota, resistência, resiliência, savana.

2.2 ABSTRACT

RESPONSE OF WOOD INDIVIDUALS OF A CERRADO *STRICTO SENSU* TO FIRE OCCURRENCE

Savanna plant species have adaptations that confer resistance to fire damages. Our goals were to evaluate the type of response to a non-prescribed fire and the importance of the diameter, height, and bark thickness for the type of response to fire presented for each woody individuals and species. The study was conducted in the Bacaba Municipal Park of Nova Xavantina, a municipality in the Brazilian state of Mato Grosso. We studied 485 individuals ($DBH_{30cm} \geq 2$ cm) of 26 woody species in a site burned in September 2008 (CQ) and in an adjacent fire protected site (CC), with 139 individuals of 12 species in common to the CQ. We classify the fire response of individuals in: aerial (sprouts only in the crown of tree); basal (top kill and basal sprouts); aerial+basal (basal and aerial sprouts); or total mortality. 56.91% of individuals had aerial resprouts, 15.46% had aerial+basal resprouts, 23.71% only basal and, only 3.92% of individuals had mortality. The bark thickness and diameter were the best predictors of the type of response to fire. The changes on the CC site in two years was only mortality of three individuals of different species (*O. hexasperma* and *Q. parviflora*, *B. coccolobifolia*). We concluded that the bark thickness has a strong predictive power for the type of response to fire by native plant species of the Brazilian Cerrado. Individuals with a bark <1 cm is likely to be more severely affected by fire (basal response or mortality) and those with bark > 1.5 cm is more likely to resist the fire effects. Our results allow a better understanding of the effects of fire on the native woody vegetation of the Cerrado *strict sensu* and its determinants, which can support actions to conservation of biodiversity and fire management in the Brazilian Cerrado.

Keywords: shoot, fire, mortality, biomass recovery, resilience.

2.3 INTRODUÇÃO

O fogo é importante agente modelador da composição florística (BOND *et al.*, 2005; DANTAS; BATALHA; *et al.*, 2013; GEIGER *et al.*, 2011; LEHMANN *et al.*, 2011; LEVICK *et al.*, 2014; MIRANDA *et al.*, 2002). Em resposta ao fogo as espécies nativas desenvolveram diversas adaptações que lhes conferem resistência a este tipo de distúrbio (DANTAS; PAUSAS, 2013; GIGNOUX *et al.*, 1997; HOFFMANN *et al.*, 2009; MIRANDA *et al.*, 2009; ROITMAN *et al.*, 2008). Adaptações das espécies à ocorrência do fogo incluem: presença de ritidomas espessos e corticosos (DANTAS; PAUSAS, 2013; HOFFMANN *et al.*, 2009; MIDGLEY; BOND, 2011; MIRANDA *et al.*, 2002; PAINE *et al.*, 2010; PAUSAS, 2014), presença de órgãos de reserva subterrâneos (CLARKE *et al.*, 2013; HOFFMANN, W. A *et al.*, 2004; MIRANDA *et al.*, 2002), nível de investimento em biomassa de raiz (HOFFMANN; FRANCO, 2003a; OLIVEIRA *et al.*, 2005) e capacidade de rebrota (CLARKE *et al.*, 2010; HOFFMANN; ORTHEN; NASCIMENTO, 2003; MEDEIROS; MIRANDA, 2008; MOREIRA *et al.*, 2008; RIBEIRO *et al.*, 2012).

Estudos indicam que maior espessura de casca (HOFFMANN *et al.*, 2009; MOREIRA *et al.*, 2007), maior porte dos indivíduos (COUTINHO, 1990; MISTRY, 1998; RIBEIRO *et al.*, 2012; SATO *et al.*, 2010), menor frequência de fogo (SATO *et al.*, 2010) e fogo de menor intensidade e duração (CIRNE; MIRANDA, 2008; HOFFMANN; SOLBRIG, 2003; HOFFMANN *et al.*, 2009) são características associadas com a menor severidade de danos às espécies vegetais. Entretanto, a ocorrência de fogo sempre resulta em danos que podem apresentar grande variação quanto a sua severidade, que podem variar desde a queda das folhas pela exposição aos fluxos de ar quente até a morte do indivíduo (BOND; MIDGLEY, 2001; MIRANDA *et al.*, 2009; SATO *et al.*, 2010).

De acordo com a severidade dos danos causados pelo fogo as espécies lenhosas podem apresentar quatro tipos de resposta: (a) dano leve, quando há rebrotamento exclusivamente a partir da parte aérea (epígea), (b) dano moderado, quando há rebrotamento simultânea da parte aérea e da base (epígea+hipógea), (c) dano severo, quando há rebrotamento exclusivamente a partir de base (hipógeo) e (d) dano permanente, quando ocorre a morte do indivíduo (MEDEIROS; MIRANDA, 2008; MOREIRA *et al.*, 2008). Para espécies lenhosas do Cerrado sentido restrito, estudos indicam que as respostas mais comuns são: a resposta epígea (COUTINHO, 1990; HOFFMANN *et al.*, 2009; MEDEIROS;

MIRANDA, 2005) e hipógea para os indivíduos que apresentam menor porte (MEDEIROS; MIRANDA, 2005).

Embora existam muitos estudos sobre os efeitos das queimadas na vegetação do Cerrado (HOFFMANN; SOLBRIG, 2003; MEDEIROS; MIRANDA, 2005, 2008; SARTORELLI *et al.*, 2007; VALE; LOPES, 2010), ainda são necessárias análises conjunta de características que podem influenciar no tipo de resposta das espécies arbustivo-arbórea de Cerrado sentido restrito à ocorrência de fogo. Neste sentido, este trabalho investigou indivíduos lenhosos de espécies nativas de Cerrado sentido restrito após a ocorrência de fogo para: a) avaliar o tipo de rebrota como resposta à ocorrência de fogo; b) indicar características das espécies e dos indivíduos que podem influenciar no tipo de rebrota como resposta ao fogo; c) comparar os investimentos, em altura total e diâmetro da base em área queimada e área protegida do fogo.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

2.4.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no Parque Municipal do Bacaba (14°41'09''S e 52°20'09''W), município de Nova Xavantina – Mato Grosso (Figura 1). O Parque é uma Unidade de Conservação municipal com aproximadamente 500 ha e altitude média de 250 m (MARIMON-JUNIOR; HARIDASAN, 2005). A vegetação predominante é o Cerrado sentido restrito (MARIMON-JUNIOR; HARIDASAN, 2005). O clima da região é do tipo Aw, de acordo com a classificação de Köppen, com inverno seco, entre os meses de abril a setembro e de verão chuvoso, entre os meses de outubro a março (SILVA *et al.*, 2008). Os solos da região são predominantemente distróficos, álicos, profundos, bem drenados e de textura média (RADAMBRASIL, 1981). Os solos do Parque apresentam pH < 5, baixos teores de cálcio e magnésio e altos teores de alumínio trocável (MARIMON-JUNIOR; HARIDASAN, 2005).

O Parque estava protegido da ocorrência de fogo por mais de cinco anos, quando, no dia 09 de setembro de 2008 ocorreu incêndio que queimou 95% do Parque (Figura 1), oportunizando assim, realização deste trabalho. O incêndio teve início fora dos domínios do Parque e não teve a causa determinada. O fogo alcançou o Parque por volta das 13:00 h e as chamas alcançaram até 5 m de altura, atingiu a copa da maioria das árvores (SILVÉRIO, 2010). Apenas três fragmentos do Parque não foram queimados por este evento de fogo, sendo um deles o nosso objeto de estudo (Figura 1). Portanto, este estudo foi realizado em duas áreas adjacentes de Cerrado sentido restrito, sendo uma de Cerrado Queimado (~2,5 ha) (CQ) e outra de Cerrado não queimado (~1,0 ha), denominada de Cerrado Controle (CC) (Figura 1).

No dia em que ocorreu o fogo a umidade relativa do ar no Parque do Bacaba era de 41%, a temperatura do ar era de 29°C (máxima de 40°C e mínima de 17°C) (Figura 2) e velocidade média do vento era de 21 km/h (dados INMET 83319-MT) (SILVÉRIO, 2010).

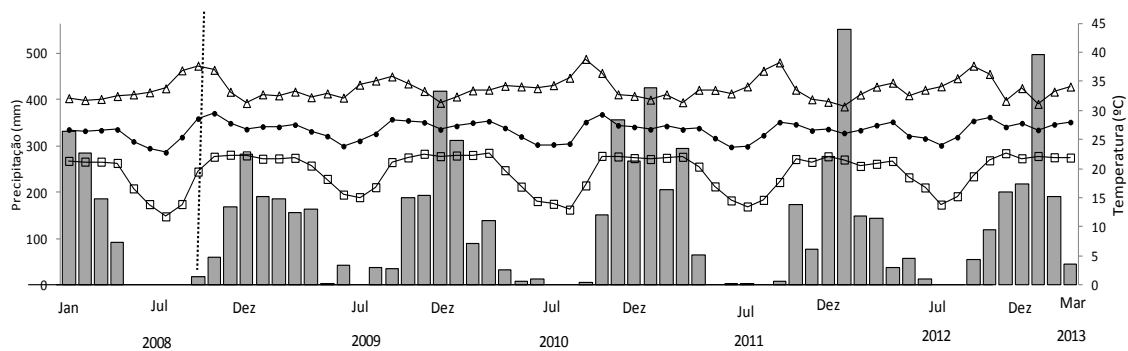


Figura 2. Climatograma de Janeiro de 2008 à Março de 2013 para a região na qual se localiza o Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. Precipitação mensal (■); Temperatura mensal máxima (Δ); Temperatura mensal média (●); Temperatura mensal mínima (□) e a linha pontilhada indica o mês da ocorrência de fogo (Fonte: INMET 83319-MT).

2.4.2 Coleta de dados

No CQ a seleção dos indivíduos em campo foi realizada em maio de 2008 (antes do fogo) e seguiu três critérios: 1) indivíduos lenhosos adultos, com diâmetro da base ≥ 2 cm a 30 cm acima do solo ($Db_{30cm} \geq 2$ cm); 2) distância mínima de 10 m entre indivíduos da mesma espécie, como critério de independência entre os indivíduos e 3) indivíduos sem brotos na base do caule e sem evidências de danos na copa ou no tronco. No CC a seleção dos indivíduos seguiu os mesmos critérios e foi realizada em setembro de 2008, poucos dias após ocorrência do incêndio na área adjacente, CQ. As espécies amostradas pertencem a 15 famílias botânicas e juntas representam 62,5% do valor de importância (VI) da comunidade (GOMES *et al.*, 2011). Cada indivíduo avaliado teve suas coordenadas geográficas anotadas, foi taxonomicamente identificado e recebeu placa de alumínio com número e nome da espécie Tabela 1.

Tabela 1. Conjunto de espécies estudadas em área de Cerrado Queimado (CQ) e Cerrado protegido de fogo (CC) no Parque Municipal do Bacaba em Nova Xavantina, Mato Grosso.

Espécie	Família	Indivíduos	
		CQ	CC
<i>Anacardium occidentale</i> L.	ANACARDIACEAE	12	
<i>Antonia ovata</i> Pohl	LOGANIACEAE	12	
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	APOCYNACEAE	12	
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	APOCYNACEAE	12	
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> H. B. & K.	MALPIGHIACEAE	23	12
<i>Byrsonima pachyphylla</i> Griseb.	MALPIGHIACEAE	24	12
<i>Davilla elliptica</i> St. Hil.	DILLENIACEAE	28	12
<i>Dipteryx alata</i> Vog.	FABACEAE	12	
<i>Erythroxylum suberosum</i> St. Hil.	ERYTHROXYLACEAE	24	
<i>Eugenia aurata</i> O. Berg.	MYRTACEAE	21	6
<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A. Juss.	MALPIGHIACEAE	12	
<i>Himatanthus obovatus</i> (M. Arg.) R. E. Woodson	APOCYNACEAE	20	
<i>Kielmeyera rubriflora</i> Cambess.	CLUSIACEAE	24	12
<i>Lafoensia pacari</i> St. Hil.	LYTHRACEAE	24	
<i>Myrcia lanuginosa</i> O. Berg.	MYRTACEAE	12	13
<i>Ouratea hexasperma</i> (A. St.-Hil.) Baill.	OCHNACEAE	12	12
<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart. ex Engl.) Engl.	OCHNACEAE	24	12
<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A. Robyns.	MALVACEAE	24	
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	VOCHYSIACEAE	23	12
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	VOCHYSIACEAE	23	12
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	VOCHYSIACEAE	24	12
<i>Roupala montana</i> Aubl.	PROTEACEAE	12	12
<i>Salvertia convallariaeodora</i> St. Hil.	VOCHYSIACEAE	12	
<i>Tachigali aurea</i> Tul.	FABACEAE	24	
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schlecht.) K. Schum.	RUBIACEAE	23	
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke.	FABACEAE	12	
Total geral	15	485	139

Em ambas as áreas (CQ e CC), após cinco meses da ocorrência de fogo no CQ, mensuramos a altura total e o Db do tronco principal e observamos o tipo de resposta de cada indivíduo. Depois disso realizamos mais três mensurações: 1) em dezembro de 2010 – 27 meses; 2) em janeiro de 2012 – 40 meses e, 3) em janeiro de 2014 – 64 meses (Tabela 2). Na área CQ, registramos o tipo de respostas dos indivíduos ao fogo na primeira avaliação (2009) e confirmamos o tipo de resposta na segunda avaliação (2010), de acordo com os quatro tipos de respostas possíveis (COUTINHO, 1990; HOFFMANN *et al.*, 2009; MEDEIROS; MIRANDA, 2005; MOREIRA *et al.*, 2008; RIBEIRO *et al.*, 2012) e registramos a mortalidade do tronco principal em ambas as áreas (CQ e CC), no período de 64 meses (Figura 3).

Nas duas áreas e em todas as avaliações mensuramos a altura total e o Db_{30cm} do tronco principal de todos os indivíduos (FELFILI *et al.*, 2005) (Tabela 2). Para alguns

indivíduos de *Davilla elliptica* que estavam inclinados, mensuramos o comprimento ao invés da altura total. Estimamos a espessura média de casca, a partir da mensuração de 10 a 13 indivíduos por espécies (Tabela 2 e Tabela 3)

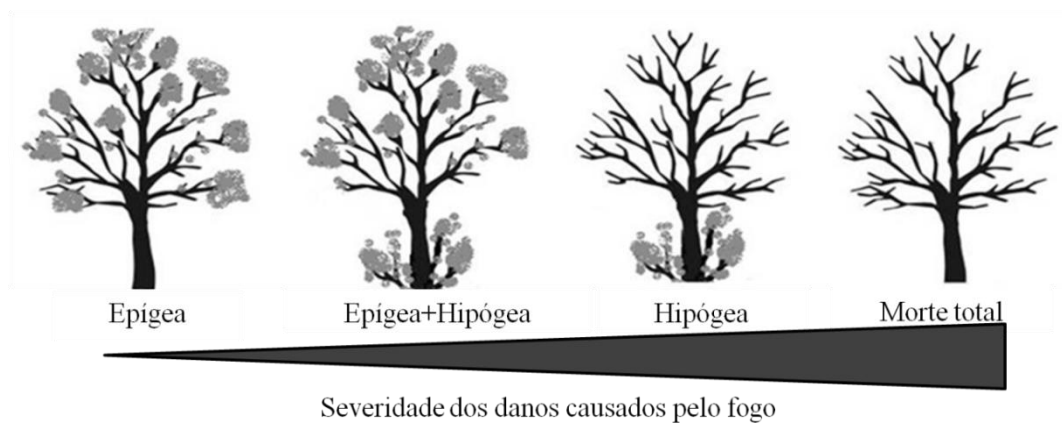


Figura 3. Tipos de respostas observadas em indivíduos lenhosos de Cerrado sentido restrito após a ocorrência de fogo (Fonte: MEDEIROS; MIRANDA, 2008; MOREIRA et al., 2008).

Tabela 2. Esquema das mensurações do tronco principal em indivíduos lenhosos de Cerrado sentido restrito após a ocorrência de fogo em Cerrado queimado (CQ) e no Cerrado controle (CC) no Parque Municipal do Bacaba em Nova Xavantina, Mato Grosso.

Mês/ano	Meses depois do fogo	Tipos de resposta	Tronco principal (CQ e CC)		
			At (m)	Db _(30cm)	casca (cm)
02/2009	5	x	x	x	
12/2010	27	x	x	x	
01/2012	40		x	x	
01/2014	64		x	x	x

At = Altura total; Db = diâmetro da base a 30 cm do solo; casca = espessura de casca.

2.4.3 Análise dos dados

Para avaliar o tipo de rebrota como resposta à ocorrência de fogo calculamos a porcentagem de indivíduos em cada tipo de resposta. Para avaliar a importância das características dos indivíduos no tipo de resposta ao fogo, utilizamos correlação e modelo de regressão logística sequencial (ZAR, 2010). Primeiro, calculamos o grau de associação, através do teste de correlação de Pearson entre a proporção de indivíduos com a emissão de brotos basais para os grupos (epígeo+hipógeo somados com os hipógeo) em função das médias de espessura da casca, do Db e da altura total por espécie. Testamos também a associação entre o diâmetro da base e a espessura de casca e entre a altura total e a espessura de casca. Estas análises foram realizadas através do programa BioEstat 5.0 (AYRES *et al.*, 2007; ZUUR *et al.*, 2009).

Posteriormente, por meio do modelo de regressão logística sequencial, verificamos a probabilidade de determinado indivíduo apresentar uma das respostas ao fogo em função: a) da altura total; b) do diâmetro da base (Db_{30cm}), e c) da espessura de casca. Esta análise foi realizada no Programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008). Inicialmente utilizamos o modelo geral, com todas as variáveis e interações, em seguida fizemos a seleção de modelo para avaliar a contribuição de cada variável para explicar o tipo de resposta ao fogo apresentado por cada um dos indivíduos estudados (por meio da função *dredge* do pacote *MuMin* do programa R (R CORE TEAM, 2002)). Incluímos no modelo preditivo final as variáveis presentes no modelo com menor critério de informação de Akaike (ZUUR *et al.*, 2009). Para auxiliar na compreensão dos resultados do modelo, criamos gráfico preditivo para diferentes tamanhos de diâmetro e duas espessuras de casca (1,0 e 1,6 cm - que compreendem o primeiro e o terceiro quartil da espessura média de casca de todas as espécies estudadas) (Figura 5) (ZUUR *et al.*, 2009).

Para o cálculo dos incrementos em altura total e em Db do tronco principal utilizamos apenas as 12 espécies em comum registrada nas áreas CQ e CC (Tabela 1). Tendo em vista a ausência de normalidade, avaliada por meio do teste de Shapiro-Wilk, comparamos os valores médios dos incrementos por meio do teste de Mann-Whitney, sendo a unidade amostral cada uma das espécies avaliadas (GOTELLI; ELLISON, 2011; ZAR, 2010). Estes testes foram processados no programa BioEstat 5.0 (AYRES *et al.*, 2007; ZUUR *et al.*, 2009).

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tipo de resposta ao fogo – Na área CQ após 27 meses da ocorrência do fogo 57% dos indivíduos apresentaram rebrota epígea, 24% hipógea, 15% epígea+hipógea, e apenas 4% morte (Tabela 3). A maior proporção de indivíduos com rebrota epígea, seguida da resposta hipógea corrobora com o estudo de Medeiros e Miranda (2008). Os autores avaliaram queimadas prescritas em Campo Sujo no Distrito Federal e classificaram as espécies em sete categorias de resposta ao fogo. Adequando estas categorias aos quatro tipos de resposta avaliadas no presente estudo, verificamos que Medeiros e Miranda (2008) registraram 36% dos indivíduos com resposta epígea, 31% com resposta hipógea, 11% epígea+hipógea, enquanto 22% com mortalidade. A maior taxa de mortalidade registrada no Campo Sujo, provavelmente se deve ao menor porte dos indivíduos nesta fitofisionomia do que as avaliadas no Cerrado sentido restrito. Por outro lado, Ribeiro et al. (2012) encontraram, de acordo as classes de diâmetro, entre 85% e 91% de resposta epígea para os indivíduos lenhosos da comunidade após ocorrência de fogo, em área de Cerrado sentido restrito protegida do fogo por cinco anos em Barra do Garças, Mato Grosso. Estas comparações devem ser vistas com ressalvas tendo em vista as possíveis diferenças na intensidade do fogo, nas fitofisionomias estudadas, na estrutura das comunidades e na metodologia adotada em cada estudo. Por exemplo, enquanto Ribeiro et al. (2012) estudou indivíduos com diâmetro acima de 4,7 cm, medidos a 30 cm do solo, Medeiros e Miranda (2008) investigaram indivíduos com diâmetro acima de 2,0 cm, medidos a 30 cm do solo.

O tipo de resposta, no entanto, apresentou grande variação entre as espécies. Enquanto algumas tiveram único tipo de resposta ao fogo (por exemplo, *D. alata* e *S. convallariaeodora*, em que 100% dos indivíduos apresentaram resposta epígea), outras tiveram indivíduos em todos os grupos de rebrota (por exemplo: *B. coccolobifolia*, *D. elliptica* e *O. spectabilis*). No CC as mudanças registradas na vegetação foi somente a morte de três indivíduos, dois em 2010 (um de *O. hexasperma* e outro de *Q. parviflora*), e um de *B. coccolobifolia* em 2012.

Cinco das espécies aqui estudadas foram classificadas por Gomes et al. (2014) como sensíveis ao fogo (*D. elliptica*, *E. suberosum*, *E. aurata*, *T. aurea* e *V. macrocarpa*) e outras nove como resistentes (*D. alata*, *H. byrsonimifolia*, *K. rubriflora*, *L. pacari*, *M. lanuginosa*, *P. longiflorum*, *Q. multiflora*, *Q. parviflora* e *T. formosa*). Porém, a espessura média de casca das espécies resistentes ao fogo ($1,27 \pm 0,29$ cm) foi semelhante a espessura média de casca

das espécies sensíveis ($1,35 \pm 0,19$ cm) (Tabela 3). Cabe ressaltar que o critério de classificação utilizado por Gomes et al. (2014) levou em consideração somente a mudança na densidade de indivíduos após a passagem do fogo. Este critério pode favorecer a classificação das espécies com maior densidade de indivíduos como sensíveis ao fogo, uma vez que as espécies deste grupo tendem a apresentar maior número de indivíduos amostrados (GOTELLI; ELLISON, 2011). Assim, a classificação das espécies pode ter sido mais afetada pela abundância da espécie (número amostral) do que pela mudança relativa na densidade de indivíduos associado a ocorrência do fogo.

Nove espécies aqui estudadas também foram avaliadas por Medeiros e Miranda (2008). Para sete destas espécies (*D. elliptica*, *O. hexasperma*, *Q. grandiflora*, *Q. parviflora*, *B. coccolobifolia*, *B. pachyphylla* e *H. byrsonimifolia*) a proporção de indivíduos com resposta epígea ou epígea+hipógea foram maior que 50% em ambos os estudos. Houve concordância também para *Roupala montana* que teve mais de 70% dos indivíduos com resposta hipógea ou mortalidade completa, em ambos os estudos. Estes resultados podem estar relacionados ao tipo de vegetação, pois, espécies de Campo Sujo apresentam menor porte em relação ao Cerrado sentido restrito, o que pode ter proporcionado maior mortalidade dos indivíduos.

Por outro lado, *E. suberosum* apresentou resposta distinta, enquanto no nosso estudo a maioria dos indivíduos tiveram resposta hipógea (58%), no estudo de Medeiros e Miranda (2008) a maioria apresentou resposta epígea (68%). Um dos fatores que pode ter influenciado é que em nosso estudo temos indivíduos em diferentes classes de tamanhos, outro fato a ser considerado é a espessura de casca destas espécies que em nosso estudo são superiores a espessura mínima de 0,60 – 0,80 cm (Tabela 3) para oferecer proteção efetiva ao câmbio quando há fogo (HOFFMANN; SOLBRIG, 2003; MIRANDA; SATO, 2005). Estes resultados sugerem assim, que as características que conferem resistência ao fogo, como por exemplo, casca mais espessa (HOFFMANN *et al.*, 2009; MIRANDA; SATO, 2005; MOREIRA *et al.*, 2007, 2008), tem importância relativamente maior comparado as outras variáveis que influenciam a severidade do fogo. Entretanto, com as diferentes respostas observadas para *E. suberosum* deve ser levado em conta também a variação na intensidade do fogo (SATO *et al.*, 2010), na distribuição de altura dos indivíduos atingidos pelo fogo (MIRANDA; KLINK, 1996) e no diâmetro mínimo dos indivíduos (MEDEIROS; MIRANDA, 2005; RIBEIRO *et al.*, 2012) no momento em que ocorreu o fogo.

Tabela 3. Tipos de rebrotas de indivíduos em resposta à ocorrência de fogo e médias de porte e espessura de casca em área de Cerrado sentido restrito no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT.

Espécie	Ncq	Tipos de respostas (CQ)				Nt	Porte e espessura de casca dos indivíduos							
		Re	Reh	Rh	Mo		CQ+CC	At (m)		Db _{30cm}		Ntc	Casca	
								MA	DPa	MD	DPd		MC	DPc
<i>Anacardium occidentale</i>	12	11	1			12	5,28	1,24	18,23	4,71	10	1,56	0,37	
<i>Antonia ovata</i>	12			12		12	3,39	0,57	2,48	0,45	13	0,25	0,11	
<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	12	11		1		12	5,19	0,78	13,06	3,89	10	1,59	0,29	
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	12	11	1			12	4,44	0,67	9,87	2,10	10	1,40	0,32	
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	23	16	4	2	1	35	4,77	1,08	10,35	3,13	10	1,27	0,21	
<i>Byrsonima pachyphylla</i>	24	20	2	1	1	36	2,84	0,46	6,63	1,52	10	0,95	0,32	
<i>Davilla elliptica</i>	28	7	15	4	2	40	2,99	0,62	7,72	2,62	10	1,18	0,22	
<i>Dipteryx alata</i>	12	12				12	8,20	1,59	27,34	7,31	10	1,45	0,50	
<i>Erythroxylum suberosum</i>	24	7	3	14		24	2,43	0,76	5,25	2,03	11	1,33	0,23	
<i>Eugenia aurata</i>	21	15	4		2	27	3,22	0,76	8,07	1,90	12	1,59	0,24	
<i>Heteropterys byrsonimifolia</i>	12	8	3	1		12	4,00	0,80	11,37	4,69	10	1,07	0,22	
<i>Himatanthus obovatus</i>	20	5	1	14		20	2,66	0,82	4,04	2,22	11	0,92	0,25	
<i>Kielmeyera rubriflora</i>	24	15	6	2	1	36	4,03	0,79	9,73	3,84	11	1,54	0,42	
<i>Lafoensia pacari</i>	24	11	6	7		24	4,25	1,10	8,99	2,90	10	1,06	0,25	
<i>Myrcia lanuginosa</i>	12	1	1	10		25	2,73	0,57	5,87	1,72	10	1,10	0,24	
<i>Ouratea hexasperma</i>	12	10	2			24	3,41	0,51	9,83	1,82	10	1,47	0,25	
<i>Ouratea spectabilis</i>	24	9	5	7	3	36	4,51	0,95	10,75	3,03	13	1,68	0,41	
<i>Pseudobombax longiflorum</i>	24	16	1	5	2	24	3,38	0,76	10,26	2,42	12	1,29	0,47	
<i>Qualea grandiflora</i>	23	11	7	5		35	4,53	1,01	11,36	4,13	10	1,65	0,32	
<i>Qualea multiflora</i>	23	11	6	5	1	35	3,78	0,75	8,54	2,23	11	0,95	0,13	
<i>Qualea parviflora</i>	24	20		2	2	36	5,31	0,96	12,76	2,77	10	1,32	0,20	
<i>Roupala montana</i>	12	3		9		24	4,71	2,15	8,44	4,86	10	1,33	0,18	
<i>Salvertia convallariaeodora</i>	12	12				12	4,54	0,73	12,52	1,60	11	2,11	0,34	
<i>Tachigali aurea</i>	24	18		2	4	24	5,66	0,94	11,97	2,82	10	1,42	0,34	
<i>Tocoyena formosa</i>	23	6	5	12		23	2,27	0,76	3,59	1,27	11	0,63	0,13	
<i>Vatairea macrocarpa</i>	12	10	2			12	6,52	0,96	17,63	5,28	10	1,48	0,35	
Total geral	485	276	75	115	19	624	4	1,48	10	5	276	1	0,47	

Ncq=número de indivíduos antes do fogo no CQ (Re=rebrota epígea; Reh=rebrota epígea+hipógea; Rh=rebrota hipógea; Mo=mortos); Nt=número total de indivíduos (CQ+CC); At=altura total; MA=média At; DPa=desvio padrão At; Db=diâmetro da base; MD=média Db; DPd=desvio padrão Db; Ntc=número de indivíduos tomados a espessura de casca; MC=média casca; DPc=desvio padrão da casca.

Variáveis importantes para o tipo de resposta dos indivíduos ao fogo - O tipo de resposta dos indivíduos ao fogo teve relação com a espessura da casca. A correlação entre a proporção de indivíduos por espécie com a emissão de brotos basais em função da média de espessura da casca foi significativa ($t = 5,14$; $p < 0,01$), com associação negativa ($r = - 0,72$). Espécies com casca mais espessa apresentaram menor proporção de indivíduos com emissão de brotos basais (Figura 4a). O mesmo ocorreu para o diâmetro, quanto maior o Db menor o número de rebrotas basais ($t = 4,60$; $p < 0,01$), com $r = - 0,68$ (Figura 4b) e para a altura ($t = 3,56$; $p < 0,01$) e $r = - 0,58$ (Figura 4c). A associação entre as médias de espessura de casca por espécie foi significativa também para as médias de diâmetro da base ($t = 4,11$; $p < 0,05$; $r = 0,64$) e para altura total ($t = 2,47$; $p < 0,05$; $r = 0,45$) de cada espécie. Logo, indivíduos com casca mais espessa, com diâmetros e alturas maiores apresentam menores danos com a passagem do fogo (MIRANDA *et al.*, 2010; RIBEIRO *et al.*, 2012) e, quando danificados, tendem a apresentar rebrotas epígeas. Neste sentido, inferimos que a maior porcentagem de rebrota epígea registrada pode estar relacionado com o comportamento e tipo de fogo (rápido e de superfície) associado às características dos indivíduos, assim a severidade dos danos foram de moderado a fraco para a maioria dos indivíduos avaliados.

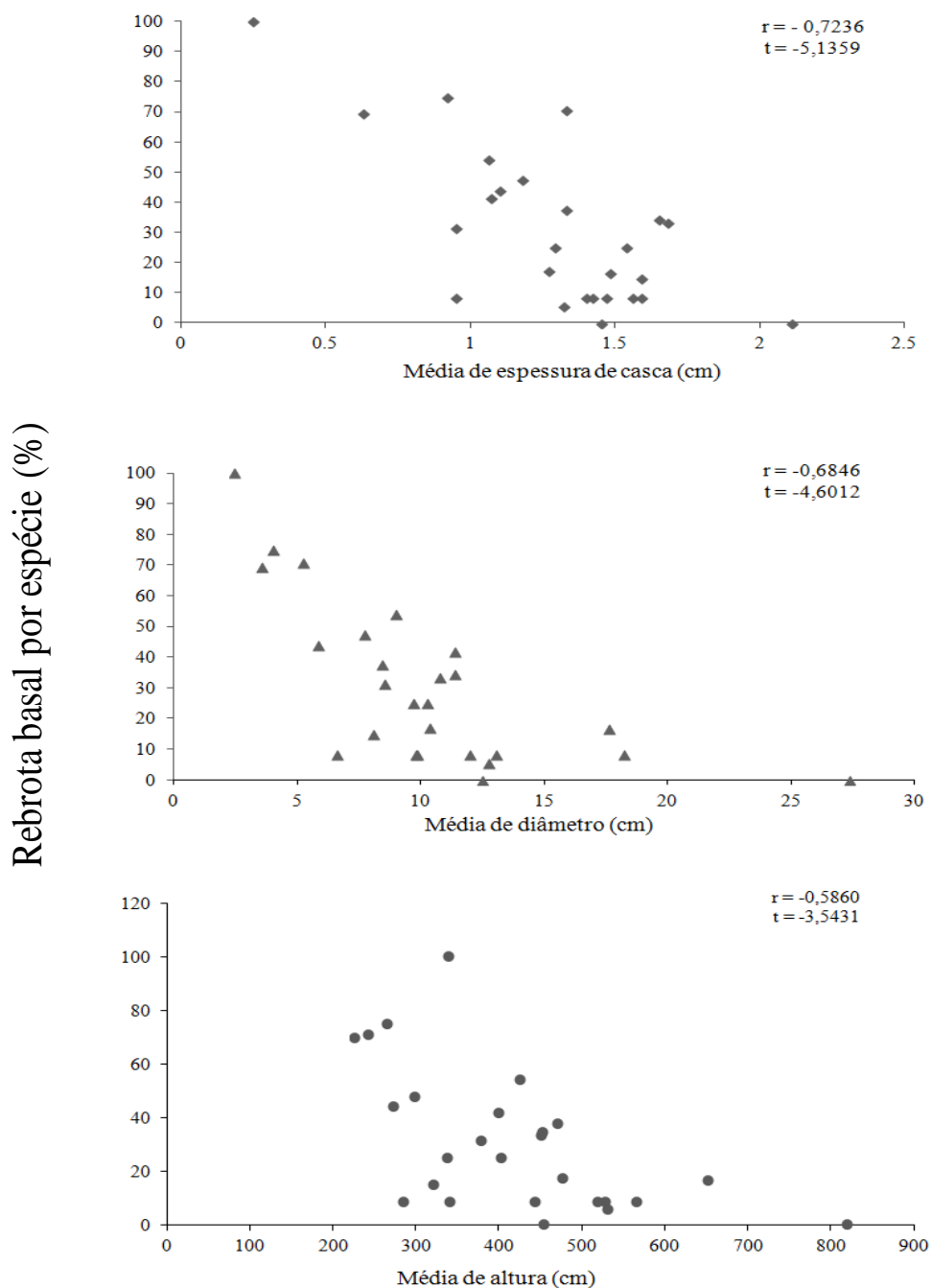


Figura 4. Proporção de indivíduos por espécie com a emissão de brotos basais após ocorrência de fogo, em função da espessura de casca (a), do diâmetro da base medido a 30 cm de altura do solo (b) e da altura total (c), em área de Cerrado sentido restrito no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT.

O melhor modelo para prever o tipo de resposta dos indivíduos lenhosos ao fogo foi aquele que incluiu a espessura de casca, o diâmetro da base e a interação entre estas duas variáveis (Tabela 4). O sumário do melhor modelo apresentou significativa contribuição da

espessura de casca e do Db para explicação do tipo de rebrota (Tabela 5), e os parâmetros de comparação par a par entre os tipos de resposta ao fogo indicaram diferenças significativas entre todos os grupos. A altura total, que avaliada de forma isolada por meio da análise de correlação teve resultado significativo para o tipo de resposta ao fogo, não contribuiu para o ajuste do melhor modelo e, portanto, não foi incluída do modelo final (Tabela 5). Medeiros e Miranda (2005), relatam a altura como importante preditora para respostas à severidade de danos associados ao fogo, em áreas de Cerrado sentido restrito. Segundo estes autores, indivíduos com altura total inferior a 1,5 m no momento da ocorrência de fogo, foram mais propensos à resposta hipógea ou a morte do indivíduo. Adicionalmente, Miranda et al. (1993) sugeriram que o limite mínimo para a sobrevivência ao fogo como sendo 60 cm de altura. Neste sentido, inferências para todas as classes de altura das populações, com base em nossos resultados devem ser vistos com ressalvas, uma vez que no presente estudo todos os indivíduos apresentavam altura total ≥ 1 m quando houve ocorrência de fogo. No entanto, outros estudos têm evidenciado que, indivíduos com casca grossa está mais protegido dos efeitos negativos do fogo, independente da altura (DANTAS; PAUSAS, 2013; HOFFMANN et al., 2009; PAUSAS, 2014).

Em nosso modelo preditivo (Figura 5), podemos observar que há pouca variação no tipo de resposta quando a casca é grossa (1,6 cm), com 60% probabilidade de resposta epígea, mesmo quando o diâmetro é menor. No entanto, para casca fina (1 cm) há maior variação e ocorre aumento da probabilidade de resposta epígea+hipógea a partir de 20 cm de diâmetro. Também há diminuição de 20% de probabilidade de resposta hipógea quando a casca é grossa (Figura 5). A partir destes resultados podemos evidenciar a importância da espessura de casca para o tipo de resposta ao fogo. Vários estudos também reportam a importância da espessura de casca e do diâmetro para a sobrevivência de indivíduos de espécies lenhosas aos danos causados pelo fogo (DANTAS; PAUSAS, 2013; HOFFMANN; SOLBRIG, 2003; HOFFMANN et al., 2009; MEDEIROS; MIRANDA, 2005; MIRANDA; SATO, 2005; MOREIRA et al., 2008).

Algumas espécies exemplificam bem estes resultados, por exemplo, os indivíduos de *Dipteryx alata* (com diâmetro médio de $27,33 \pm 7,30$ cm) e *Salvertia convallariaeodora* que possuem casca espessa ($2,10 \pm 0,33$ cm) apresentaram exclusivamente rebrota epígea para todos os seus indivíduos. Em que pese o porte de *D. alata* (At médio de 8,20 m), a maior altura entre as espécies avaliadas. Por outro lado, todos os indivíduos de *Antonia ovata*, com menor

espessura de casca ($0,25\pm 0,11$ cm) e média do diâmetro do tronco < 5 cm (Figura 5), tiveram mortalidade aérea com rebrota, exclusivamente, hipógea. Embora o fogo tenha sido rápido e de superfície, no Cerrado esse tipo de fogo pode atingir temperaturas elevadas (85°C e 884°C) do ar a cima do solo (MIRANDA *et al.*, 2009) e alcançar temperaturas de 38° aos 5 cm abaixo do solo (MIRANDA *et al.*, 1993). Nesse caso, para os indivíduos de *A. ovata*, que apresentaram menor porte e espessura de casca quando ocorreu o fogo, conseqüentemente tiveram mortalidade da parte aérea. Com isso, podemos inferir que sua sobrevivência pode ter ocorrido por causa do seu sistema radicular e órgãos subterrâneos de reserva (COUTINHO, 2000; HOFFMANN, W. A. *et al.*, 2004; MEDINA; SILVA, 1990).

Deste modo, evidenciamos que a espessura de casca foi determinante para a sobrevivência dos indivíduos e para o tipo de resposta a severidade dos danos causados pelo fogo. A espessura da casca determina o grau de isolamento térmico e protege os tecidos vitais no tronco das chamas e das altas temperaturas (MIRANDA; SATO, 2005; PAUSAS, 2014). Assim, espécies lenhosas com casca fina são mais propensas aos danos causados no floema, com isso há perda da eficiência na translocação da seiva elaborada, o que compromete o crescimento e outros processos fisiológicos, e resultar na mortalidade do tronco principal para os indivíduos com casca fina (TAIZ; ZEIGER, 2004). Portanto, a diferença de espessura de casca entre as espécies pode ser fundamental na determinação de quais espécies podem sobreviver melhor às perturbações causadas pelo fogo (HOFFMANN *et al.*, 2009), assim como direcionar mudanças na estrutura e composição florística das comunidades (MOREIRA *et al.*, 2008).

Tabela 4. Parâmetros da seleção de modelos logísticos para avaliar a importância das variáveis incluídas no modelo geral e a probabilidade de resposta de indivíduos lenhosos à ocorrência de fogo em área de Cerrado sentido restrito no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT.

N	Altura total	Espessura de casca	Db _{30cm}	Casca:Db	Df	logLik	AICc	Delta
1		3,170	0,511	-0,319	6	-488,509	989,195	0,000
2	-0,090	3,177	0,534	-0,320	7	-488,190	990,617	1,422
3		0,860	0,067		5	-501,038	1012,202	23,006
4	-0,098	0,850	0,090		6	-500,639	1013,455	24,259
5			0,090		4	-505,202	1018,488	29,292
6	0,157	1,090			5	-504,666	1019,459	30,263
7	-0,110		0,116		5	-504,699	1019,523	30,328
8		1,356			4	-511,484	1031,051	41,855
9	0,239				4	-511,909	1031,902	42,706
10					3	-524,429	1054,907	65,712

N = número do modelo; Db_{30cm} = diâmetro medido a 30 cm de altura do solo; Casca:Db = razão entre a espessura de casca e interação com Db_{30cm}; df = grau de liberdade; logLik = logaritmo da máxima verossimilhança; AICc = critério de correção de Akaike corrigido; delta = delta do AICc, diferença entre o AIC do modelo 1 e o modelo atual.

Tabela 5. Sumário estatístico das variáveis que compuseram o melhor modelo para descrever a probabilidade dos indivíduos lenhosos serem afetados pelo fogo em área de Cerrado sentido restrito no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT.

Variável	Coefficiente do Modelo	Erro Padrão	t.valor	p.valor
Espessura de casca (cm)	3,17	0,599	5,295	<0,001
Diâmetro (cm)	0,511	0,095	5,385	<0,001
Espessura de casca (mm): Diâmetro (cm)	-0,319	0,067	-4,786	<0,001
Rebrota Hipógea Mortalidade total	3,528	0,766	4,604	<0,001
Mortalidade total Rebrota Epígea	3,795	0,77	4,927	<0,001
Rebrota Epígea Rebrota Epígea+Hipógea	6,677	0,8	8,343	<0,001

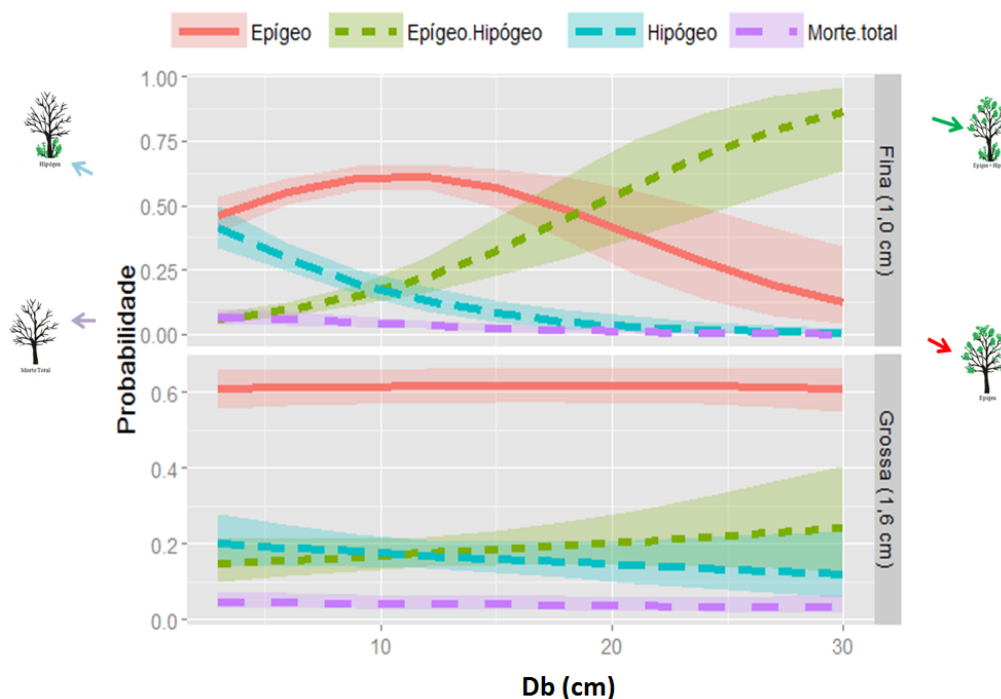


Figura 5. Modelo preditivo indicando a probabilidade de influência da espessura de casca e do diâmetro do tronco medido a 30 cm de altura do solo (Db_{30cm}) na resposta à ocorrência de fogo em indivíduos de espécies lenhosas em área de Cerrado sentido restrito no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT.

Investimentos em altura e diâmetro - ao comparar as espécies em comum do CQ e CC (ver Tabela 1), após o período de 64 meses da ocorrência de fogo (2014), houve pouca variação na altura total do tronco principal (Figura 6), não sendo significativa a diferença entre os grupos ($U = 41,5; p > 0,05$). No entanto, houve maior incremento em diâmetro dos indivíduos do CQ ($U = 21; p = 0,003$), em comparação com os do CC (Figura 6). Gomes et al. (2014) analisaram a vegetação arbustivo-arbórea em Cerrado Rupestre e constataram que a área basal reduziu após a queimada mas apresentou aumento entre 1 e 4 anos após ocorrência de fogo. Nesse caso, o maior incremento em diâmetro nos indivíduos do CQ em relação ao CC pode indicar alta capacidade de recuperação dos indivíduos que permaneceram vivos após a passagem do fogo (DANTAS; PAUSAS; *et al.*, 2013; FIEDLER *et al.*, 2004; SATO *et al.*, 2010).

O maior incremento em diâmetro no CQ também pode estar relacionado com a diminuição da competição (MIRANDA *et al.*, 2002) e com a maior disponibilidade de nutrientes e condicionamento do solo pela deposição das cinzas (COUTINHO, 2000;

HUNTLEY; WALKER, 1982). Com a maior disponibilidade de nutrientes os indivíduos podem resultar em maior crescimento em diâmetro (JÚNIOR, 2002; REIS, 2013; SOUCHIE *et al.*, 2011), mas poderá mudar a concentração nas folhas, o que reduz sua eficiência de retranslocação e uso (NARDOTO *et al.*, 2006). Assim, mudanças na taxa de crescimento e na eficiência do uso de nutrientes indicam que o funcionamento da vegetação pode ser alterado após a ocorrência do fogo. No entanto, em longo prazo, conforme a inclinação do terreno, o fogo tende a tornar o sistema mais pobre em nutrientes por meio da lixiviação (PINHEIRO; MONTEIRO, 2010) e por meio do transporte atmosférico da fumaça e da dispersão das fuligens (CRUTZEN; ANDREAE, 1990). Por outro lado, sua supressão favorece a evolução estrutural de fitofisionomias abertas para outras mais fechadas (DURIGAN; RATTER, 2006; MIRANDA *et al.*, 2002; MOREIRA, 2000; RIBEIRO *et al.*, 2012). A vista disso, é importante destacar aqui que no decorrer do presente estudo não houve recorrência de fogo e se tivesse ocorrido, esses resultados poderiam ter sido diferentes.

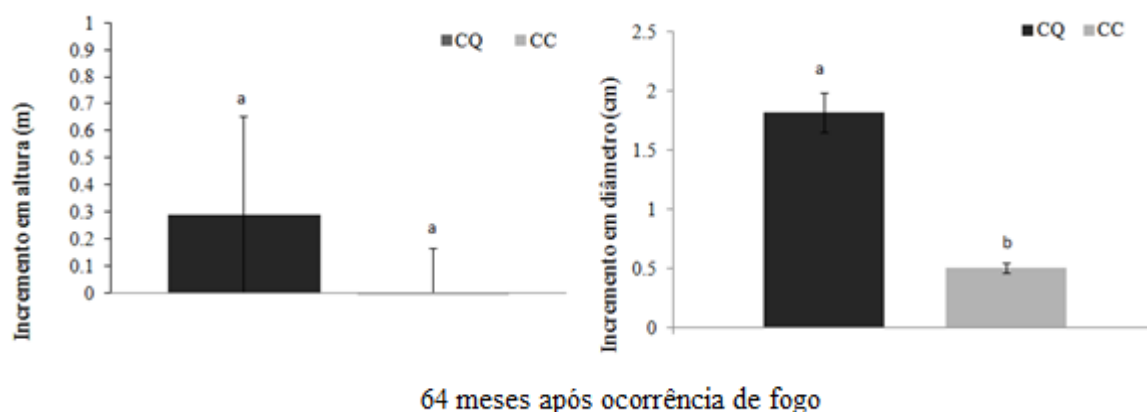


Figura 6. Incremento médio em altura (A) e diâmetro (B) do tronco principal de indivíduos lenhosos após ocorrência de fogo, em áreas de Cerrado sentido restrito Queimada (CQ) e Cerrado Controle (CC) no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. As médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Mann-Whitney ($\alpha = 0,05$).

2.6 CONCLUSÕES

As espécies lenhosas nativas do Cerrado sentido restrito apresentam baixa taxa de mortalidade e grande capacidade de rebrota após ocorrência de fogo, pois a maioria dos indivíduos apresentou resposta epígea. Indivíduos do CQ tiveram os maiores incrementos em diâmetro e

altura depois de 64 meses da passagem do fogo, o que indica a alta capacidade de recuperação após a passagem do fogo. O diâmetro se mostrou importante variável para predizer o tipo de resposta à passagem do fogo, no entanto, a espessura da casca foi a melhor preditora da severidade do fogo, o que indica ser esta uma adaptação da vegetação arbustivo-arbórea que confere resistência aos danos relacionados ao fogo. Nossos resultados permitiram melhor compreensão dos efeitos do fogo sobre a vegetação lenhosa nativa do Cerrado sentido restrito e seus determinantes, o que é de extrema importância para a conservação da biodiversidade e manejo do fogo no Cerrado.

3. DINÂMICA DE REBROTA BASAL EM INDIVÍDUOS LENHOSOS DE CERRADO SENTIDO RESTRITO APÓS OCORRÊNCIA DE FOGO

3.1 RESUMO

A capacidade de rebrota notoriamente é conhecida como o mecanismo pelo qual as espécies vegetais podem recuperar a biomassa acima do solo após a queima. Nosso objetivo foi acompanhar a dinâmica de rebrota basal e/ou subterrânea em espécies lenhosas nativas de Cerrado sentido restrito após passagem do fogo. Após ocorrência do incêndio acompanhamos 485 indivíduos de 26 espécies em quatro ocasiões (15, 27, 40 e 64 meses depois) e avaliamos: o número de brotos basais e/ou subterrâneos emitido por cada indivíduo, a altura total e o diâmetro dos brotos. Adicionalmente, a partir dos brotos basais, estimamos por meio de análise de regressão o tempo necessário para recuperação da biomassa aérea do tronco principal morto pelo fogo. O grupo de indivíduos hipógeo emitiu em média mais brotos ($7,68 \pm 12,59$) do que os indivíduos com rebrota epígeo+hipógeo ($3,99 \pm 3,69$). A mortalidade média de brotos basais acumulada no período de cinco anos para indivíduos com rebrota hipógeo (64%) foi semelhante ao apresentado por aqueles com rebrota epígeo+hipógeo (69%). No entanto, os valores médios de altura e diâmetro dos brotos hipógeos ao fim do período de 5 anos continuaram maiores do que para brotos epígeo+hipógeo. Nossos resultados indicam que há tendência de interrupção no fornecimento de recursos para os brotos basais nos indivíduos com rebrota epígeo+hipógeo, onde constatamos os menores incrementos. Por fim, estimamos que seja necessário 16 anos para que os brotos hipógeos recuperem a biomassa aérea do tronco principal morto pelo fogo, desde que não haja nova perturbação. Desta forma, concluímos que mesmo que a recuperação dos processos ecológicos e os serviços ecossistêmicos possam levar mais tempo, a rebrota e a sua sobrevivência garantem a manutenção da espécie na área, evita sua extinção local e colabora para a resiliência da vegetação lenhosa do Cerrado.

Palavras-chave: biomassa, brotos, conservação, incêndio, resiliência.

3.2 ABSTRACT

DYNAMIC OF BASAL SPROUTS OF WOOD INDIVIDUALS IN A CERRADO *STRICTO SENSU* AFTER FIRE OCCURRENCE

Resprouting capacity is known as a mechanism by which native Cerrado species can recover the aboveground biomass after stem mortality due to fire occurrence. Our goal was to study the dynamics of basal sprouts of woody species after a fire in a Cerrado *sensu stricto* site. After a non-prescribed fire in 2008, we studied 485 individuals (of 26 species) on four consecutive sampling (15, 27, 40 and 64 months after fire) and evaluated for each individuals: the number, height and diameter of basal sprouts. Additionally, we evaluated through a regression analysis, the time to recover the aboveground biomass for individuals with topkill due to fire. Individuals with topkill had on average more basal sprouts (7.68 ± 12.59) than individuals with aerial+basal regrowth (3.99 ± 3.69). The cumulated mortality of basal sprouts in the 64 months period for individuals with basal regrowth (64%) was similar to that shown by individuals with epigeal+hypogeal regrowth (69%). However, after 64 months the height and diameter of basal sprouts were still higher for topkilled individuals compared to individuals with aerial+basal regrowth. Our results indicate a tendency of interrupting the resources supply to basal sprouts in individuals with aerial+basal regrowth, for which also we found small increment in diameter. Finally, we estimate in 16 years the time to recover the biomass of individuals with topkill by fire, if there are no new disturbance. Thus, even if the recovery of ecological processes and ecosystem services may take longer, basal sprouts contributes to species persistence, thus avoiding their local extinction contributing to the resilience of woody vegetation in the Cerrado.

Keywords: biomass, sprouts, conservation, fire resilience.

3.3 INTRODUÇÃO

O fogo seleciona espécies com características morfológicas e ecofisiológicas que garantem a proteção e regeneração após ocorrência de fogo (DANTAS; PAUSAS, 2013; HOFFMANN; FRANCO, 2008; LEHMANN *et al.*, 2011; SATO *et al.*, 2010; WALTER; RIBEIRO, 2010). Entre as estratégias adaptativas associadas ao fogo está a forte suberização do tronco e dos galhos, o que contribui para o isolamento térmico dos tecidos internos, mesmo em altas temperaturas (COUTINHO, 1990; MIRANDA *et al.*, 2002; MOREIRA *et al.*, 2007; PAINE *et al.*, 2010; PAUSAS, 2014); elevado investimento em biomassa radicular (HOFFMANN; FRANCO, 2003b); grande capacidade de armazenamento de água e carboidratos no caule (BUCCI *et al.*, 2004) e em órgãos subterrâneos (CLARKE *et al.*, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2005). Também é evidenciada a alta capacidade de rebrota (COUTINHO, 1990; HOFFMANN, 1998; MOREIRA *et al.*, 2008; PAUSAS; KEELEY, 2014).

A rebrota é eficiente mecanismo pelo qual as espécies podem recuperar a biomassa acima do solo depois de terem perdido parcial ou totalmente a parte aérea, em detrimento da ocorrência de fogo (BOND; MIDGLEY, 2001; HOFFMANN *et al.*, 2009; MEDEIROS; MIRANDA, 2008; MOREIRA *et al.*, 2008). Como os processos reprodutivos sexuais podem ser afetados pelo fogo (HOFFMANN, 1998) os brotos podem garantir a sobrevivência dos indivíduos jovens e a persistência dos adultos (BOND; MIDGLEY, 2001; MEDEIROS; MIRANDA, 2008). Neste caso, a rebrota pode ocorrer a partir das gemas dormentes localizadas a cima do solo ou a partir da base da planta, por exemplo, nas raízes e caules subterrâneos (HOFFMANN; SOLBRIG, 2003; HOFFMANN *et al.*, 2009; MIRANDA; SATO, 2005; SCHAFER *et al.*, 2014).

De acordo com a severidade dos danos causados pelo fogo, os indivíduos das espécies lenhosas apresentam quatro tipos de respostas: (a) rebrota exclusivamente a partir da parte aérea (epígea); (b) rebrota tanto da parte aérea quanto da base do caule e/ou subterrâneos (epígea+hipógea); (c) rebrota exclusivamente a partir de base do caule e/ou subterrâneos (hipógea) e (d) morte, sem vestígio de rebrota (MEDEIROS; MIRANDA, 2008; MOREIRA *et al.*, 2008). Em geral, as espécies vegetais apresentam reservas de carboidratos em suas estruturas subterrâneas (CLARKE *et al.*, 2013), o que pode favorecer a rebrota hipógea quando ocorre a morte do tronco principal. Por outro lado, a rebrota epígea ocorre quando há apenas a queima das folhas (MEDEIROS; MIRANDA, 2005). No entanto, se houver queimadas subsequentes pode ocorrer mortalidade significativa destes brotos (MEDEIROS;

MIRANDA, 2008). Dessa forma, estudos sobre a dinâmica de rebrota, sem que haja queimadas subsequentes logo nos primeiros anos, são necessários para melhor entender o desenvolvimento dos brotos em detrimento ao fogo.

Apesar dos estudos existentes sobre rebrota das espécies do Cerrado (COUTINHO, 1990; MEDEIROS; MIRANDA, 2008; NEVES; CONCEIÇÃO, 2010; SARTORELLI *et al.*, 2007; SATO, 1996, 2003; VALE; LOPES, 2010), pouco se sabe sobre a dinâmica destes brotos nos primeiros anos após ocorrência de fogo. Em geral, os estudos só incluem as rebrotas quando estes apresentam diâmetro mínimo de inclusão como recrutas (AQUINO *et al.*, 2007; FELFILI, 2009; OLIVEIRA; FELFILI, 2008), normalmente com diâmetro da base, medido a 30 cm de altura do solo – $Db_{30cm} \geq 3$ ou 5 cm (DURIGAN, 2012).

Neste sentido, este trabalho investigou a dinâmica de rebrota basal em indivíduos lenhosos de espécies nativas do Cerrado sentido restrito após ocorrência de fogo para: a) comparar o número de rebrotas basais, inicial e final, entre os grupos hipógeo e epígeo+hipógeo; b) comparar as médias de altura total e diâmetro da base entre as rebrotas basais nos grupos hipógeo e epígeo+hipógeo e, c) estimar o tempo necessário para que os brotos hipógeos recuperem a biomassa aérea do tronco principal morto pelo fogo.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1 Área de estudo

Este estudo foi realizado na Unidade de Conservação Municipal, denominada Parque do Bacaba, localizado em Nova Xavantina, Mato Grosso (Figura 1). O Parque tem aproximadamente 500 ha e altitude média de 250 m (MARIMON-JUNIOR; HARIDASAN, 2005). A região têm invernos secos (abril a setembro) e verões chuvosos (outubro a março) e apresenta solos predominantemente distróficos, álicos, profundos, bem drenados e de textura média (RADAMBRASIL, 1981). O Parque tem os solos com $pH < 5$, baixos teores de cálcio e magnésio e altos teores de alumínio trocável, e a vegetação predominante é o Cerrado sentido restrito (MARIMON-JUNIOR; HARIDASAN, 2005).

O Parque do Bacaba estava protegido de fogo por mais de cinco anos quando em setembro de 2008 um incêndio adentrou os limites do Parque e suas chamas (≈ 5 m de altura) atingiram a copa da maioria das árvores (SILVÉRIO, 2010) e queimou 95% de sua vegetação

(Figura 1). No dia da passagem do fogo no Parque do Bacaba a umidade relativa do ar era de 41%, temperatura do ar de 29°C (Figura 2) e velocidade média do vento de 21 km/h (dados INMET 83319-MT).

A figura 1 ilustra a área de Cerrado sentido restrito queimada (~2,5 ha) onde realizamos este estudo (representada pela linha pontilhada em cor preta). Neste capítulo avaliamos a dinâmica dos brotos basais emitidos pelos indivíduos classificados como hipógeos (com tronco principal morto) e epígeos+hipógeos (com tronco principal vivo) na área de Cerrado sentido restrito queimado (CQ) (ver: Figura 1 e Tabela 3).

3.4.2 Coleta de dados

Dividimos o trabalho em duas etapas: 1) seleção dos indivíduos - antes da ocorrência do fogo, em 2008 e seguiu três critérios: a) indivíduos lenhosos adultos, com diâmetro da base ≥ 2 cm a 30 cm acima do solo ($Db_{30cm} \geq 2$ cm); b) distância mínima de 10 m entre indivíduos da mesma espécie, como critério de independência entre os indivíduos e c) indivíduos sem brotos na base do caule e sem evidências de danos na copa ou no tronco e, 2) depois do fogo (15, 27, 40 e 64 meses) (Tabela 6).

Nesta segunda etapa contamos o número de rebrotas basais emitidas por cada indivíduo, mensuramos a altura total e o diâmetro dos brotos a 10 cm acima da altura do solo ($Db_{10\text{ cm}}$). Adotamos o Db_{10cm} , tendo em vista que muitos brotos apresentavam altura total ≤ 30 cm, principalmente no primeiro ano após a passagem do fogo. Assim, foi necessário tomar as medidas de Db a 10 cm a altura do solo e não a 30 cm, como tradicionalmente é recomendado para a vegetação lenhosa do Cerrado sentido restrito (DURIGAN, 2012; FELFILI *et al.*, 2005), apesar de haver alguns estudo que adotam Db_{10cm} (MORRO; MARTINS, 2011). Devido ao grande número de brotos emitidos (alguns indivíduos com mais de 30 brotos), nós tomamos para cada indivíduo três medidas de altura total e três medidas de $Db_{10\text{ cm}}$. Para isso, dividimos os brotos em grupos de altura total e de diâmetro da base semelhante e mensuramos uma medida de diâmetro e de altura para cada grupo. Posteriormente calculamos a média ponderada (da altura e do diâmetro) dos brotos por indivíduo.

Tabela 6. Esquema das mensurações dos brotos basais de indivíduos lenhosos de Cerrado sentido restrito após a ocorrência de fogo no Parque Municipal do Bacaba em Nova Xavantina, Mato Grosso.

Mês/ano	Meses depois do fogo	Brotos (CQ)		
		N	Db _(10cm)	At (m)
12/2009	15	x	x	x
12/2010	27	x	x	x
01/2012	40	x	x	x
01/2014	64	x	x	x

At = Altura total; Db = diâmetro da base a 10 cm do solo; CQ = Cerrado queimado em 2008.

3.4.3 Análises dos dados

Como houve ausência de normalidade dos dados (avaliada por meio do teste de Shapiro-Wilk), comparamos o número de rebrotas basais, inicial e final, entre os grupos hipógeo e epígeo+hipógeo, por meio do teste de Mann-Whitney para amostras independentes (AYRES *et al.*, 2007; ZAR, 2010). Para comparar as médias de altura total e Db das rebrotas basais entre os grupos hipógeo e epígeo+hipógeo utilizamos o teste *t de Student* com o auxílio do programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008).

Para calcular a biomassa aérea dos brotos hipógeos e do tronco principal morto pelo fogo utilizamos o Modelo de Schumacher e Hall, proposto para vegetação de Cerrado de sentido restrito, de distribuição residual homogênea e ajuste de 0,99 (REZENDE *et al.*, 2006).

$$Y = \beta_0 (Db^{\beta_1} Ht^{\beta_2}) + \varepsilon$$

Onde Y é a biomassa aérea dos brotos hipógeos (kg), Db é o diâmetro dos brotos hipógeos tomados a 10 cm a altura do solo, Ht é a altura total dos brotos hipógeos (m), β_0 , β_1 e β_2 são os parâmetros fixos do modelo (0,0305; 2,2716 e 0,8975, respectivamente) e ε é o erro da estimativa.

A biomassa média dos brotos hipógeos, calculada para as quatro ocasiões diferentes após a passagem do fogo (15, 27, 40 e 64 meses) foi posteriormente utilizada na análise de regressão linear simples (GOTELLI; ELLISON, 2011) (AYRES *et al.*, 2007). Posteriormente utilizamos estes dados para estimar o tempo necessário de recuperação da biomassa aérea viva

do tronco principal morte pelo fogo de 2009. Por fim, a partir da equação da regressão estimamos o tempo necessário para que os múltiplos brotos hipógeos recuperem a biomassa acima do solo, do tronco principal morto pelo fogo.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de brotos basais para indivíduos com rebrota hipógea ($7,68 \pm 12,59$) foi maior que para epígea+hipógea ($3,99 \pm 3,69$), sendo significativa a diferença entre as médias ($U = 112,5$; $p > 0,05$). Medeiros e Miranda (2008) também verificaram maior número de emissões de brotos hipógeos em Campo Sujo com queimadas prescritas. Isso indica que indivíduos com rebrota hipógea, por não investir no tronco principal alocam mais recursos na emissão de novos brotos (OLIVEIRA *et al.*, 2005; RIBEIRO *et al.*, 2012).

Após cinco anos da ocorrência do fogo, a mortalidade média acumulada dos brotos hipógeos (64%) foi semelhante ao observado nos brotos epígea+hipógea, que tiveram mortalidade de 69%. Apesar disso, o número médio de brotos hipógeos ($2,73 \pm 3,51$) continuou maior do que o registrado para brotos epígea+hipógea ($1,23 \pm 1,25$), sendo significativa a diferença ($U = 58$; $p < 0,05$). Nesse caso, a menor emissão de brotos basais para os indivíduos com rebrota epígea+hipógea e a alta mortalidade ao longo do tempo, indicam tendência de interrupção no fornecimento de recursos para os brotos basais, uma vez que a parte aérea da planta (o tronco principal) continua vivo (HOFFMANN; SOLBRIG, 2003; MEDEIROS; MIRANDA, 2005, 2008). Essa afirmação é reforçada pelo fato de que a altura total média dos brotos hipógeos ($1,91 \pm 1,02$ m) também foi maior do que para os brotos epígea+hipógea ($1,13 \pm 1,02$ m) aos 64 meses da ocorrência do fogo, sendo significativa a diferença entre as médias ($t = 4,55$; $p < 0,001$) (Figura 7).

A média do diâmetro para os brotos hipógeos ($3,18 \pm 1,59$ cm) foi maior do que para os brotos epígea+hipógea ($1,80 \pm 1,57$ cm), sendo significativa a diferença entre as médias ($t = 5,88$; $p < 0,001$) (Figura 7). Estudos sobre rebrota de espécies lenhosas no Cerrado, após queimadas controladas, mostraram que intervalos de um ano não são suficientes para que os brotos sobrevivam aos danos causados pelo fogo e que, após cada queima, há diminuição do número de emissão de brotos basais (MEDEIROS; MIRANDA, 2008). Tendo em vista que, durante o presente estudo, a área esteve protegida de fogo (cinco anos), os brotos emitidos após a queima apresentam maior chance de sobreviver mas, a sua persistência dependerá, entre outros fatores, do balanço (“*trade off*”) de investimento de recursos entre os brotos

basais e o indivíduo adulto, quando este permanece vivo (KERBAUY, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2004).

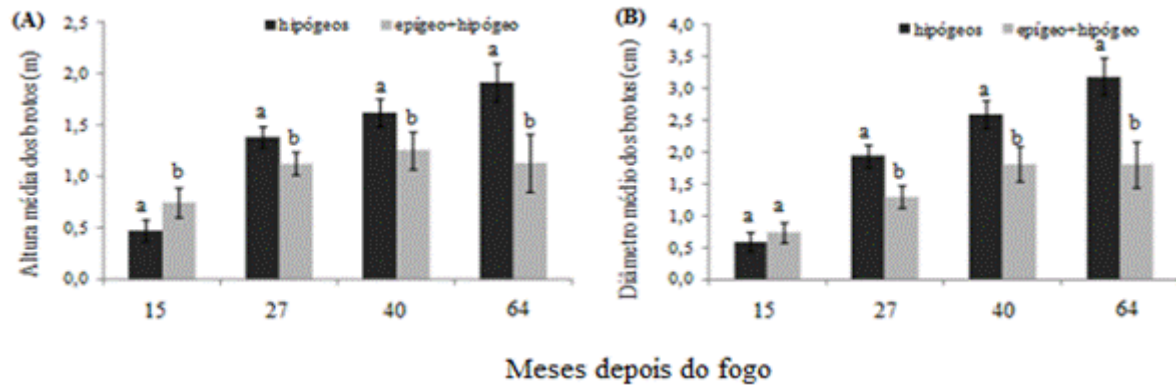


Figura 7. Variação na altura total (A) e diâmetro da base Db_{10cm} (B) de brotos hipógeos e epígeo+hipógeo de indivíduos lenhosos meses após a ocorrência de fogo em área de Cerrado sentido restrito no Parque Municipal do Bacaba em Nova Xavantina-MT. As médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de *t* de Student ($\alpha = 0,05$).

Tabela 7. Média do número de brotos basais por espécies lenhosas após ocorrência de fogo em área de Cerrado sentido restrito no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT.

Espécie	Brotos Basais							
	Reh (Inicial)		Reh (Final)		Rh (Inicial)		Rh (Final)	
	MB	DP ±	MB	DP ±	MB	DP ±	MB	DP ±
<i>Anacardium occidentale</i> L.	3,00		1,00					
<i>Antonia ovata</i> Pohl					37,81	23,47	11,27	6,17
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.					6,00		3,00	
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	1,00		1,00					
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> H. B. & K.	0,75	0,50	0,50	0,58	6,50	0,71	3,00	0,00
<i>Byrsonima pachyphylla</i> Griseb.	0,50	0,71	1,00	0,00	4,00		2,00	
<i>Davilla elliptica</i> St. Hil.	7,20	5,10	2,00	1,73	11,50	9,04	4,25	1,50
<i>Dipteryx alata</i> Vog.								
<i>Erythroxylum suberosum</i> St. Hil.	4,33	3,21	1,00	1,00	4,21	2,61	1,57	0,94
<i>Eugenia aurata</i> O. Berg.	1,50	1,91	0,50	1,00				
<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A. Juss.	1,67	1,53	1,67	1,15	8,00		5,00	
<i>Himatanthus obovatus</i> (M. Arg.) R. E. Woodson	3,00		1,00		3,50	1,95	1,57	0,76
<i>Kielmeyera rubriflora</i> Cambess.	6,00	3,52	1,00	1,67	2,00	2,83	1,50	2,12
<i>Lafoensia pacari</i> St. Hil.	4,00	1,41	0,83	1,33	4,00	2,89	2,14	0,69
<i>Myrcia lanuginosa</i> O. Berg.	7,00		2,00		6,20	3,16	2,00	0,94
<i>Ouratea hexasperma</i> (A. St.-Hil.) Baill.	4,50	0,71	2,00	1,41				
<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart. ex Engl.) Engl.	6,60	4,04	0,80	0,84	9,00	4,55	1,43	1,13
<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A.	1,00		2,00		1,20	0,45	1,20	0,45
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	2,57	2,88	1,00	1,00	2,80	1,30	1,00	0,00
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	1,50	0,84	1,17	0,75	5,40	4,10	2,20	1,48
<i>Qualea parviflora</i> Mart.					3,50	0,71	3,00	0,00
<i>Roupala montana</i> Aubl.					2,33	1,50	1,11	0,33
<i>Salvertia convallariaeodora</i> St. Hil.								
<i>Tachigali aurea</i> Tul.					2,00	2,83	2,00	1,41
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schlecht.) K. Schum.	3,00	0,71	1,60	1,14	3,17	1,19	1,67	0,65
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke.	2,00	0,00	0,00	0,00				
Total	3,99	3,69	1,23	1,25	7,68	12,59	2,73	3,51

Reh = Brotos epígeo+hipógeo; Rh = Brotos hipógeos; MB = Média de número de brotos; DP = Desvio Padrão do número de brotos, Inicial = 15 meses depois do fogo; Final = 64 depois do fogo.

Os indivíduos com rebrota hipógea apresentavam biomassa aérea média de 6,92 kg quando da ocorrência de fogo (Figura 8). Em média, a cada ano, os brotos hipógeos recuperam 0,42 kg de biomassa (6,1%) do tronco principal morto pelo fogo de 2008. Assim, estima-se que estes brotos irão recuperar a biomassa do tronco principal em 2024, ou seja, 16 anos após a ocorrência de fogo (Figura 8). Assim, assumimos que a rebrota hipógea é eficiente mecanismo através do qual as espécies lenhosas poderão recuperar a biomassa acima do solo depois da morte da parte aérea por consequência da ocorrência de fogo (HOFFMANN *et al.*, 2009; HUNTLEY; WALKER, 1982; MEDEIROS; MIRANDA, 2008).

Nossa estimativa de 16 anos para a recuperação da biomassa aérea é compatível com os resultados encontrados em outras áreas de Cerrado sentido restrito, que usam diferentes abordagens. Roitman *et al.* (2008) avaliaram a dinâmica da vegetação lenhosa em Cerrado sentido restrito protegida de fogo por mais de 26 anos no oeste da Bahia, e estimaram o tempo de duplicação em 18,63 anos (tempo necessário para que o recrutamento dobre o número de indivíduos na comunidade), apenas em termos de densidade e sem considerar a reposição da biomassa. Aquino *et al.* (2007), também avaliaram a dinâmica da comunidade arbustivo-arbórea em fragmentos de Cerrado sentido restrito no Maranhão e encontraram tempo de duplicação que variou entre 20 e 29,49 anos, o que indica que a vegetação pode responder de formas distintas, provavelmente por diferenças no porte e na idade dos indivíduos.

Em outra abordagem, Ribeiro *et al.* (2012) verificaram redução da riqueza (2,4%) em comunidade lenhosa de Cerrado sentido restrito com intervalo de fogo de dois anos e aumento da riqueza (6,3%) em área protegida de fogo por cinco anos. Cabe destacar que algumas espécies podem ser transitórias entre os períodos com diferentes frequências de fogo, algumas podem ser favorecidas quando a frequência de fogo é aumentada enquanto outras podem desaparecer (LIBANO; FELFILI, 2006). Assim, nossos resultados mostraram que a recuperação completa da biomassa aérea a partir dos brotos basais é um processo relativamente lento, se comparado com outros atributos do ecossistema.

Muitos autores reportam que a recuperação da vegetação após a passagem do fogo é favorecida a partir do surgimento de novas espécies vindas de áreas adjacentes (FIEDLER *et al.*, 2004; MIRANDA; KLINK, 1996; RIBEIRO *et al.*, 2012) e pela germinação de sementes contidas no banco de sementes (CIRNE; MIRANDA, 2008). No entanto, a reprodução vegetativa tem demonstrado importante contribuição na recuperação da vegetação nativa do Cerrado após ocorrência de fogo (HOFFMANN *et al.*, 2009; MIRANDA *et al.*, 2009;

SARTORELLI *et al.*, 2007). A partir dos nossos resultados podemos dizer que mesmo sendo processo relativamente lento, os brotos tendem a recuperar a biomassa aérea do tronco principal morto pelo fogo. Desta forma a rebrota contribui para manutenção da espécie na área e evitou sua extinção local. Isso confere à vegetação alta capacidade de resiliência e de persistência de suas espécies frente a este tipo de distúrbio, o que garante a perpetuação e manutenção da biodiversidade do bioma Cerrado.

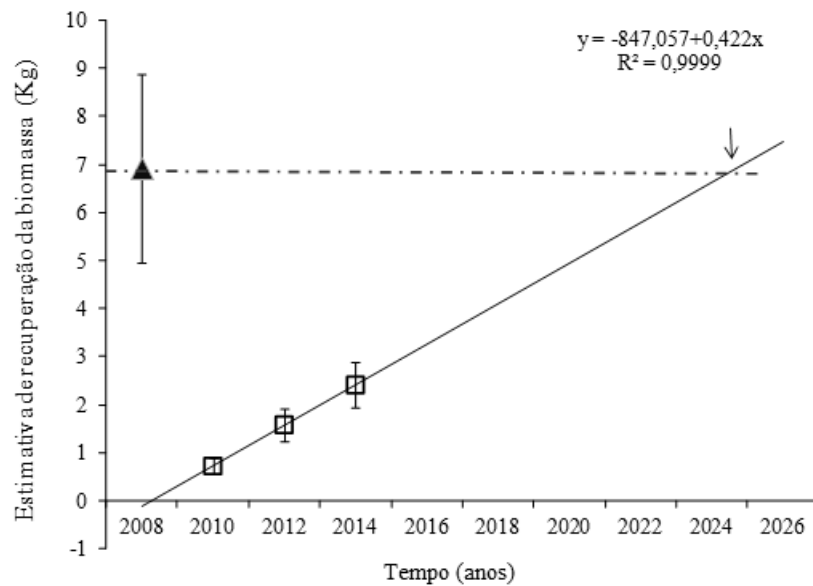


Figura 8. Estimativa do tempo necessário para que brotos hipógeos recuperem a biomassa aérea do tronco principal morto pelo fogo em 2008, em área de Cerrado sentido restrito no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. □ = quantidade de biomassa recuperada; ▲ = biomassa do indivíduo morto pelo fogo e, ↓ = tempo para a recuperação da biomassa.

3.6 CONCLUSÕES

Indivíduos com rebrota hipógea emitiram maior quantidade de brotos basais e apresentaram maior taxa de crescimento em diâmetro e altura total. Isto sugere a existência de balanço na alocação de recursos, pois havendo morte do tronco principal, provavelmente as plantas investem em rebrotas basais em detrimento de brotos epígeos. O investimento no crescimento dos brotos basais garante que em caso de novos distúrbios em curto prazo, estes tenham maior chance de sobreviver. Caso não ocorra outra perturbação na área, em 16 anos os brotos hipógeos recuperarão a biomassa aérea dos indivíduos adultos mortos pelo fogo. Assim,

mesmo que a recuperação dos processos ecológicos e dos serviços ecossistêmicos levem mais tempo para acontecer, a rebrota garante a manutenção da espécie na área e evita a extinção local das espécies afetadas. Portanto, a capacidade de rebrota e a sua sobrevivência ao longo do tempo são características importantes das espécies nativas, pois colabora com a resiliência da vegetação lenhosa do Cerrado.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, F. D. G.; WALTER, B. M. T.; RIBEIRO, J. F. Woody community dynamics in two fragments of “cerrado” stricto sensu over a seven-year period (1995-2002), MA, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 1, p. 113–121, mar 2007.

AYRES, M.; AYRES, M. J.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. S. **BioEstat 5.0: Aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Biológicas e médicas**. Beblém: Sociedade Civil Mamirauá, 2007.

BOND, W. J.; MIDGLEY, J. J. The evolutionary ecology of sprouting in woody plants. **International Journal of Plant Sciences**, v. 3, n. 164, p. S103–S114, 2003.

BOND, W. J.; WOODWARD, F. I.; MIDGLEY, G. F. The global distribution of ecosystems in a world without fire. **New Phytologist**, v. 165, n. 2, p. 525–538, 2005.

BOND, W.; MIDGLEY, J. Ecology of sprouting in woody plants: the persistence niche. **Trends in ecology & evolution**, v. 16, n. 1, p. 45–51, 1 jan 2001.

BUCCI, S. J.; GOLDSTEIN, G.; MEINZER, F. C.; *et al.* Functional convergence in hydraulic architecture and water relations of tropical savanna trees: from leaf to whole plant. **Tree physiology**, v. 24, n. 8, p. 891–9, ago 2004.

CIRNE, P.; MIRANDA, H. S. Effects of prescribed fires on the survival and release of seeds of *Kielmeyera coriacea* (Spr.) Mart. (Clusiaceae) in savannas of Central Brazil. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 20, n. 3, p. 93–8, 23 set 2008.

CLARKE, P. J.; LAWES, M. J.; MIDGLEY, J. J. Resprouting as a key functional trait in woody plants - challenges to developing new organizing principles. **New Phytologist**, v. 188, n. 3, p. 651–654, 19 nov 2010.

CLARKE, P. J.; LAWES, M. J.; MIDGLEY, J. J.; *et al.* Resprouting as a key functional trait: how buds, protection and resources drive persistence after fire. **The New phytologist**, v. 197, n. 1, p. 19–35, jan 2013.

COUTINHO, L. M. **Fire in the Tropical Biota**. (J. G. Goldammer, Ed.) **Fire in the Tropical Biota: Ecosystem Processes and Global Challenges**. Berlin: Springer-Verlag. Disponível em: <http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-75395-4_6>. , 1990

COUTINHO, L. M. O bioma do cerrado. In: KLEIN, A. L. (Ed.). **Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois**. São Paulo: UNESP, 2000. p. 77–91.

CRUTZEN, P. J.; ANDREAE, M. O. Biomass burning in the tropics: impact on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles. **Science (New York, N.Y.)**, v. 250, n. 4988, p. 1669–78, 21 dez 1990.

DANTAS, V. L.; BATALHA, M. A.; PAUSAS, J. G. Fire drives functional thresholds on the savanna-forest transition. **Ecology**, v. 94, n. 11, p. 2454–2463, 2013.

DANTAS, V. L.; PAUSAS, J. G. The lanky and the corky: Fire-escape strategies in savanna woody species. **Journal of Ecology**, v. 101, n. 5, p. 1265–1272, 11 nov 2013.

DANTAS, V. L.; PAUSAS, J. G.; BATALHA, M. A.; LOIOLA, P. DE P.; CIANCIARUSO, M. V. The role of fire in structuring trait variability in Neotropical savannas. **Oecologia**, v. 171, n. 2, p. 487–94, fev 2013.

DURIGAN, G. Estrutura e diversidade de comunidades florestais. In: MARTINS, S. V. (Ed.). **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. Viçosa: Editora UFV, 2012. p. 294–321.

DURIGAN, G.; RATTER, J. Successional changes in Cerrado and Cerrado/forest ecotonal vegetation in Western São Paulo state, Brazil, 1962-2000. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 63, n. 1, p. 119–130, 2006.

EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review**, v. 38, n. 2, p. 201–341, abr 1972.

EITEN, G. **Classificação da vegetação do Brasil**. Brasília: CNPq, 1983.

EITEN, G. Natural Brazilian vegetation types and their causes. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, n. 64, p. 35–65, 1992.

EITEN, G. Vegetação do Cerrado. In: M., N. P. (Ed.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: Universidade de Brasília, 1994. p. 17–73.

FELFILI, J. M. Growth, recruitment and mortality in the Gama gallery forest in central Brazil over a six-year period (1985–1991). **Journal of Tropical Ecology**, v. 11, n. 01, p. 67, 10 jul 2009.

FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; HAIDAR, R. F. **Manual para o Monitoramento de Parcelas Permanentes nos Biomas Cerrado e Pantanal**. Brasília: Biblioteca Central da Universidade de Brasília, 2005.

FIEDLER, N. C.; AZEVEDO, I. N. C. DE; REZENDE, A. V.; MEDEIROS, M. B. DE; VENTUROILI, F. Efeito de incêndios florestais na estrutura e composição florística de uma área de cerrado sensu stricto na fazenda Água Limpa-DF. **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, p. 129–138, fev 2004.

FURLEY, P. A. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. **Global Ecology And Biogeography**, v. 8, p. 223–241, 1999.

FURLEY, P. A.; RATTER, J. A.; GIFFORD, D. R. Observations on the Vegetation of Eastern Mato Grosso, Brazil. III. The Woody Vegetation and Soils of the Morro de Fumaca, Torixoreu. **Society**, v. 235, n. 1280, p. 259–280, 1988.

- GEIGER, E. L.; GOTSCH, S. G.; DAMASCO, G.; *et al.* Distinct roles of savanna and forest tree species in regeneration under fire suppression in a Brazilian savanna. **Journal of Vegetation Science**, v. 22, p. 312–321, 2011.
- GIGNOUX, J.; CLOBERT, J.; MENAUT, J. Alternative fire resistance strategies in savanna trees. **Oecologia**, v. 110, n. January, p. 576–583, 1997.
- GOMES, L.; LENZA, E.; MARACAHIPES, L.; MARIMON, B. S.; OLIVEIRA, E. A. DE. Comparações florísticas e estruturais entre duas comunidades lenhosas de cerrado típico e cerrado rupestre, Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, v. 25, n. 4, p. 865–875, dez 2011.
- GOMES, L.; MARACAHIPES, L.; MARIMON, B. S.; *et al.* Post-fire recovery of savanna vegetation from rocky outcrops. **Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 209, p. 201–208, fev 2014.
- GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. **Princípios de estatística em ecologia**. [S.l: s.n.], 2011.
- HARIDASAN, M. Observations on soils, foliar nutrient concentration and floristic composition of cerrado sensu stricto and cerrado communities in central Brazil. In: FURLEY, P. A.; PROCTOR, J.; RATTER, J. A. (Eds.). **Nature and Dynamics of Forest-Savanna Boundaries**. London: Chapman & Hall, 1992. p. 171–184.
- HOFFMANN, W. A.; ORTHEN, B.; FRANCO, A. C. Constraints to seedling success of savanna and forest trees across the savanna-forest boundary. **Oecologia**, v. 140, n. 2, p. 252–60, jul 2004.
- HOFFMANN, W. A. Post-burn reproduction of woody plants in a neotropical savanna: the relative importance of sexual and vegetative reproduction. **Journal of Applied Ecology**, v. 35, n. 3, p. 422–433, 1998.
- HOFFMANN, W. A.; ADASME, R.; HARIDASAN, M.; *et al.* Tree topkill, not mortality, governs the dynamics of savanna-forest boundaries under frequent fire in central Brazil. **Ecology**, v. 90, n. 9, p. 1326–1337, 2009.
- HOFFMANN, W. A.; FRANCO, A. C. Comparative growth analysis of tropical forest and savanna woody plants using phylogenetically independent contrasts. **Journal of Ecology**, v. 91, n. 3, p. 475–484, 2003a.
- HOFFMANN, W. A.; FRANCO, A. C. Comparative growth analysis of tropical forest and savanna woody plants using phylogenetically independent contrasts. **Journal of Ecology**, v. 91, n. 3, p. 475–484, 2003b.
- HOFFMANN, W. A.; FRANCO, A. C. The importance of evolutionary history in studies of plant physiological ecology: examples from cerrados and forests of central Brazil. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 20, n. 3, p. 247–256, set 2008.

HOFFMANN, W. A.; MOREIRA, A. G. The Role of Fire in Population Dynamics of Woody Plants. In: OLIVEIRA, P.S., MARQUIS, R. S. (Ed.). . **The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**. New York: The University of Columbia Press, 2002. p. 159–177.

HOFFMANN, W. A.; ORTHEN, B.; FRANCO, A. C. Constraints to seedling success of savanna and forest trees across the savanna-forest boundary. **Oecologia**, v. 140, n. 2, p. 252–260, 2004.

HOFFMANN, W. A.; ORTHEN, B.; KIELSE, P.; NASCIMENTO, V. D. O. Comparative fire ecology of tropical savanna and forest. **Functional Ecology**, v. 17, n. 6, p. 720–726, 2003.

HOFFMANN, W. A.; ORTHEN, B.; NASCIMENTO, P. K. V. DO. Comparative fire ecology of tropical savanna and forest trees. **Functional Ecology**, v. 17, n. 6, p. 720–726, dez 2003.

HOFFMANN, W. A.; SOLBRIG, O. T. The role of topkill in the differential response of savanna woody species to fire. **Forest Ecology and Management**, v. 180, n. 1-3, p. 273–286, jul 2003.

HUNTLEY, B. J.; WALKER, B. H. **Ecology of Tropical Savannas**. Berlin: Springer, 1982. v. 42

JÚNIOR, P. L. S. **Crescimento e fenologia foliar de espécies lenhosas de uma área de cerrado stricto sensu submetida a fertilização**. [S.l.]: Brasília, 2002.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 707–713, 2005.

LEHMANN, C. E. R.; ARCHIBALD, S. A.; HOFFMANN, W. A.; BOND, W. J. Deciphering the distribution of the savanna biome. **The New phytologist**, v. 191, n. 1, p. 197–209, jul 2011.

LEVICK, S. R.; BALDECK, C. A.; ASNER, G. P. Demographic legacies of fire history in an African savanna. **Functional Ecology**, p. n/a–n/a, 10 jul 2014.

LIBANO, A. M.; FELFILI, J. M. Mudanças temporais na composição florística e na diversidade de um cerrado sensu stricto do Brasil Central em um período de 18 anos (1985-2003). **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 4, p. 927–936, 2006.

MARIMON-JUNIOR, B. H.; HARIDASAN, M. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado sensu stricto em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 4, p. 913–926, 2005.

MEDEIROS, M. B. DE; MIRANDA, H. S. Mortalidade pós-fogo em espécies lenhosas de campo sujo submetido a três queimadas prescritas anuais. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 3, p. 493–500, set 2005.

MEDEIROS, M. B.; MIRANDA, H. S. Post-fire resprouting and mortality in cerrado woody plant species over a three-year period. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 65, n. 01, p. 53–68, 26 fev 2008.

MEDINA, E.; SILVA, J. F. Savannas of northern South America: a steady state regulated by water-fire interactions on a background of low nutrient availability. **Ecology**, v. 17, n. 4, p. 403–413, 1990.

MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; *et al.* Flora vascular do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.). . **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 421–1.279.

MIDGLEY, J.; BOND, W. Pushing back in time: the role of fire in plant evolution. **The New phytologist**, v. 191, n. 1, p. 5–7, jul 2011.

MIRANDA, A. C.; MIRANDA, H. S.; FÁTIMA OLIVEIRA DIAS, I. DE; SOUZA DIAS, B. F. DE. Soil and air temperatures during prescribed cerated fires in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 9, n. 03, p. 313, 10 jul 1993.

MIRANDA, H. S.; BUSTAMANTE, M. M. C.; MIRANDA, A. C. The Fire Factor. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. S. (Eds.). . **The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical savanna**. New York: The University of Columbia Press, 2002. p. 51–68.

MIRANDA, H. S.; NETO, W. N.; NEVES, B. M. C. Caracterização das queimadas de Cerrado. In: MIRANDA, H. S. (Ed.). . **Efeitos do regime de fogo sobre a estrutura de comunidades de Cerrado: Projeto Fogo**. Brasília: Ibama, 2010. p. 23–33.

MIRANDA, H. S.; SATO, M. N. Efeitos do fogo na vegetação lenhosa do Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. . (Eds.). . **Cerrado: Ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: MMA, 2005. p. 93–105.

MIRANDA, H. S.; SATO, M. N.; NETO, W. N.; AIRES, F. S. Fires in the cerrado, the Brazilian savanna. **Tropical Fire Ecology: climate change land use and ecosystem dynamics**. [S.l.]: Springer Berlin Heidelberg, 2009. p. 427–450.

MIRANDA, M. I.; KLINK, C. A. Colonização de campo sujo de Cerrado com diferentes regimes de queima pela graminea *Echinolaena inflexa* (Poaceae). In: MIRANDA, H. S.; SAITO, C. H.; DIAS, B. F. S. (Eds.). . **Impactos de queimadas em áreas de Cerrado e de Restinga**. Brasília: Universidade de Brasília, 1996. p. 46–52.

MISTRY, J. Fire in the cerrado (savannas) of Brazil: an ecological review. **Progress in Physical Geography**, v. 22, n. 4, p. 425–448, 1 out 1998.

MITTERMEIER, R. A.; ROBLES, P.; HOFFMANN, M.; *et al.* **Hotspots Revisited - Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions**. Washington: Conservation Internacional, 2005.

- MOREIRA, A. G. Effects of fire protection on savanna structure in Central Brazil. **Journal of Biogeography**, v. 27, n. 4, p. 1021–1029, jul 2000.
- MOREIRA, F.; CATRY, F.; DUARTE, I.; ACÁCIO, V.; SILVA, J. S. A conceptual model of sprouting responses in relation to fire damage: an example with cork oak (*Quercus suber* L.) trees in Southern Portugal. **Plant Ecology**, v. 201, n. 1, p. 77–85, 10 ago 2008.
- MOREIRA, F.; DUARTE, I.; CATRY, F.; ACÁCIO, V. Cork extraction as a key factor determining post-fire cork oak survival in a mountain region of southern Portugal. **Forest Ecology and Management**, v. 253, n. 1-3, p. 30–37, dez 2007.
- MORRO, M. F.; MARTINS, F. R. Métodos de levantamento do componente arbóreo-arbustivo. In: FELFILI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. R. F.; ANDRADE, L. A.; MEIRA NETO, J. A. A. (Eds.). . **Fitosociologia no Brasil: métodos e estudos de caso**. Viçosa: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2011. p. 174–212.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A DA; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–8, 24 fev 2000.
- NARDOTO, G. B.; BUSTAMANTE, M. M. D. C.; PINTO, A. S.; KLINK, C. A. Nutrient use efficiency at ecosystem and species level in savanna areas of Central Brazil and impacts of fire. **Journal of Tropical Ecology**, v. 22, n. 02, p. 191–201, 2006.
- NEVES, S. P. S.; CONCEIÇÃO, A. A. Campo rupestre recém-queimado na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil: plantas de rebrota e sementes, com espécies endêmicas na rocha. **Acta Botânica Brasileira**, v. 24, n. 3, p. 697–707, 2010.
- OLIVEIRA, A. P. DE; FELFILI, J. M. Dinâmica da comunidade arbórea de uma mata de galeria do Brasil Central em um período de 19 anos (1985-2004). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, n. 4, p. 597–610, dez 2008.
- OLIVEIRA, R. S.; BEZERRA, L.; DAVIDSON, E. A.; *et al.* Deep root function in soil water dynamics in cerrado savannas of central Brazil. **Functional Ecology**, v. 19, n. 4, p. 574–581, ago 2005.
- PAINE, C. E. T.; STAHL, C.; COURTOIS, E. A.; *et al.* Functional explanations for variation in bark thickness in tropical rain forest trees. **Functional Ecology**, v. 24, n. 6, p. 1202–1210, 17 dez 2010.
- PAUSAS, J. G. Bark thickness and fire regime. **Functional Ecology**, v. 29, n. 3, p. 315–327, 26 nov 2014.
- PAUSAS, J. G.; KEELEY, J. E. Evolutionary ecology of resprouting and seeding in fire-prone ecosystems. **New Phytologist**, p. 55–65, 2014.

PINHEIRO, M. H. O.; MONTEIRO, R. Contribution to the discussions on the origin of the cerrado biome: Brazilian savanna. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 1, p. 95–102, fev 2010.

R CORE TEAM, A. **The R Project for Statistical Computing**. (R. D. C. Team, Ed.)Text. [S.l.]: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<http://www.r-project.org/>>. , 2002

R DEVELOPMENT CORE TEAM, R. F. F. S. C. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. (R. D. C. Team, Ed.)**Vienna Austria R Foundation for Statistical Computing**, Tertiary R: A language and environment for statistical computing. [S.l.]: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<http://www.r-project.org/>>. , 2008

RADAMBRASIL, P. **Levantamento de recursos naturais. folha SD- 22/Goiás**. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1981.

RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation III: Comparison of the woody vegetation of 376 areas. **botany**, p. 57–109, 2003.

REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T.; MARTINS, É. DE S. Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.). . **Cerrado: ecologia e flora**. 1. ed. Brasília-DF: Embrapa Cerrados, 2008. p. 107–149.

REIS, S. M. DE A. **Efeito de diferentes distúrbios sobre a dinâmica da vegetação lenhosa em cerradões na transição Cerrado-Floresta Amazônica, leste de Mato Grosso**. [S.l.]: Universidade do Estado de Mato Grosso, 2013.

REZENDE, A. V.; VALE, A. T.; SANQUETA, C. R.; FILHO, A. F.; FELFILI, J. M. Comparação de modelos matemáticos para estimativa do volume, biomassa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um cerrado sensu stricto em Brasília, DF. **Scientia Forestalis** **71**, v. 50, n. 71, p. 65–76, ago 2006.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.). . **Cerrado: Ecologia e Flora**. 1. ed. Planaltina, DF: EMBRAPA - Cerrados, 2008. p. 151–199.

RIBEIRO, M. N.; SANCHEZ, M.; PEDRONI, F.; PEIXOTO, K. DA S. Fogo e dinâmica da comunidade lenhosa em cerrado sentido restrito, Barra do Garças, Mato Grosso. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 1, p. 203–217, mar 2012.

ROITMAN, I.; FELFILI, J. M.; REZENDE, A. V. Tree dynamics of a fire-protected cerrado sensu stricto surrounded by forest plantations, over a 13-year period (1991-2004) in Bahia, Brazil. **Plant Ecology**, v. 197, n. 2, p. 255–267, 3 nov 2008.

SALGADO-LABOURIAU, M. L.; FERRAZ-VICENTINI, K. R. Fire in Cerrado 32.000 years ago. **Current Research in the Pleistocene**, v. 11, n. 1, p. 85–87, 1994.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental monitoring and assessment**, v. 166, n. 1-4, p. 113–124, jul 2010.

SARTORELLI, P. A. R.; SILVA, J. M. S. DA; GORENSTEIN, M. R.; GOMES, J. E.; ÁVILA, E. Q. DE. Rebrotas após fogo de espécies arbóreas de diferentes grupos fenológicos foliares em cerrado stricto sensu. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. VI, n. 10, p. 1678–3867, ago 2007.

SATO, M. N. **Mortalidade de plantas lenhosas do cerrado submetidas a diferentes regimes de queima**. [S.l.]: Dissertação de mestrado em Ecologia. Universidade de Brasília, 1996.

SATO, M. N. **Efeito a longo prazo de queimadas na estrutura da comunidade de lenhosas da vegetação do cerrado sensu stricto**. [S.l.]: Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

SATO, M. N.; MIRANDA, H. S.; MAIA, J. M. F. O fogo e o estrato arbóreo do Cerrado: efeitos imediatos e a longo prazo. In: MIRANDA, H. S. (Ed.). **Efeitos do regime de fogo sobre a estrutura de comunidades de Cerrado: Projeto Fogo**. 1. ed. Brasília-DF: Ibama, 2010. p. 77–91.

SCHAFER, J. L.; BRESLOW, B. P.; HOLLINGSWORTH, S. N.; HOHMANN, M. G.; HOFFMANN, W. A. Size-dependent enhancement of water relations during post-fire resprouting. **Tree physiology**, 30 mar 2014.

SILVA, F. A. M.; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A. Caracterização climática do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA - Cerrados, 2008. p. 68–88.

SILVA, V. F. DA; FILHO, A. T. DE O.; VENTURIN, N.; CARVALHO, W. A. C.; GOMES, J. B. V. Impacto do fogo no componente arbóreo de uma floresta estacional semidecídua no município de Ibituruna, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 4, p. 701–716, 2005.

SILVÉRIO, D. V. **Efeitos do fogo e do substrato sobre a fenologia de espécies lenhosas em duas fitofisionomias de Cerrado no Parque Municipal do Bacaba**. [S.l.]: Universidade do Estado de Mato Grosso, 2010.

SILVÉRIO, D. V.; LENZA, E. Fenologia de espécies lenhosas em um cerrado típico no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 3, p. 205–216, set 2010.

SOARES, R. V.; SANTOS, J. F. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1994 a 1997. **REVISTA FLORESTA**, v. 32, n. 2, p. 219–232, 2002.

SOUCHIE, F. F.; JUNIOR, B. H. M.; PETTER, F. A.; MADARI, B. E.; MARIMON, B. S. & L. Charcoal as amendment to substrate of seedlings of *Tachigali vulgaris* L. G. Silva & H. C. Lima. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 4, p. 811–821, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2004.

VALE, V. S. DO; LOPES, S. F. Efeitos do fogo na estrutura populacional de quatro espécies de plantas do Cerrado. **Revista Nordestina de Biologia**, v. 19, n. 2, p. 45–53, 2010.

WALTER, B. M. T.; RIBEIRO, J. F. Diversidade fitofisionômica e o papel do fogo no bioma Cerrado. In: MIRANDA, H. S. (Ed.). . **Efeitos do regime de fogo sobre a estrutura de comunidades de Cerrado: Projeto Fogo**. Brasília: Ibama, 2010. p. 59–76.

ZAR, J. H. DE. **Análise Biostatistical**. 5. ed. Pearson Prentice-Hall: Upper Saddle River, NJ, 2010.

ZUUR, A. F.; IENO, E. N.; WALKER, N. J.; SAVELIEV, A. A.; SMITH, G. M. **Mixed effects models and extensions in ecology with R**. [S.l.]: Springer, 2009.