

DINÂMICA PÓS-FOGO DA VEGETAÇÃO ARBÓREO-ARBUSTIVA EM CERRADO SENTIDO RESTRITO NO DISTRITO FEDERAL

Mary Naves da Silva Rios¹
José Carlos Sousa-Silva²
Maria Lúcia Meirelles³

RESUMO - Este trabalho teve como objetivos analisar a dinâmica da vegetação arbóreo-arbustiva em um Cerrado sentido restrito com diferentes históricos de fogo, em Planaltina (DF), de 1988 a 1994 e em 2012. Na Área 1, foram aplicadas queimadas bienais em agosto de 1988, 1990 e 1992. A Área 2 ficou protegida do fogo de 1988 até julho de 1994; em agosto houve fogo acidental. Nos monitoramentos de 1991 a 1994, foram medidas a circunferência e a altura dos indivíduos arbóreo-arbustivos que atingiam 1 metro ou mais de altura. A biomassa aérea foi estimada de 1990 a 1994 e em 2012. A formação de rebrotas foi avaliada de 1988 a 1994. Os resultados evidenciaram que a incidência de três queimadas bienais, em um período de seis anos, favoreceu a reprodução assexuada, com estímulo da formação de rebrotas, e diminuiu a biomassa aérea. Por outro lado, as queimadas bienais aumentaram a mortalidade e reduziram o recrutamento de indivíduos. O tempo de meia vida (21 e 50 anos) foi maior que o tempo de duplicação (14 e 11 anos) nas duas áreas, mas o tempo de substituição na Área 2 (30 anos) foi maior do que na Área 1 (18 anos), indicando que esta é mais dinâmica.

Palavras-chave: mortalidade, recrutamento, reprodução vegetativa, rebrota, biomassa aérea

POST-FIRE DYNAMICS OF TREE-SHRUB VEGETATION IN A CERRADO SENSU STRICTO IN THE FEDERAL DISTRICT

SUMMARY - The aim of this study was to analyse the dynamic of tree-shrub strata of two strictu sensu Cerrado areas, under different fire regimes in Planaltina, Federal District, Brazil, from 1988 to 1994 and 2012. At the Area 1, fire was set up biennially in August 1988, 1990 and 1992. The Area 2 was protected against fire until July 1994. There was an accidental fire in August 1994. From 1991 to 1994, tree-shrub plants one meter height or more have been measured, where the parameters were circumference, and height. Aerial biomass was estimated from 1990 to 1994 and in 2012. Sprouting were evaluated from 1988 to 1994. Three biennial burnings, in six years time, favoured the vegetative reproduction and diminished the aerial biomass. Otherwise, the biennial burnings increased the mortality and decreased the recruitment. The half-life (21 and 50 years) was bigger than the doubling time (14 and 11 anos years) in both areas, but the turnover time in the Area 2 (30 years) was bigger than in the Area 1 (18 years), indicating that the last área was more dynamic.

Key words: mortalidade, recruitment, vegetative reproduction, regrowth, aerial biomass

¹ Engenheira Florestal, Dra, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília (DF), Brasil. Endereço para correspondência: SHCGN 704, BLOCO K, CASA 29, ASA NORTE, BRASÍLIA, DF. CEP: 70.730-741.

² Biólogo, Ph.D., Pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina (DF), Brasil.

³ Bióloga, Dra, Pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina (DF), Brasil

INTRODUÇÃO

Na dinâmica de plantas são avaliados os padrões espaciais de mortalidade, recrutamento, crescimento e regeneração dos indivíduos em função do tempo, o que leva ao entendimento dos processos e mecanismos que mantêm as comunidades (MEWS et al., 2011; RIBEIRO et al., 2012). O fogo pode causar grande impacto na dinâmica do Cerrado (HENRIQUES; HAY, 2002; HOFFMANN; MOREIRA, 2002), aumentando a mortalidade de árvores (RIBEIRO et al., 2012), de plântulas e de indivíduos jovens (MEDEIROS; MIRANDA, 2005), e diminuindo o recrutamento, a altura da vegetação e ainda a taxa de crescimento de espécies lenhosas (HOFFMANN; MOREIRA, 2002; MIRANDA; SATO, 2005). A proteção contra o fogo favorece a camada arbórea, oferecendo condições para a regeneração de espécies lenhosas e para o estabelecimento de espécies sensíveis, com aumento na densidade e área basal, taxas de recrutamento maiores que as de mortalidade e baixa rotatividade de plantas (HENRIQUES; HAY, 2002; HOFFMANN; MOREIRA, 2002). O conhecimento sobre a dinâmica do Cerrado é insuficiente o que compromete iniciativas de conservação, manejo e recuperação de áreas degradadas (MEWS et al., 2011).

A reprodução assexuada é característica de várias plantas do Cerrado, sendo mencionada como uma das estratégias de resistência ao fogo (MIRANDA; SATO, 2005). Em espécies lenhosas, a rebrota, após fogo, pode ocorrer em órgãos aéreos, na base do caule e em estruturas subterrâneas (COUTINHO, 1990). Essas plantas podem responder de diferentes formas aos danos causados pelo fogo; o dano total ou severo ocorre quando há mortalidade da parte aérea; o dano moderado ou *topkill* ocorre com a morte da parte aérea e rebrotamento na parte basal do tronco ou em órgãos subterrâneos; e o dano leve ocorre quando há ou não perda de ramos, com rebrota aérea (MEDEIROS; MIRANDA, 2008). As rebrotas na parte aérea, geralmente, são predominantes em resposta aos eventos do fogo, porém, podem apresentar grande mortalidade, levando à redução no porte e alteração na estrutura dos indivíduos (SATO et al., 2010).

O fogo atinge diretamente a biomassa aérea, sendo responsável por uma fração significativa no reservatório de carbono total e reservatório de nutrientes (ALVES et al., 2010). O estoque de biomassa é uma medida imediata da quantidade de carbono que será emitida para a atmosfera, quando houver conversão de áreas nativas para outro uso da terra através da queima e decomposição (RIBEIRO et al., 2011). Diversos distúrbios podem influenciar os resultados estimados para a biomassa aérea (MIRANDA et al., 2011; LOIOLA et al., 2015), e uma vez

que vastas áreas de Cerrado têm sido fortemente afetadas pelo fogo (MIRANDA et al., 2009), e pelo desmatamento, é de extrema importância quantificar a biomassa neste bioma. A maioria das pesquisas contempla a biomassa aérea, no entanto, os estudos na fitofisionomia Cerrado sentido restrito ainda são escassos, principalmente, devido à grande diversidade de espécies, alta variabilidade entre os indivíduos da mesma espécie e à variação na forma do tronco e galhos (REZENDE et al., 2006; RIBEIRO et al., 2011). O conhecimento das variações na biomassa é essencial para previsão das emissões de gases de efeito estufa provenientes do uso da terra, além de poder ser usado em planos sustentáveis de recursos florestais (ALVES et al., 2010; RIBEIRO et al., 2011).

Neste trabalho, fez-se a análise da dinâmica e da capacidade de rebrotar da vegetação arbóreo-arbustiva em duas áreas com diferentes históricos de fogo, sendo uma delas com queimadas bienais (Área 1), e a outra protegida contra a ação do fogo (Área 2). Nestas análises procurou-se responder às seguintes questões: 1) A incidência de queimadas bienais altera a dinâmica da comunidade arbóreo-arbustiva, com aumento na mortalidade, redução no recrutamento e na biomassa? 2) As queimadas bienais aumentam o número de espécies com reprodução vegetativa, com estímulo da formação de rebrotas basais e subterrâneas?

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi conduzido em um Cerrado sentido restrito na Reserva Cerrado da Embrapa Cerrados, à Nordeste do Distrito Federal, em Planaltina (DF), nas coordenadas 15°38'S e 47°43'W, *datum* horizontal Córrego Alegre, MG (PARRON et al., 1998). O solo é do tipo Latossolo Vermelho (SANTOS et al., 2013), textura muito argilosa, relevo plano a suave ondulado, fase cerrado (*Typic haplustox*), desenvolvido a partir da decomposição da cobertura detritico-laterítica de caráter argiloso do Terciário. O clima é caracterizado como Aw na classificação de Köppen, com uma estação seca de 5 meses, precipitação média anual de 1.577 mm, temperatura média anual de 20,4 °C, temperatura máxima média de 26,6 °C e mínima média de 15,8 °C, com altitude de 1.100 m (SPERA et al., 2000).

O trabalho foi desenvolvido em duas áreas de cerca de 1,25 ha, onde uma delas foi denominada de Área 1 e a outra de Área 2. Na Área 1, foram aplicadas queimadas bienais controladas em 1988, 1990 e 1992, em agosto, por ser a época mais frequente de queimadas na

região de Brasília (COUTINHO et al., 1982). A Área 2 foi protegida contra a ação do fogo até julho de 1994, pois em agosto deste ano um fogo acidental atingiu as duas áreas.

Foram demarcadas, em maio de 1988, em cada área, duas transecções com 100 metros de comprimento e 10 metros de largura, distanciadas 10 metros entre si (Coordenadas: 15°39.439''S, 47°44.411''W; 15°39.450''S, 47°44.406''W, 15°39.368''S, 47°44.271''W; 15°39.377''S, 47°44.265''W). Inicialmente, em 1988, foram marcadas 10 parcelas de 20mx10m ao longo de cada transecção, no entanto, a partir de 1990 as parcelas foram demarcadas com as dimensões de 10mx10m (100m²) totalizando 20 parcelas e uma área de amostragem de 0,2 hectares em cada área. Na amostragem da vegetação, sempre antes do fogo, em junho-julho, as espécies que atingiam o critério de inclusão de um metro ou mais de altura foram numeradas com placas de alumínio e mensuradas. Também foram incluídos os indivíduos mortos que “estavam em pé” e as espécies da família *Arecaceae* e de *Vellozia* sp que atingiam a altura mínima. Anotaram-se, para cada indivíduo, a altura e a circunferência, bem como o nome científico ou vulgar das espécies ocorrentes em cada parcela.

Durante o monitoramento foram incluídos os indivíduos novos que alcançavam a altura de 1 metro, sendo, assim, considerados recrutas. Estes também foram medidos quanto à altura e circunferência e marcados com placas de alumínio na sequência da numeração do primeiro levantamento em 1988. Também foram anotadas, ao longo do tempo, as plantas que morriam e aquelas que rebrotavam. Foi considerada rebrota quando os indivíduos que tiveram morte aérea, onde a copa e o caule foram queimados, apresentavam brotações na parte basal ou subterrânea das plantas. Os indivíduos com mortalidade aérea ou destruição total do caule, quando não apresentavam rebrota, foram considerados mortos.

A altura total foi medida com uma régua graduada de 3m, sendo que as alturas acima de três metros foram estimadas visualmente, tendo como base a régua; a circunferência foi medida com fita métrica. As medidas de circunferência foram tomadas a 30 cm do solo. Quando o exemplar de uma espécie se ramificava abaixo do nível do solo e cada eixo emergia separado dos demais, cada eixo foi considerado um indivíduo distinto (MORO; MARTINS, 2011). Nos casos em que os indivíduos apresentavam bifurcações abaixo de 30 cm, mediram-se todos os ramos e, posteriormente, calculou-se o diâmetro quadrático das ramificações, conforme sugerido por Scolforo e Thiersch (2004) pela fórmula: $d = \sqrt{(d_1)^2 + (d_2)^2}$; sendo: d = diâmetro quadrático; d^1 = diâmetro do ramo 1; d^2 = diâmetro do ramo 2.

As coletas de material botânico fértil foram depositadas no Herbário da Universidade de Brasília (UB), Herbário do Jardim Botânico de Brasília - Ezechias Paulo Heringer (HEPH),

Herbário da Reserva Ecológica do IBGE e da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia - CENARGEN (CEN) no Distrito Federal.

Análise dos dados

Os parâmetros de dinâmica foram analisados de 1991 a 1994, calculando-se para cada ano e para cada área: número de indivíduos de cada amostragem, indivíduos que ingressaram e indivíduos que morreram. Assim, foram obtidos os seguintes parâmetros: mortalidade (m), recrutamento (r), meia vida, tempo de duplicação, estabilidade e tempo de substituição. Como medida de crescimento para a comunidade foi calculado o Incremento Periódico Anual (IPA) em diâmetro, expresso em $\text{cm}\cdot\text{ano}^{-1}$, sendo a diferença do diâmetro do indivíduo na última e na primeira medição dividido pelo tempo transcorrido em anos (SCOLFORO; MELLO, 2006); também foram determinados a média e o desvio padrão.

As taxas anuais de mortalidade e recrutamento foram calculadas de acordo com as fórmulas (em $\% \cdot \text{ano}^{-1}$) (SHEIL et al., 1995): $m = \{1 - [(N_0 - N_M)/N_0]^{1/t}\} \times 100$; $r = \{1 - [1 - (N_R/N_t)]^{1/t}\} \times 100$. Sendo: m = mortalidade; r = recrutamento; N_0 = número de indivíduos na primeira medição; N_M = número de indivíduos que morreram; N_R = número de recrutados; N_t = número de indivíduos na última medição; t = tempo (número de anos) entre as medições. Através do valor da taxa anual de mortalidade, foi calculada a meia-vida ($t_{1/2}$), ou seja, o intervalo de tempo para que o número de indivíduos da comunidade seja reduzido pela metade, mantida constante a atual taxa de mortalidade. Foi empregada a seguinte fórmula: $t_{1/2} = [\ln(0.5)] / (0.01m)$. O tempo de duplicação (t_2), ou seja, o tempo necessário para duplicar a população inicial foi calculado de acordo a fórmula: $t_2 = (\ln(2)) / (0.01r)$. A estabilidade (E) é a diferença entre t_2 e $t_{1/2}$, e o tempo de substituição (*turnover time*), é calculado pela média dos valores de duplicação (t_2) e meia vida ($t_{1/2}$) (KORNING; BALSLEV, 1994).

A formação de rebrotas foi avaliada para o período de 1988 a 1994, com as espécies que rebrotaram da base do caule e de estruturas subterrâneas. O número de rebrotas total foi calculado em todos os anos, nas duas áreas. Os resultados foram comparados, ao longo do tempo e nas duas áreas. As análises da variação da biomassa aérea foram baseadas nos resultados obtidos de 1990 a 1994 e de 2012, pelo método indireto. A biomassa aérea seca das espécies arbóreo-arbustivas foi baseada nas avaliações de diâmetro e altura, por meio da equação, para o Cerrado sentido restrito, proposta por Rezende et al. (2006): $B = 0,49129 + 0,02912 \cdot \text{Db}^2 \cdot \text{Ht}$. Sendo: B =biomassa ($\text{kg}\cdot\text{ind}^{-1}$), Db = diâmetro da base (cm) e Ht = altura (m). Os dados originais foram transformados com a função \log_{10} , a fim de atender aos pressupostos de normalidade e homocedasticidade. O teste t de Student e o teste de t pareado foram úteis

para avaliar possíveis diferenças significativas ($\alpha=0,05$) nas duas áreas entre os anos da amostragem (ZAR, 2009). Foi utilizado o programa PAST versão 2.15 (HAMMER et al., 2001) e o software Excel 2010 do Microsoft Windows.

RESULTADOS

Parâmetros de dinâmica

Na Área 1, de 1991 a 1994, com as queimadas em 1988, 1990 e 1992, foram registrados 42 indivíduos mortos e 67 recrutados. O maior número de mortos ocorreu no período 1992-1993, com maior taxa de mortalidade ($4,7\% \cdot \text{ano}^{-1}$) e menor de recrutamento ($1,9\% \cdot \text{ano}^{-1}$) do que a do período anterior ($10,0\% \cdot \text{ano}^{-1}$). O maior número de recrutados foi observado de 1991-1992. Na Área 2, registraram-se menores taxas de mortalidade e maiores de recrutamento para os períodos de 1992-1993 e 1993-1994, em relação à Área 1 (Tabela 1).

TABELA 1 - Características da vegetação arbóreo-arbustiva de Cerrado sentido restrito em duas áreas (Área 1, Área 2), com diferentes históricos de fogo, no período de 1991-1994, em Planaltina (DF), sendo: Área 1, com queimadas bienais em 1988, 1990 e 1992; Área 2, protegida contra o fogo de 1988 a julho de 1994.

Período	Área 1 (Queimada)			
	Número de mortos	Mortalidade (%.ano ⁻¹)	Número de recrutados	Recrutamento (%.ano ⁻¹)
1991-1992	5	1,1	49	10
1992-1993	23	4,7	9	1,9
1993-1994	14	2,9	9	1,9
Período	Área 2 (Protegida)			
	Número de mortos	Mortalidade (%.ano ⁻¹)	Número de recrutados	Recrutamento (%.ano ⁻¹)
1991-1992	19	2,4	41	5,0
1992-1993	5	0,6	103	11,3
1993-1994	9	1,0	23	2,5

Na Área 1, entre 1991 e 1994, a taxa de mortalidade foi maior do que na Área 2 (Tabela 2). Na Área 1, 42 indivíduos que morreram estavam distribuídos em 20 espécies, sendo 50% delas com um indivíduo apenas, e *Guapira graciliflora* (Mart. ex Schmidt) Lundell e *Guapira noxia* (Netto) Lundell apresentando o maior número de mortos. Na Área 2, das 33 plantas que morreram, de 1991 a 1994, 12% pertenciam à *Aegiphila verticillata* Vell., 9% à *Connarus suberosus* Planch. e 9% à *Kielmeyera coriacea* Mart. & Zucc.. A taxa de recrutamento excedeu

à taxa de mortalidade nas duas áreas, no período de 1991-1994. Na Área 1, dos 67 indivíduos recrutados, sendo de 26 espécies, 15% pertenciam à *Guapira graciliflora* e 15% à *Styrax ferrugineus* Nees & Mart. Já na Área 2, dos 167 indivíduos recrutados, distribuídos em 36 espécies, 27% pertenciam à *Myrsine guianensis*; 5% à *Dalbergia miscolobium* Benth. e 5% à *Styrax ferrugineus*.

TABELA 2 - Parâmetros de dinâmica da vegetação arbóreo-arbustiva de Cerrado sentido restrito em duas áreas (Área 1, Área 2), com diferentes históricos de fogo, no período de 1991 a 1994, em Planaltina (DF), sendo: Área 1, com queimadas bienais em 1988, 1990 e 1992; e Área 2, protegida do fogo de 1988 a julho de 1994.

Parâmetros	Área 1		Área 2	
	1991	1994	1991	1994
N. de indivíduos vivos	446	471	790	924
N. de ind. Mortos		42		33
N. de recrutas		67		167
Taxa de mortalidade (%.ano ⁻¹)		3,2		1,4
Taxa de recrutamento (%.ano ⁻¹)		4,9		6,4
Tempo de meia vida (anos)		22		50
Tempo de duplicação (anos)		14		11
Tempo de substituição (anos)		18		30
Estabilidade (anos)		8		39

***Obs: o levantamento dos dados em 1994 ocorreu antes do fogo acidental que atingiu as duas áreas em agosto.**

O tempo de meia vida (22 e 50 anos) foi maior que o tempo de duplicação (14 e 11 anos) nas duas áreas. O tempo de substituição na Área 2 (30 anos) foi maior do que na Área 1 (18 anos), indicando que a Área 1 é mais dinâmica. A estabilidade foi menor na Área 1 (8 anos) do que na Área 2 (39 anos) (Tabela 2). Considerando todos os indivíduos vivos de todas as espécies, no período de 3 anos, o incremento periódico anual médio em diâmetro, da comunidade na Área 1 foi de 0,11cm.ano⁻¹ (desvio padrão=0,37), e na Área 2 foi de 0,14cm.ano⁻¹ (desvio padrão=0,26).

Rebrotas

Na Área 1, um total de 121 indivíduos, distribuídos em 36 espécies, rebrotaram; na Área 2, 13 espécies rebrotaram (Tabela 3). Os indivíduos que rebrotaram tiveram danos na parte aérea (*topkill*) com as queimadas e rebrotaram em anos subsequentes. Assim, na Área 1, dos indivíduos que perderam toda parte aérea e apresentaram rebrotas basais em 1993, no ano

anterior, ou seja, em 1992, 108 tinham altura entre 1 a 2 m, dois com altura de 0,5 m, e dois já haviam perdido a parte aérea. Com relação ao diâmetro, o fogo também afetou os indivíduos menores, sendo que 105 tinham diâmetro entre 1,1 a 5,1cm, quatro entre 5,9 a 7,9, e dois já tinham perdido a parte aérea em 1992. Os indivíduos que rebrotaram em 1994 tinham altura de 0,75 a 1,65 m e diâmetro de 3,2 a 5,9 cm, em 1993. Na Área 2, os indivíduos que rebrotaram em 1993, tinham altura entre 0,7 a 1,6 m e diâmetro de 1,9 a 8,3 cm em 1992. Já daqueles que rebrotaram em 1994, somente um ainda estava vivo em 1993, com altura variando de 1,2 a 2,2 m, os outros três haviam perdido a parte aérea.

TABELA 3 - Número de indivíduos com rebrotas, por espécie, em duas áreas de Cerrado sentido restrito, com diferentes históricos de queimadas, em Planaltina (DF), sendo: Área 1, com aplicação de queimadas bienais em 1988, 1990 e 1992; Área 2, com proteção do fogo de 1988 a julho de 1994.

Espécies	1993		1994		Total
	Área 1	Área 2	Área 1	Área 2	
<i>Aegiphila verticillata</i> Vell.	9	2	3	1	15
<i>Annona monticola</i> Mart.	2				2
<i>Aspidosperma macrocarpum</i> Mart.	3				3
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart. & Zucc.	2				2
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	1				1
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	4				4
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	1	1			2
<i>Connarus suberosus</i> Planch.	1	2			3
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	4	3	1		8
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	3			1	4
<i>Erythroxylum campestre</i> A.St.-Hil.	1				1
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	1				1
<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.	2	1	1		4
<i>Guapira graciliflora</i> (Mart. ex Schmidt) Lundell	8			1	9
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	1	1			2
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	2		1		3
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne		1			1
<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	1		1		2
<i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel	2				2
<i>Machaerium opacum</i> Vogel	5	1	1		7
<i>Mimosa clausenii</i> Benth.	2				2
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	13				13
<i>Neea theifera</i> Oerst.	2	1			3
<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill.	1	1	1		3
<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	1				1
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	4				4
<i>Plenckia populnea</i> Reissek	4				4
<i>Psidium laruotteanum</i> Cambess.	2				2

<i>Qualea multiflora</i> Mart.	1				1
<i>Roupala montana</i> Aubl.	2				2
<i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schltdl.) Frodin	2				2
<i>Strychnos pseudoquina</i> A.St.-Hil.	1				1
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	2			1	3
<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	16		1		17
<i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima	3				3
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum.	1				1
<i>Vochysia elliptica</i> Mart.	1				1
Total Geral	111	14	10	4	139

Biomassa aérea

Na Área 1, a biomassa aérea estimada variou de 8,5 Mg.ha⁻¹ a 9,5 Mg.ha⁻¹, e na Área 2, de 9,4 Mg.ha⁻¹ a 11,7 Mg.ha⁻¹, ambas de 1990 a 1994. Após 18 anos sem fogo, a biomassa estimada foi maior na Área 1 (30,8 Mg.ha⁻¹) do que na Área 2 (22,9 Mg.ha⁻¹) (Tabela 4).

TABELA 4 - Biomassa aérea seca (Mg.ha⁻¹) em duas áreas (Área 1, Área 2) de Cerrado sentido restrito, com diferentes históricos de fogo, em 6 ocasiões, onde: Área 1, com aplicação de queimadas bienais em 1988, 1990 e 1992, e proteção contra o fogo de 1995 a 2012; Área 2, protegida da ação do fogo no período de 1988 a julho de 1994, e de 1995 a 2012.

Área	Ano					
	1990	1991	1992	1993	1994*	2012
Área 1	8,5	9,2	9,5	9,8	9,5	30,8
Área 2	9,4	9,8	10,8	11,9	11,7	22,9

*Obs.: o levantamento dos dados, em 1994, foi feito antes do fogo acidental que atingiu as duas áreas em agosto.

O fogo não alterou a biomassa/parcela no período com queimadas bienais, de 1990 a 1994, pois não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$), pelo teste de t, nos resultados entre a Área 1 e a Área 2, antes do fogo acidental de agosto de 1994. No entanto, o fogo alterou de forma significativa (teste de t pareado, $p < 0,05$) a biomassa aérea média entre as duas áreas neste mesmo período. O fogo também influenciou a biomassa total de forma significativa ($p < 0,05$), sendo que a Área 1 apresentou resultados inferiores aos da Área 2 (Tabela 4). Após 18 anos sem queimar, em 2012 as análises mostraram diferenças significativas pelo teste de t ($p < 0,05$) da biomassa aérea por parcela entre a Área 1 e a Área 2; a Área 1 apresentou valores superiores aos da Área 2. O teste de t pareado também mostrou diferenças significativas entre a biomassa por parcela observada em 1994 e em 2012, nas duas áreas, mostrando que o período sem fogo favoreceu o seu aumento.

DISCUSSÃO

O estudo mostrou diferenças na dinâmica entre as duas áreas estudadas, sendo que na Área 1, com três queimadas bienais em agosto, o recrutamento foi inferior ao da Área 2 e a mortalidade foi superior, indicando a influência da ação do fogo nestas taxas. Os resultados coincidem com outros estudos, onde, em geral, as taxas de recrutamento são maiores que as de mortalidade em áreas protegidas (ROITMANN et al., 2008; SOUZA, 2010). Resultado próximo ao encontrado na Área 2 foi observado em Cerrado sentido restrito protegido do fogo por 18 anos, na Reserva Ecológica do IBGE (DF) no Distrito Federal, por Henriques e Hay (2002) que obtiveram taxa de mortalidade de $1,34\% \cdot \text{ano}^{-1}$. Por outro lado, ainda na Reserva Ecológica do IBGE, após 19 anos do primeiro inventário em 1991, e com um incêndio, Souza (2010) observou taxa de mortalidade de $3,5\% \cdot \text{ano}^{-1}$ e de recrutamento de $4,45\% \cdot \text{ano}^{-1}$, mais similares aos observados na Área 1. Em outro estudo, em Cerrado sentido restrito em Mato Grosso, Ribeiro et al. (2012) relacionaram a taxa de mortalidade com a frequência das queimadas, sendo que na área com três queimadas trienais a taxa foi maior ($4,4\% \cdot \text{ano}^{-1}$) do que na área com duas queimadas quinquenais ($2,1\% \cdot \text{ano}^{-1}$). Os resultados desses estudos em comparação aos encontrados na Reserva da Embrapa Cerrados sugerem que as diferenças nas taxas de mortalidade podem estar relacionadas ao regime de queima e ao comportamento do fogo (MEDEIROS; MIRANDA, 2005; MIRANDA et al., 2010).

As queimadas frequentes em intervalos curtos de tempo, de forma geral, podem impedir a regeneração da vegetação (MIRANDA; SATO, 2005) e reduzir as taxas de recrutamento. Na Área 1, a primeira queimada em 1988 levou à uma redução no número de indivíduos em 1990, mas para o período de 1991 a 1994, a maior taxa de recrutamento ($4,9\% \cdot \text{ano}^{-1}$) comparada à de mortalidade ($3,2\% \cdot \text{ano}^{-1}$) refletiu no aumento da densidade de indivíduos vivos. A maior taxa de recrutamento pode estar relacionada à habilidade de algumas espécies em produzirem sementes após o fogo, ou em desenvolverem indivíduos provenientes de sementes que resistam às queimadas, além da capacidade de algumas plântulas sobreviverem às queimadas recentes e da habilidade de reprodução vegetativa (MIRANDA; SATO, 2005; ANDRADE; MIRANDA, 2010).

O maior número de espécies e de indivíduos que rebrotaram em comparação ao número de recrutas, na área com queimadas, bem como o maior número de recrutas e menor de indivíduos que rebrotaram, na área protegida contra a ação do fogo, sugere o favorecimento de espécies com capacidade de reprodução assexuada na área com queimas prescritas. A realidade

observada está em sintonia com o fato de que altas frequências de fogo tendem a limitar a reprodução sexuada (HOFFMANN; MOREIRA, 2002) e a aumentar a reprodução vegetativa, favorecendo espécies mais resistentes no Cerrado (ANDRADE; MIRANDA, 2010). Diante do constatado, sugere-se o favorecimento de espécies mais resistentes ao fogo, bem como a importância dos órgãos subterrâneos como mecanismo adaptativo ao fogo.

O intervalo bienal entre as queimadas parece ter sido suficiente para permitir o desenvolvimento de regenerantes de algumas espécies, baseado no fato de que plântulas de muitas espécies apresentam rápido desenvolvimento do sistema radicular e têm a habilidade de rebrotar após as queimadas, atingindo o tamanho crítico de escape ao fogo (MIRANDA; SATO, 2005). No entanto, essas estratégias não foram eficientes para manter a estrutura e permitir que a vegetação com queimadas bienais, em um período de 6 anos, alcançasse o número de indivíduos observados em 1988, que foi de 656 (RIOS et al., 2018).

As queimadas afetaram, principalmente, os indivíduos de menor porte, com maior número de indivíduos mortos com até 2,4 m de altura (64%) e diâmetro até 5,5 cm (76%). Tal situação foi semelhante em um Campo sujo, na Reserva Ecológica do IBGE (DF), após queimadas anuais (MEDEIROS; MIRANDA, 2005). Portanto, as duas realidades reforçaram o fato de que, geralmente, os indivíduos de menor porte são mais suscetíveis aos efeitos do fogo (MIRANDA et al., 2002). Além disso, os danos, geralmente, são maiores em plântulas e indivíduos jovens que ainda não têm casca espessa para garantir proteção contra altas temperaturas durante o fogo (SATO et al., 2010). Dessa forma, a espessura da casca pode ter sido determinante na sobrevivência e no tipo de danos causados pelas queimadas no estudo (PAUSAS, 2015; SOUCHIE et al. 2017).

A taxa de recrutamento obtido na Área 2 ($6,4\% \cdot \text{ano}^{-1}$) superior ao da Área 1 ($4,9\% \cdot \text{ano}^{-1}$) sugere que o fogo pode ter prejudicado a regeneração de algumas espécies nesta área. Na Área 1, a maior taxa de mortalidade, e o desbalanceamento positivo no recrutamento, resultou em tempos de meia vida e de substituição menores do que aqueles obtidos na Área 2, sugerindo que a Área 1 seja mais dinâmica que a Área 2. A Área 1 foi mais estável que a Área 2, pois apresentou valores de estabilidade menores, número de indivíduos mais similares e valores mais próximos de mortalidade e de recrutamento. Comparando-se com outros estudos, os resultados de Aquino et al. (2007) foram mais próximos aos desta área com relação ao tempo de meia vida (25 e 14 anos), tempo de duplicação (22 e 12) e tempo de substituição (23,5 e 13 anos), em duas áreas de Cerrado sentido restrito, com queimadas, em Balsas, no Maranhão. Assim, a maior frequência do fogo e a taxa de recrutamento superior à de mortalidade, na Área 1, reforçam o

processo dinâmico de estabelecimento da vegetação, padrão normalmente relacionado a locais que sofreram distúrbios (CARVALHO; FELFILI, 2011), e sugerem a alta resiliência ao distúrbio fogo da comunidade estudada.

A mortalidade inferior ao recrutamento, na Área 2, refletiu no aumento da densidade dos indivíduos ao longo do tempo. Com o desbalanceamento entre a taxa de mortalidade e de recrutamento, o tempo de meia vida superou o de duplicação da comunidade, que também apresentou elevada estabilidade e substituição. Esses resultados, possivelmente, estão relacionados ao tipo de preservação e à manutenção da riqueza e estrutura da comunidade ao longo do tempo, sugerindo que a área esteja em equilíbrio dinâmico em relação à recomposição da comunidade (ROITMAN et al., 2008; MEWS et al., 2011).

O incremento periódico anual em diâmetro na Área 1 ($0,11\text{cm.ano}^{-1}$) e na Área 2 ($0,14\text{cm.ano}^{-1}$) foram semelhantes às taxas obtidas, também em Cerrado sentido restrito, por Roitman et al. (2008), em área protegida do fogo no sudoeste da Bahia ($0,096\text{cm.ano}^{-1}$) e por Aquino et al. (2007), em Cerrado com histórico de queimadas em Balsas, no Maranhão ($0,13\text{cm.ano}^{-1}$ e $0,17\text{cm.ano}^{-1}$) e menores que o encontrado por Mews et al. (2011) em área de Cerrado sentido restrito, com registro de fogo, em Nova Xavantina, Mato Grosso ($0,31\text{cm.ano}^{-1}$). Essas diferenças podem estar associadas aos prolongados períodos de seca, bem como à fertilidade dos solos e às condições de preservação de cada área (HENRIQUES; HAY, 2002; MEWS et al., 2011).

Com relação à biomassa, a resposta da vegetação ao acúmulo de biomassa esteve ligada à ocorrência das queimas. No período de 1990 a 1994, a biomassa aérea estimada na Área 1 foi significativamente menor do que na Área 2. Os resultados mostraram valores muito próximos até 1993 e redução em 1994, na área com fogo. Como as queimadas afetaram, principalmente, as plantas de menor porte (RIOS et al., 2018), possivelmente, alguns indivíduos com danos na parte aérea, tiveram tempo para recuperar a biomassa um e dois anos após o fogo até 1993. Além disso, provavelmente, o crescimento radial de alguns indivíduos também foi suficiente para repor as perdas decorrentes da mortalidade (LIMA et al., 2009). Já, em 1994, a redução da biomassa pode ter sido em consequência dos danos na parte aérea, com as três queimadas bienais, levando os indivíduos à mortalidade, com dano total, ou mortalidade aérea, com danos parciais. Dentro desse contexto, cabe ressaltar que Castro e Kaufmann (1998) também encontraram menor biomassa em áreas queimadas, em Cerrado sentido restrito, na Reserva Ecológica do IBGE (DF), incluindo árvores e arbustos.

Comparando-se os resultados com outros trabalhos, observou-se variação nas estimativas da biomassa, mas alguns estudos apresentaram valores próximos aos encontrados nas duas áreas no período de 1990 a 1994 (REZENDE et al., 2006; MIRANDA et al., 2011). Essas variações podem ser resultado das diferenças metodológicas, da heterogeneidade na estrutura da vegetação, bem como da frequência das queimadas e de outros distúrbios nas áreas mencionadas (RIBEIRO et al., 2011; MIRANDA et. al., 2011). As condições climáticas durante as queimadas, a topografia e a umidade do combustível também podem ter influenciado a quantidade de combustível consumido (CASTRO; KAUFMANN, 1998), e, conseqüentemente, a biomassa estimada nas áreas comparadas.

A proteção contra o fogo por 18 anos, por outro lado, favoreceu o aumento da biomassa aérea estimada nas duas áreas de estudo, sendo significativamente maior na Área 1. Em outras localidades do bioma as estimativas de biomassa indicaram maiores valores em áreas protegidas contra o fogo, no entanto, houve variação nos resultados evidenciando a heterogeneidade florística frequentemente encontrada em Cerrado sentido restrito onde, mesmo em áreas próximas, as comunidades podem ser estruturalmente diferenciadas (RIBEIRO et al., 2011). Além disso, as diferenças nas metodologias e nas condições de conservação de cada área também podem ter influenciado a variação nas estimativas.

CONCLUSÕES

A incidência de queimadas bienais, em um período de seis anos, aumentou a mortalidade e reduziu o recrutamento de indivíduos, implicando em menores tempos de meia vida e de substituição. A incidência de queimadas bienais, em um período de seis anos, favoreceu a reprodução assexuada, com estímulo da formação de rebrotas basais ou subterrâneas. A incidência de queimadas bienais, em um período de seis anos, diminuiu a biomassa aérea. A proteção contra a ação do fogo por 18 anos favoreceu o aumento da biomassa aérea nas duas áreas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, L.F.; VIEIRA, S.A.; SCARANELLO, M.A.; CAMARGO, P.B.; SANTOS, F.A.M.; JOLY, C.A.; MARTINELLI, L.A. Forest structure and live aboveground biomass variation along an elevational gradient of tropical Atlantic moist forest (Brazil). **Forest Ecology and Management**, v.260, p.679–691, 2010.
- ANDRADE, L.A.Z.; MIRANDA, H. S. O fator fogo no banco de sementes. In: MIRANDA, H.S. Org. **Efeitos do fogo sobre a estrutura de comunidades de Cerrado**: resultados do Projeto Fogo. Brasília: IBAMA, 2010. p.103-119.
- AQUINO, F.G.; WALTER, B.M.T.; RIBEIRO, J.F. Dinâmica de populações de espécies lenhosas de Cerrado, Balsas, Maranhão. **Revista Árvore**, v.31, n.5, p.793-803, 2007.
- CARVALHO, F.A.; FELFILI, J.M. Variações temporais na comunidade arbórea de uma floresta decidual sobre afloramentos calcários no Brasil Central: composição, estrutura e diversidade florística. **Acta Botanica Brasílica**, v.25, n.1, p.203-214, 2011.
- CASTRO, E.A.; KAUFFMAN, J. B. Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption. **Journal of Tropical Ecology**, v.14, p.263-283, 1998.
- COUTINHO, L.M. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. In: GOLDAMMER, J. G. (Ed.). **Fire in the Tropical Biota**: ecosystem processes and global challenges. Berlin: Springer-Verlag, 1990. p.82-105. (Ecological Studies, v. 8).
- COUTINHO, L.M.; VUONO, Y.S. de; LOUSA, J.S. Aspecto ecológicos do fogo no cerrado. IV. A época da queimada e a produtividade primária líquida epigeia do estrato herbáceo subarbustivo. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.5, n.1/2, p.37-41, 1982.
- HAMMER, O.; HARPE, A.T.D. & RYAN, P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica*, v.4, n.1, p. 1-9, 2001.
- HENRIQUES, R.P.B.; HAY, J.D. Patterns and dynamics of plant population. In: OLIVEIRA, P.S.; MARQUIS, R.J. **The Cerrados of Brazil**: ecology and natural history of a neotropical savanna. New York: Columbia University Press, 2002. p.140-158.
- HOFFMANN, W.A.; MOREIRA, A.G. The role of fire in population dynamics of woody plants. In: OLIVEIRA, P.S.; MARQUIS, R.J. **The Cerrados of Brazil**: ecology and natural history of a Neotropical Savanna. New York: Columbia University Press, 2002. p.159-177.
- KORNING, J.; BALSLEV, H. Growth and mortality of trees in Amazonian tropical rain forest in Ecuador. **Journal of Vegetation Science**, v.4, p.77-86, 1994.
- LIMA, E.S.; LIMA, H.S.; RATTER, J.A. Mudanças pós-fogo na estrutura e composição da vegetação lenhosa em um cerrado mesotrófico, no período de cinco anos (1997-2002) em Nova Xavantina – MT. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 4, p. 468-480, 2009.
- LOIOLA, P.P.L.; SCHERER-LORENZEN, M.; BATALHA, M.A. The role of environmental filters and functional traits in predicting the root biomass and productivity in savannas and tropical seasonal forests. **Forest Ecology and Management**, v.342, p.49–55, 2015.

MEDEIROS, M.B.; MIRANDA, H.S. Mortalidade pós-fogo em espécies lenhosas de campo sujo submetido a três queimadas prescritas anuais. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v.19, n.3, p.493-500, 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.1, p.53–68, 2008.

MEWS, H.A.; MARIMON, B.S.; MARACAHIPES, L.; FRAN CZAK, D.D.; MARIMON-JUNIOR, B.H. Dinâmica da comunidade lenhosa de um Cerrado Típico na região Nordeste do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Biota Neotropica**, v.11, n.1, p.73-82, 2011.

MIRANDA, H.S.; SATO, M.N. Efeitos do fogo na vegetação lenhosa do Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Org.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: MMA, 2005. p. 95-103.

MIRANDA, H.S.; BUSTAMANTE, M.M.C.; MIRANDA, A.C. The fire factor. In: OLIVEIRA, P.S.; MARQUIS, R.J. (Eds.). **Cerrados of Brazil**. New York: Columbia University Press, 2002. p. 51-68.

MIRANDA, H.S.; SATO, M.N.; NASCIMENTO NETO, W.; AIRES, F.S. Fires in the cerrado, Brazilian savanna. In: COCHRANE, M.A. **Tropical Fire Ecology: Climate Change, Land Use, and Ecosystem Dynamics**. New York: Springer, 2009. P.427-450.

MIRANDA, H.S.; NETO, W.N.; NEVES, B.M.C. Caracterização das queimadas no Cerrado. In: MIRANDA, H.S. (Org.). **Efeitos do regime do fogo sobre a estrutura de comunidade de Cerrado: Projeto fogo**. Brasília: IBAMA, 2010. p.23-33.

MIRANDA, S.C.; BUSTAMANTE, M.; SILVA JÚNIOR, M.C. Variação multitemporal na biomassa aérea da vegetação lenhosa de cerrado sentido restrito. In: Congresso de Ecologia do Brasil, 10., 2011. **Anais...** São Lourenço: SEB, 2011.

MORO, 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. **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de casos**. Viçosa: UFV, 2011. p.174-212.

PARRON, L.M.; SILVA, J.C.S.; CAMARGO, A.J.A. de. **Reservas ecológicas da Embrapa Cerrados: caracterização e zoneamento**. Planaltina: EMBRAPA – CPAC, 1998. 80p.

PAUSAS, J.G. Bark thickness and fire regime. **Functional Ecology**, v.29, n.3, p.315–327, 2015.

REZENDE, A.V.; VALE, A.T. do; SANQUETTA, C.R.; FIGUEIREDO FILHO, A.; 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**, n.71, p.65-76, 2006.

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

RIBEIRO, S.C.; FEHRMANN, L.; SOARES, C.P.B.; JACOVINE, L.A.G.; KLEINN, C.; GASPAR, R.O. Above- and belowground biomass in a Brazilian Cerrado. **Forest Ecology and Management**, v.262, p.491–499, 2011.

RIOS, M.N.S.; SOUSA-SILVA, J.C.; MALAQUIAS, J.V. Mudanças pós-fogo na florística e estrutura da vegetação arbóreo-arbustiva de um cerrado sentido restrito em Planaltina – DF. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 2, p. 469-482, abr.- jun., 2018.

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, p.255-267, 2008.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

SATO, M.N.; MIRANDA, H.S.; MAIA, J.M.F. O fogo e o estrato arbóreo do Cerrado: efeitos imediatos e de longo prazo. In: MIRANDA, H.S. (Org.). **Efeitos do regime do fogo sobre a estrutura de comunidade de Cerrado**: Projeto fogo. Brasília: IBAMA, 2010. p.77-91.

SCOLFORO, J.R.S.; MELLO, J.M. **Inventário florestal**. Lavras: UFLA, 2006. 561p.

SHEIL, D.; BURSLEM, D.F.R.P.; ALDER, D. The interpretation and misinterpretation of mortality rate measures. **Journal of Ecology**, v.83, p.331-333, 1995.

SOUCHIE, F.F.; PINTO, J.R.R.; 1, LENZA, E.; GOMES, L.; MARACAHIPES-SANTOS, L.; SILVÉRIO, D.V. Post-fire resprouting strategies of woody vegetation in the Brazilian savanna. **Acta Botanica Brasílica**, v.31, n.2, p.260-266, 2017.

SOUZA, A.J.B. **Estrutura e dinâmica da vegetação lenhosa de cerrado *sensu stricto* no período de 19 anos na Reserva Ecológica do IBGE, Distrito Federal**. 2010. 66f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

SPERA, S.T.; REATTO, A.; CORREIA, J.R.; SILVA, J.C.S. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro, no Cerrado de Planaltina, DF, submetido à ação do fogo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.9, p.1817-1824, 2000.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. New Jersey: Prentice-Hall, 2009.