

UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ INSTITUTO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DAS ÁGUAS CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

JULIANA MAIA LIMA

COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E DINÂMICA DO FOGO NAS SAVANAS DA REGIÃO DE ALTER DO CHÃO, SANTARÉM-PA

JULIANA MAIA LIMA

COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E DINÂMICA DO FOGO NAS SAVANAS DA REGIÃO DE ALTER DO CHÃO, SANTARÉM-PA

Monografia apresentada ao Colegiado do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Oeste do Pará – Campus de Santarém, para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Dr. Rodrigo Ferreira Fadini.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP) Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

L732c Lima, Juliana Maia

Composição florística e dinâmica do fogo nas savanas da região de Alter do Chão, Santarém - PA./ Juliana Maia Lima. — Santarém, 2019.

33 p.: il.

Inclui bibliografias.

Orientador: Rodrigo Ferreira Fadini

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) — Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, Curso Bacharelado em Ciências Biológicas.

Cerrado amazônico.
 Frequência de fogo.
 Pontos de inflexão.
 Fadini, Rodrigo Ferreira, orient.
 Título.

CDD: 23 ed. 581.7098115

JULIANA MAIA LIMA

COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E DINÂMICA DO FOGO NAS SAVANAS DA REGIÃO DE ALTER DO CHÃO, SANTARÉM-PA

TERMO DE APROVAÇÃO

Esta Monografía foi analisada pelos membros da Banca Examinadora, abaixo assinados:

APROVADA EM: 20 / 12 /2018

BANCA EXAMINADORA

Rodrigo Ferreira Faume Professor SIAPE: 1738813

1º membro

2° membro 243211



AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Maria e Manoel, pelo amor incondicional e por fornecer suporte até aqui e sempre.

Ao meu irmão, Marcelo, pela motivação e exemplo.

Ao meu companheiro, Daniel, por todo apoio e incentivo.

Ao meu orientador, Rodrigo Fadini, por ser mais que um mentor, ser um amigo.

Ao professor Élcio Meira, meu primeiro orientador, por me apresentar ao mundo da ciência.

Ao professor Leandro Giacomin, por me apresentar ao POPA (PELD do Oeste do Pará).

À equipe de trabalho, quase sempre formada por: Rodrigo, Arlison e Marcelle; pela ajuda fundamental e persistência (savana amazônica é para poucos!).

Ao seu Deco (Laudeco), por nos guiar pela savana com alegria.

À Albertina Lima, pelos dados de fogo disponibilizados para realizar parte deste estudo.

À Susan Aragon, pelo auxílio na confecção dos mapas de interpolação.

Ao professor Fabricio Baccaro por me dar uma direção na estatística multivariada.

Aos colegas taxonomistas, Piero Delprete e Pedro Viana que fizeram a identificação de algumas espécies importantes.

Ao herbário HSTM, por ter disponibilizado material e estrutura para coleta e herborização das plantas.

Ao POPA e todos os seus colaboradores, pelo aprendizado e troca de conhecimento.

À CAPES, pela bolsa que foi de fundamental importância para o desenvolvimento das atividades.

À Universidade Federal do Oeste do Pará, pela jornada até aqui.

Aos meus amigos, que não são muitos, mas são os melhores.

Aos meus professores, pelo conhecimento e inspiração.

À todas as pessoas, que não foram citadas, mas que de alguma forma me ajudaram a chegar até aqui.



RESUMO

As savanas amazônicas são manchas de vegetação aberta ou grandes áreas que ocorrem sobre

vários tipos de solo e regimes de chuva. Isso indica que sua presença não é determinada apenas

por fatores edáficos e climáticos, mas também pela presença do fogo, que atua como fator de

perturbação desse ecossistema. Nesse estudo, utilizamos dados de queimadas medidas no solo

durante os últimos 19 anos (1997-2015) para correlaciona-los aos dados de composição

florística obtidos nas mesmas parcelas no ano de 2017. Descrevemos de forma semiquantitativa

a composição florística; avaliamos se o regime de queimadas mudou em duas escalas temporais

distintas (nos últimos 9 anos VS. 19 anos); e avaliamos se o tempo de retorno do fogo determina

mudanças na composição florística das savanas estudadas, além do padrão dessa relação.

Registramos 107 espécies, distribuídas em 42 famílias e 86 gêneros. Trinta e uma espécies

estavam presentes em mais de 90% das unidades amostrais, com destaque para: Trachypogon

spicatus (L.f.) Kuntze, Chamaecrista ramosa (Vogel) H.S.Irwin & Barneby, Rhynchospora

hirsuta (Vahl) Vahl e Paspalum carinatum Humb. & Bonpl. ex Flüggé, Com relação à dinâmica

do fogo, os dados históricos de fogo indicam que está ocorrendo uma diminuição na

porcentagem de área queimadas nas parcelas, assim como o aumento do tempo de retorno do

fogo na última década. O fogo estruturou a composição florística das savanas estudadas, no

entanto, a relação evidenciada sugere que há um limiar do tempo de retorno de fogo que

promove uma mudança abrupta, ao invés de sutil, na comunidade.

Palavras-chave: Cerrado Amazônico, Frequência de fogo, Ponto de inflexão.

ABSTRACT

Amazonian savannas are spots of open vegetation or large areas that occur on various types of

soil and rainfall regimes. This indicates that its presence is determined not only by edaphic and

climatic factors, but also by the presence of fire, which acts as a disturbance factor of this

ecosystem. In the present study, we used data on soil fires measured during the last 19 years

(1997-2015) to correlate them with the floristic composition data obtained in the same plots in

2017. We describe the floristic composition semiquantitatively; we evaluated whether the burn

regime changed in two distinct temporal scales (in the last 9 years VS. 19 years); and evaluated

whether the fire return time determines changes in the floristic composition of the savanna

studied, in addition to the pattern of this relationship. We recorded 107 species, distributed in

42 families and 86 genera. Thirty-one species were present in more than 90% of the sample

units, especially: Trachypogon spicatus (L.f.) Kuntze, Chamaecrista ramosa (Vogel) H.S.

Irwin & Barneby, Rhynchospora hirsuta (Vahl) Vahl and Paspalum carinatum Humb. & Bonpl.

With regard to fire dynamics, historical fire data indicate that there is a decrease in the

percentage of area burned in the plots, as well as the increase in fire return time in the last

decade. Fire structured the floristic composition of the savannas studied, however, the

relationship evidenced suggests that there is a fire return time threshold that promotes an abrupt,

rather than subtle, change in the community.

Keywords: Amazonian Cerrado, Fire frequency, Inflection point.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Área de estudo e distribuição das unidades amostradas (ao lado um desenho
esquemático da distribuição das transecções)
Figura 2 – Ordenação por Escalonamento Multidimensional não Métrico (NMDS) da
composição da vegetação em Frequência Relativa (A) e Presença e Ausência (B) das 29
unidades amostrais nas áreas de savana em Alter do Chão-PA. Os códigos são os mesmos
apresentados na Figura 1
Figura 3 – Histograma da porcentagem de área queimada por parcela dos últimos 19 anos (A)
e dos últimos 9 anos (B); e histograma do tempo médio de retorno do fogo dos últimos 19 anos
(C) e dos últimos 9 anos em (D)
Figura 4 – Mapa de interpolação do tempo de retorno do fogo nos últimos 19 anos (A) e 9 anos
(B) nas áreas de savana da região de Alter do Chão
$Figura\ 5-Regress\~{a}o\ linear\ simples\ entre\ tempo\ de\ retorno\ do\ fogo\ e\ composiç\~{a}o\ da\ vegeta\~{c}\~{a}o$
em frequência relativa dos últimos 19 anos e 9 anos (A e B) e em presença e ausência dos 19
anos e 9 anos (C e D)
Figura 6 – Borreria hispida Spruce ex K.Schum. (A e B) e Spheneria kegelii (Müll.Hal.) Pilg
(C e D)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVO	14
2.1	OBJETIVO GERAL	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3	MATERIAL E MÉTODO	15
3.1	ÁREA DE ESTUDO	15
3.2	COLETA DE DADOS	16
3.3	ANÁLISES DE DADOS	16
4	RESULTADOS	18
4.1	COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA	18
4.2	DINÂMICA DO FOGO	23
4.3	RELAÇÃO FOGO-COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA	25
5	DISCUSSÃO	27
5.1	COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA	27
5.2	DINÂMICA DO FOGO	28
5.3	RELAÇÃO FOGO-COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA	29
6	CONCLUSÕES	30
	REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

As savanas são um dos principais ecossistemas terrestres do mundo, que ocupam uma área de aproximadamente 33 milhões de km² e apresentam uma mistura de vegetação graminosa e árvores (BEERLING & OSBORNE 2006). No Brasil, o principal bioma com grande proporção de savanas é o Cerrado, que ocupava originalmente 21% do território nacional, mas que esteve muito ameaçado pela expansão agrícola (KLINK & MACHADO 2005).

Fatores edáficos e o regime de fogo são dois dos principais determinantes da distribuição e abundância de plantas nas savanas no mundo (FROST & ROBERTSON 1985; FURLEY 2010; STAVER et al. 2011). Nas savanas do Cerrado do Brasil central, tais fatores atuam em conjunto para determinar diferentes fitofisionomias, que vão desde a mais herbáceo-arbustiva (campo cerrado) até a mais florestal (cerradão) (RUGGIERO et al. 2002). O fogo é também responsável por mudanças na composição florística dessas áreas, no entanto, esse efeito é muito menos estudado do que mudanças na estrutura e fisionomia (SILVA 2014).

Na Amazônia brasileira, as savanas ocorrem distribuídas em pequenas manchas ou formando extensas áreas, como o Lavrado de Roraima (BARBOSA et al. 2007), espalhadas por diferentes estados brasileiros (EITEN 1978; DE CARVALHO & MUSTIN 2017). Ocupam uma área de aproximadamente 150.000 km², cerca de 7% do total da Amazônia brasileira (BRAGA 1979), além de ocorrerem em outros países amazônicos como Suriname, Guiana, Guiana Francesa, Venezuela, Colômbia e Bolívia (MAGNUSSON et al 2008). A origem dessas áreas está provavelmente relacionada a existência de maiores extensões de savana que ocuparam boa parte da América do Sul durante períodos mais secos do Pleistoceno (MMA 2003; HAFFER & PRANCE 2002).

Comparados às savanas do Cerrado, os solos das savanas amazônicas são muito mais pobres, arenosos (>90%) e possuem baixa capacidade de retenção hídrica, o que torna a vegetação herbácea altamente dependente do regime pluviométrico (SANAIOTTI et al. 2002). Combinado a isso, queimadas são frequentes e determinam mudanças severas no aspecto da vegetação (SANAIOTTI & MAGNUSSON 1995). Em áreas onde o fogo é muito frequente, pode ocorrer uma progressiva redução da diversidade e simplificação da estrutura da comunidade, tornando a fisionomia gradualmente mais aberta (HOFFMANN & MOREIRA 2002). No entanto, a ausência de fogo pode levar à maior dominância de vegetação lenhosa, com a consequente perda de espécies herbáceas nas savanas, um fenômeno mundial ligado não apenas à supressão do fogo, mas ao aumento da concentração de gás carbônico, de deposição de nitrogênio e às taxas excessivas de pastejo (RATAJCZAK et al. 2012)

A composição de plantas das savanas Amazônicas, mais especificamente aquelas localizadas próximas à Vila de Alter do Chão, PA, foi estudada por MAGNUSSON et al. (2008). Segundo este estudo, há pouca variação na composição florística desta savana. No entanto, foram coletados apenas dados de presença e ausência.

Nesse estudo, utilizamos dados de queimadas medidas no solo durante os últimos 19 anos (1997-2015) para correlaciona-los aos dados de composição florística obtidos nas mesmas parcelas no ano de 2017. Em primeiro lugar, descrevemos de forma semiquantitativa a composição florística das áreas amostradas. Posteriormente, avaliamos se o regime de queimadas mudou em duas escalas temporais distintas (nos últimos 9 anos VS. 19 anos). Por último, avaliamos se o tempo de retorno do fogo determina mudanças na composição florística das savanas estudadas, além do padrão de mudança dessa relação.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a relação da composição florística das savanas de Alter do Chão com o regime de queimadas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Descrever a composição florística das áreas de savana estudadas;
- Descrever o regime de queimadas dos últimos vinte anos nas áreas estudadas;
- Determinar a relação do regime de queimadas com a composição da comunidade de plantas.

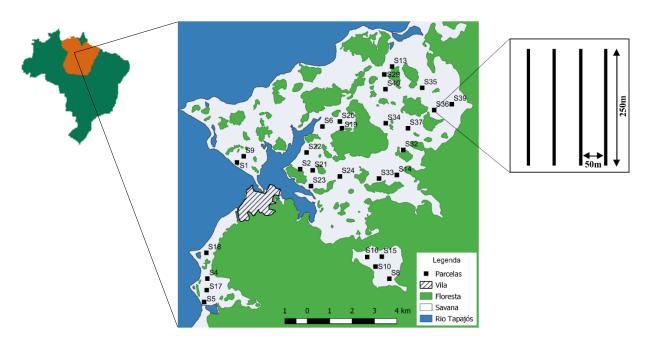
3 MATERIAL E MÉTODO

3.1. ÁREA DE ESTUDO

A área estudada está localizada no município de Santarém, PA, nas proximidades da vila de Alter do Chão (2°31' S, 59°00' O). Apresenta temperatura média de 25,5°C e precipitação média anual de 1903 mm (BDMEP, 2018). A vegetação destas áreas é formada essencialmente por um estrato herbáceo, constituído em sua maioria por gramíneas (*Paspalum carinatum* Humb. & Bonpl. ex Flüggé, *Trachypogon spicatus* (L.f.) Kuntze) e cyperáceas (*Rhynchospora* spp.); um estrato arbustivo (60-80cm de altura); e um estrato arbóreo de até 10m de altura.

O estudo foi conduzido em 29 unidades amostrais previamente estabelecidas pelo Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio), que fazem parte do Programa Ecológico de Longa Duração do Oeste do Pará (PELD-POPA). Cada unidade possui 4 transecções de 250 m, orientadas no sentido Norte-Sul, distantes 50 m entre si e cobrindo uma área de 3,75 hectares cada (Figura 1).

Figura 1 – Área de estudo e distribuição das unidades amostradas (ao lado um desenho esquemático da distribuição das transecções).



Fonte: LIMA (2018).

3.2 COLETA DE DADOS

A coleta dos dados da composição florística foi realizada nas 29 unidades previamente mencionadas, utilizando duas trenas paralelas, de 50 m cada, esticadas ao longo das transecções. As trenas foram espaçadas 1 m entre si, perfazendo um total de 0,1 ha por unidade. A presença ou ausência (PA) de cada espécie de planta, conforme a lista disponibilizada em MAGNUSSON et al. (2008), foi registrada ao longo das faixas formadas pelas trenas de 50 m (totalizando 20 faixas amostradas em cada unidade). Assim, cada espécie recebeu um valor, que variou de 0 a 20. Se uma espécie não esteve presente em nenhuma das faixas recebeu o valor 0, se esteve presente em uma faixa recebeu o valor 1, e assim por diante. Esse valor é equivalente à frequência de ocorrência da espécie (FR), sendo uma medida semiquantitativa. Todas as identificações foram realizadas por um pesquisador com experiência prévia na área de estudo (R. Fadini), com auxílio de um guia de campo preliminar (T. M. Sanaiotti, dados não publicados). Espécies de difícil identificação foram morfotipadas e amostras férteis foram coletadas e depositadas no Herbário HSTM, da Universidade Federal do Oeste do Pará.

A ocorrência de fogo nas unidades amostrais foi medida anualmente desde 1997 até 2015 (Albertina Lima, dados não publicados), esticando uma trena conforme a metodologia anterior. A presença de fogo foi verificada a cada 2 m ao longo dessa trena, totalizando 500 pontos por unidade (1000 m de transecções). O número de pontos queimados foi transformado em porcentagem queimada por ano. Como a unidade amostral normalmente queima completamente ou fica intacta (sem fogo), os dados foram transformados em presença/ausência de fogo.

3.3 ANÁLISE DE DADOS

Para os dados de composição florística, uma matriz de dissimilaridade foi criada, utilizando os dados de frequência de ocorrência (FR) e presença e ausência (PA) de 22 unidades amostrais (que possuíam dados completos de fogo), com a função *vegdist* do pacote *Vegan* (OKSANEN et al. 2017), disponível para o R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012). Após isso, utilizamos a função metaMDS para produzir diferentes escores NDMS, reduzindo a informação de composição florística.

Para os dados de queimadas, inicialmente foi realizada uma análise descritiva dos dados históricos dos últimos 19 anos (1997 a 2015) e 9 anos (2007 a 2015). Além disso, utilizamos o tempo de retorno do fogo (TR), tempo médio em anos que o fogo retorna à referida

área em períodos sucessivos, como variável independente em um modelo de regressão linear simples, com o primeiro eixo do NMDS como variável dependente.

4 RESULTADOS

4.1 COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA

Nas 29 parcelas amostradas foram registradas 107 espécies, distribuídas em 42 famílias e 86 gêneros. Quatro espécies foram identificadas somente ao nível de família e 9 somente ao nível de gênero, além de 19 indivíduos que não foram identificados (incluindo espécies florestais que não foram incluídas nas análises).

Trinta e uma espécies estavam presentes em mais de 90% das unidades amostrais (acima de 26 unidades), com destaque para: *Trachypogon spicatus* (L.f.) Kuntze, *Chamaecrista ramosa* (Vogel) H.S.Irwin & Barneby, *Rhynchospora hirsuta* (Vahl) Vahl e *Paspalum carinatum* Humb. & Bonpl. ex Flüggé, que também apresentaram as maiores frequências relativas médias, 94,3%, 88,3%, 84,3% e 80%, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1 – Espécies registradas no levantamento da composição florística das 29 unidades amostrais de savana amazônica, em Alter do Chão, PA. DP=Desvio Padrão.

Família/espécie	N° de parcelas	Frequência relativa média (%)	DP
AMARANTHACEAE			
Alternanthera martii R.E.Fr.	7	3,621	1,573
ANACARDIACEAE			
Anacardium occidentale L.	25	12,586	1,500
Tapirira guianensis Aubl.	2	1,897	1,400
ANNONACEAE			
Xylopia aromatica (Lam.) Mart.	14	9,655	4,034
APOCYNACEAE			
Blepharodon bicuspidatum E.Fourn.	4	0,862	0,460
Himatanthus drasticus (Mart.) Plumel	29	36,724	2,832
Mandevilla hirsuta (A.Rich.) K.Schum.	1	0,172	0,182
Mandevilla scabra (Hoffmanns. ex Roem. &			
Schult.) K.Schum.	10	3,793	1,330
Odontadenia lutea (Vell.) Markgr.	27	18,966	2,821
Tabernaemontana coriacea Link ex Roem. &			
Schult.	29	46,724	4,490
ARECACEAE			
Euterpe sp.	1	0,172	0,182
ASTERACEAE			
Chromolaena squalida (DC.) R.M.King & H.Rob.	2	0,517	0,402
Ichthyothere terminalis (Spreng.) S.F.Blake	26	37,414	5,512
BIGNONIACEAE			

Família/espécie	N° de parcelas	Frequência relativa média (%)	DP
Adenocalymma allamandiflorum (Bureau ex		`	
K.Schum.) L.G.Lohmann	1	0,172	0,182
Pleonotoma melioides (S.Moore) A.H.Gentry	11	4,310	2,063
Handroanthus ochraceus (Cham.) Mattos	4	1,897	1,187
BURSERACEAE			
Protium heptaphyllum (Aubl.) Marchand CARYOPHYLLACEAE	9	5,172	2,593
Polycarpaea corymbosa (L.) Lam.	28	72,069	4,375
CHRYSOBALANACEAE			
Chrysobalanaceae sp1	1	0,172	0,182
Hirtella ciliata Mart. & Zucc.	12	5,172	1,752
Hirtella racemosa Lam.	24	20,000	3,667
CONNARACEAE			
Connarus detersus Planch.	26	42,759	6,061
CYPERACEAE			
Cyperus sp	2	0,690	0,571
Cyperus aff. laxus Lam.	14	8,276	3,088
Rhynchospora cephalotes (L.) Vahl	13	3,448	0,914
Rhynchospora hirsuta (Vahl) Vahl	29	84,310	2,933
Scleria secans (L.) Urb.	4	1,379	0,943
DILLENIACEAE			
Davilla sp.	17	15,517	4,122
Doliocarpus brevipedicellatus Garcke ERIOCAULACEAE	15	12,414	4,407
Paepalanthus subtilis Miq.	29	30,517	4,205
ERYTHROXYLACEAE			
Erythroxylum citrifolium A.StHil.	20	17,931	4,530
Erythroxylum suberosum A.StHil.	8	5,000	2,213
EUPHORBIACEAE			
Manihot caerulescens Pohl	23	16,897	2,999
Maprounea guianensis Aubl.	10	2,069	0,617
Microstachys corniculata (Vahl) Griseb.	29	51,034	6,272
FABACEAE			
Fabaceae sp1	1	0,345	0,365
Aeschynomene paniculata Willd. ex Vogel	5	0,862	0,378
Bauhinia burchellii Benth.	2	0,690	0,507
Bowdichia virgilioides Kunth	24	10,345	1,874
Centrosema venosum Mart. ex Benth.	22	32,759	5,769
Chamaecrista flexuosa (L.) Greene	4	5,690	3,683
Chamaecrista ramosa (Vogel) H.S.Irwin & Barneby	29	88,276	4,171
Chamaecrista viscosa (Kunth) H.S.Irwin & Barneby	16	25,172	6,117
Copaifera martii Hayne	25	24,655	4,234
Dioclea bicolor Benth.	25	33,793	4,966
		, -	, =

Família/espécie	N° de parcelas	Frequência relativa média (%)	DP
Eriosema crinitum (Kunth) G.Don	19	8,793	2,402
Galactia jussiaeana Kunth	27	67,241	6,404
Inga sp1	6	2,931	1,352
Plathymenia reticulata Benth.	7	2,414	1,071
Swartzia sp1	6	1,552	0,792
Tachigali vulgaris L.G.Silva & H.C.Lima	2	1,552	1,206
Vatairea macrocarpa (Benth.) Ducke	29	40,172	3,178
Helicotropis linearis (Kunth) A. Delgado	1	0,172	0,182
Zornia latifolia Sm.	2	1,724	1,294
HYPERICACEAE			
Vismia gracilis Hieron.	3	0,517	0,305
LACISTEMATACEAE		,	,
Lacistema aggregatum (P.J.Bergius) Rusby LAMIACEAE	3	0,862	0,530
Aegiphila verticillata Vell.	27	29,310	4,167
Amasonia arborea Kunth	17	5,862	1,366
LAURACEAE			
Cassytha filiformis L.	15	13,966	4,254
LYTHRACEAE			
Cuphea sessilifolia Mart.	6	6,034	3,418
Lafoensia pacari A.StHil.	29	38,793	3,530
MALPIGHIACEAE			
Byrsonima coccolobifolia Kunth	29	40,862	3,696
Byrsonima crassifolia (L.) Kunth	29	74,483	3,263
MELASTOMATACEAE			
Clidemia sericea D.Don	2	1,379	1,142
Miconia albicans (Sw.) Triana	2	0,517	0,402
Miconia fallax DC.	12	12,759	4,461
Miconia lepidota DC.	7	9,828	5,143
Miconia rufescens (Aubl.) DC.	2	0,345	0,253
Miconia secundiflora Cogn.	3	3,621	2,585
Mouriri sp1	1	0,172	0,182
MENISPERMACEAE			
Cissampelos ovalifolia DC.	29	36,897	3,388
MYRTACEAE			
Myrtaceae sp1	1	0,345	0,365
Eugenia biflora (L.) DC.	29	55,000	4,814
Myrcia sp 1	17	8,276	2,217
Myrcia amazonica DC.	21	13,276	2,986
Myrcia bracteata (Rich.) DC.	1	0,172	0,182
Myrcia sylvatica (G.Mey.) DC.	28	40,517	5,933
NYCTAGINACEAE			
Neea ovalifolia Spruce ex J.A.Schmidt	22	21,724	4,929

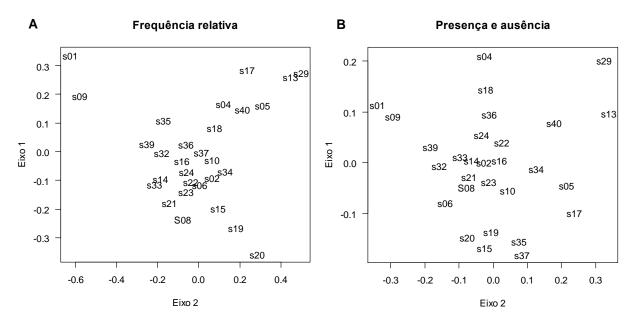
Família/espécie	N° de parcelas	Frequência relativa média (%)	DP
OCHNACEAE			
Ouratea acuminata (A.DC.) Engl.	2	0,517	0,402
ORCHIDACEAE			
Galeandra montana Barb.Rodr.	2	0,345	0,253
PASSIFLORACEAE			
Passiflora sp1	3	0,862	0,530
PHYLLANTHACEAE			
Phyllanthus minutulus Müll.Arg.	12	6,724	1,862
POACEAE			
Axonopus aureus P. Beauv.	28	56,207	5,775
Gymnopogon foliosus (Willd.) Nees	21	26,897	4,619
Mesosetum loliiforme (Hochst.) Chase	13	13,793	4,336
Paspalum carinatum Humb. & Bonpl. ex Flüggé	28	80,000	5,285
Spheneria kegelii (Müll.Hal.) Pilg.	18	18,966	5,074
Trachypogon spicatus (L.f.) Kuntze	29	94,310	1,479
POLYGALACEAE		7 1,3 10	1,177
Polygala trichosperma Jacq.	27	40,000	6,700
Asemeia violacea (Aubl.) J.F.B.Pastore &	2.7	40,000	0,700
J.R.Abbott	3	1,034	0,663
PROTEACEAE	_	-,	,,,,,,
Roupala montana Aubl.	25	39,138	5,113
RHABDODENDRACEAE		25,120	5,115
Rhabdodendron amazonicum (Spruce ex Benth.)			
Huber	20	11,897	2,469
RUBIACEAE			
Rubiaceae sp1	1	0,172	0,182
Alibertia edulis (Rich.) A.Rich.	6	4,138	2,436
Borreria capitata (Ruiz & Pav.) DC.	14	17,931	5,449
Borreria hispida Spruce ex K.Schum.	16	19,483	4,852
Borreria schumannii (Standl. ex Bacigalupo) E.L.		-,	,
Cabral & Sobrado	15	10,000	3,913
Chomelia parviflora (Müll.Arg.) Müll.Arg.	28	26,379	3,117
Cordiera concolor (Cham.) Kuntze	2	3,276	2,495
Declieuxia fruticosa (Willd. ex Roem. & Schult.)			
Kuntze	27	53,276	5,737
Psychotria hoffmannseggiana (Willd. ex Schult.)			
Müll.Arg.	9	12,586	5,424
Tocoyena formosa (Cham. & Schltdl.) K.Schum.	28	25,345	2,728
SALICACEAE			
Casearia grandiflora Cambess.	1	0,345	0,365
Casearia javitensis Kunth	14	6,724	2,294
Casearia sylvestris Sw.	19	15,690	2,980
Ryania spl	1	0,172	0,182
SAPINDACEAE			

Família/espécie	N° de parcelas	Frequência relativa média (%)	DP
Cupania diphylla Vahl	5	0,862	0,378
SAPOTACEAE			
Pouteria ramiflora (Mart.) Radlk.	27	34,828	3,917
SIMAROUBACEAE			
Simarouba amara Aubl.	9	4,138	1,703
SMILACACEAE			
Smilax fluminensis Steud.	27	40,862	3,724
TURNERACEAE			
Turnera brasiliensis Willd. ex Schult.	3	0,690	0,433
Turnera melochioides Cambess.	29	75,862	4,094
Turnera ulmifolia L.	10	16,207	5,367
VITACEAE			
Cissus sp1	1	0,345	0,365
VOCHYSIACEAE			
Qualea grandiflora Mart.	27	37,931	4,724
Salvertia convallariodora A.StHil.	29	59,310	3,794

Fonte: LIMA (2018).

Entre 65-70% das unidades amostrais formaram um grupo com espécies e frequência relativa semelhantes através da ordenação por NMDS (Figura 2A), no entanto podemos observar que algumas unidades amostrais são mais periféricas, indicando diferença de composição com as demais. Na ordenação com os dados de presença e ausência, não parece haver um padrão claro da distribuição das espécies.

Figura 2 – Ordenação por Escalonamento Multidimensional não Métrico (NMDS) da composição da vegetação em Frequência Relativa (A) e Presença e Ausência (B) das 29 unidades amostrais nas áreas de savana em Alter do Chão-PA. Os códigos são os mesmos apresentados na Figura 1.

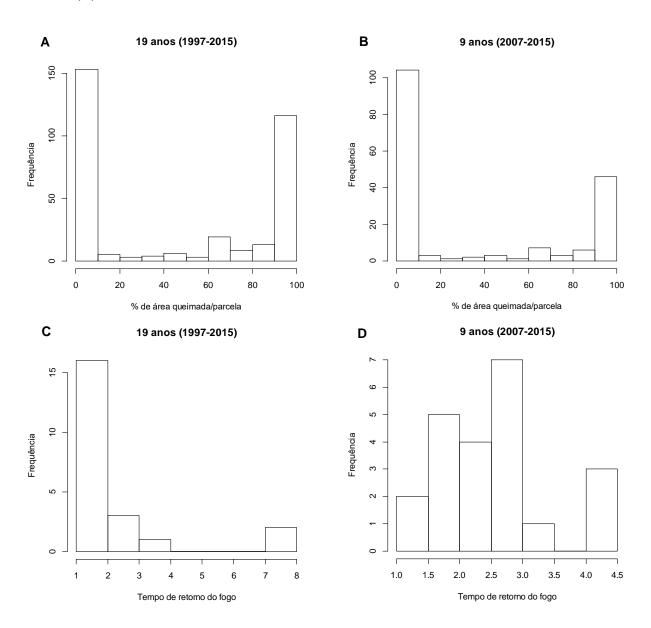


Fonte: LIMA (2018)

4.2 DINÂMICA DO FOGO

Há uma distribuição bimodal da porcentagem da área da unidade amostral queimada, tanto nos últimos 19 anos, quanto nos últimos 9 anos (Figura 3A e 3B). Nos dados históricos dos últimos 19 anos, o tempo de retorno do fogo (TR) variou entre 1 a 8 anos. No entanto, setenta e dois por cento das unidades amostrais apresentaram o menor TR entre 1 a 2 anos (Figura 3C). Quando analisamos os dados de fogo dos últimos 9 anos, observamos que houve um aumento do TR. Apesar de variar de 1 a 4,5 anos, as maiores frequências ocorrem entre 1.5 a 3 anos (Figura 3D).

Figura 3 – Histograma da porcentagem de área queimada por parcela dos últimos 19 anos (A) e dos últimos 9 anos (B); e histograma do tempo médio de retorno do fogo dos últimos 19 anos (C) e dos últimos 9 anos em (D).



Fonte: LIMA (2018)

Através do mapa de interpolação, podemos observar visualmente as áreas com menor TR (em vermelho) e maior TR (em azul) (Figura 4). Nos últimos 9 anos as unidades amostrais que queimam com maior frequência (em vermelho) estão concentradas em uma área menor se compararmos com os últimos 19 anos. Nota-se que a maior mudança ocorreu nas parcelas do canto superior direito da figura (S35, S36, S39 e S40).

Legenda

Parcelas

Vila

Rio Tapajós

Tempo de retorno do fogo
menor tempo de retorno

maior tempo de retorno

maior tempo de retorno

maior tempo de retorno

maior tempo de retorno

Figura 4 – Mapa de interpolação do tempo de retorno do fogo nos últimos 19 anos (A) e 9 anos (B) nas áreas de savana da região de Alter do Chão.

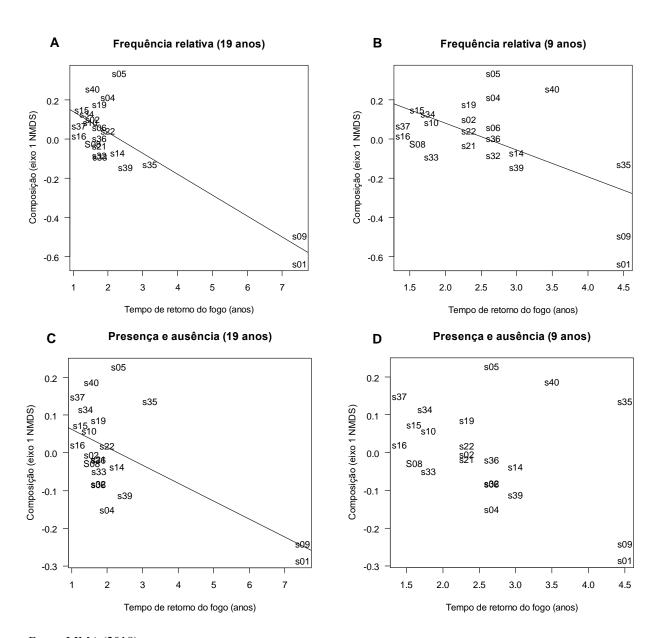
Fonte: LIMA (2018).

4.3 RELAÇÃO FOGO-COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA

Os primeiros eixos da NMDS da FR e PA captaram respectivamente 82% e 64% da variação dos dados, sendo utilizados como variáveis dependentes para testar o efeito do tempo de retorno do fogo sobre a composição de espécies durante 19 e 9 últimos anos.

Encontramos uma relação negativa significativa do TR com a FR tanto nos últimos 19 anos ($r^2=0.69$; p<0.001), quanto nos últimos 9 anos ($r^2=0.32$; p=0.004) (Figura 5A e 5B). No entanto, para PA, houve relação significativa para os últimos 19 anos ($r^2=0.38$; p=0.0012), mas não para os últimos 9 anos ($r^2=0.11$, p=0.071) (Figura 5C e 5D).

Figura 5 – Regressão linear simples entre tempo de retorno do fogo e composição da vegetação em frequência relativa dos últimos 19 anos e 9 anos (A e B) e em presença e ausência dos 19 anos e 9 anos (C e D).



Fonte: LIMA (2018).

5 DISCUSSÃO

5.1 COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA

Com relação à composição florística, resultados semelhantes foram encontrados por MAGNUSSON et al. (2008) no qual foram registradas 130 espécies de 45 famílias. Quatorze espécies que estavam presentes no levantamento de MAGNUSSON et al (2008) não foram identificadas neste levantamento, todas estas espécies ocorreram entre uma a três unidades amostrais apenas. No entanto, foram identificadas em nosso levantamento seis espécies que não estavam presentes no trabalho de MAGNUSSON et al. (2008), *Chromolaena squalida* (DC.) R.M.King & H.Rob., *Helicotropis linearis* (Kunth) A. Delgado, *Miconia secundiflora* Cogn., *Spheneria kegelii* (Müll.Hal.) Pilg., *Borreria hispida* Spruce ex K.Schum., e *Cordiera concolor* (Cham.) Kuntze. Destas, duas espécies: *Borreria hispida* Spruce ex K.Schum. e *Spheneria kegelii* (Müll.Hal.) Pilg. (Figura 6), estavam presentes em mais da metade das unidades amostrais (16 e 18 respectivamente) na última amostragem. Isto pode ter ocorrido porque estas espécies são anuais e efêmeras, não sendo encontradas durante alguns períodos do ano.

As espécies mais frequentes foram gramíneas e ciperáceas, além de uma espécie de leguminosa, todas amplamente distribuídas pelas savanas e áreas abertas do Brasil. Outra espécie amplamente distribuída foi *Paepalanthus subtilis*, que ocorreu em 100% das parcelas e em 30% das faixas de amostragem. Interessante notar que a mesma espécie ocorreu em apenas 5% das parcelas em 1997 (MAGNUSSON et al. 2008), o que pode denotar problemas de detecção da espécie naquela ocasião, ou uma dispersão eficiente para as demais áreas de savana nos últimos 19 anos. Além dissso, pode ter ocorrido a formação de bancos de sementes persistentes, sementes de algumas espécies de Eriocaulaceae podem permanecer enterradas por até dois anos (GARCIA & OLIVEIRA 2007), impossibilitando a identificação no levantamento realizado anteriormente. Para o último caso, não podemos descartar que as áreas de savana são percorridas por pesquisadores anualmente e que pessoas podem levar sementes presas aos seus sapatos e roupas por longas distâncias (WICHMANN et al. 2009), contribuindo para a distribuição das espécies numa escala regional, hipótese que precisa ser avaliada futuramente.

Figura 6 - Borreria hispida Spruce ex K.Schum. (A e B) e Spheneria kegelii (Müll.Hal.) Pilg. (C e D).

Fonte: LIMA (2018).

Através da ordenação da composição por NMDS notamos que com apenas os dados de presença e ausência os pontos estão mais espalhados, com uma distribuição mais aleatória das parcelas. No entanto, com os dados de frequência relativa, observamos parcelas mais distantes do centro, sugerindo que a frequência relativa das espécies inclui uma informação biológica importante para a composição das espécies, o que não foi levado em consideração no estudo de MAGNUSSON et al. (2008) para a mesma área de estudo. Também é importante levar em conta que a proximidade entre as unidades amostrais pode ser responsável pela semelhança da composição florística entre elas. Por exemplo, na periferia da figura 2A se agrupam duas parcelas, que se distanciam das demais, S01 e S09, e que apresentam tempo de retorno de fogo idênticos (TR=4,5 nos últimos 9 anos e TR=7,5 nos últimos 19 anos). Estas parcelas estão próximas entre si (~250m), sugerindo que a autocorrelação espacial (LEGENDRE 1993) precisa ser levada em conta para distingui-la das respostas ambientais.

5.2 DINÂMICA DO FOGO

Os dados históricos de fogo indicam que está ocorrendo uma diminuição na porcentagem de área queimada nas unidades amostrais, assim como o aumento do tempo de retorno do fogo na última década. Em estudos realizados nas savanas de Roraima, o tempo médio de retorno de fogo foi de 2,5 anos (BARBOSA & FEARNSIDE 2005); nas áreas de Cerrado (savanas do Brasil central) varia de 1 a 4 anos (MIRANDA et al. 2009; COUTINHO 1990); em estudos no Norte da Austrália, 70% das áreas de savana apresentam queimadas pelo uma vez a cada dois anos (ANDERSEN et al. 2005). Portanto, existe um padrão semelhante em relação à frequência do fogo para diversas áreas de savanas tropicais dentro e fora do Brasil.

Conhecer a frequência do fogo nessas áreas é fundamental para conduzir estudos futuros para manutenção da biodiversidade. Queimadas muitos frequentes podem causar perda de espécies mais sensíveis ao fogo, enquanto a exclusão do fogo pode causar acúmulo de biomassa seca provocando incêndios catastróficos (SILVA et al. 2011). PIVELLO & NORTON (1996) desenvolveram uma ferramenta (denominada *Firetool*) para permitir a aplicação de queimadas controladas utilizadas no manejo das savanas. Além do tempo de retorno de fogo, diversas informações são importantes para embasar a utilização da ferramenta, como: intensidade e velocidade do fogo, temperatura do ar, umidade relativa, entre outros. Por isso, informações adicionais relacionadas à ecologia do fogo são necessárias para que ferramentas como o *Firetool* sejam construídas com a finalidade de manejar as queimadas localmente.

5.3 RELAÇÃO FOGO-COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA

Apesar de termos encontrado relação significativa para os dados de FR e PA nos últimos 19 anos e de PA nos últimos 9 anos para TR, devemos levar em consideração que duas parcelas, S01 e S09, podem estar enviesando esta relação, por serem muito diferentes das demais parcelas tanto em composição como em tempo de retorno do fogo. No entanto, a parcela S35 também apresentou tempo de retorno de fogo e composição semelhantes às das parcelas S01 e S09, principalmente com os dados de frequência relativa com TR dos últimos 9 anos, mesmo estando muito distante delas.

Quando as unidades S01 e S09 são retiradas das análises, não ocorre relação significativa com o tempo de retorno de fogo em nenhuma das escalas de tempo mensuradas. No entanto, é importante que estas unidades não sejam excluídas, pois elas fazem parte da realidade desse sistema. Diversos estudos conduzidos no Cerrado do Brasil central realizam experimentos para avaliar o efeito do regime de queimadas sobre as plantas (HOFFMAN 1999, 2000, HOFFMAN et al. 2012). As modificações realizadas pelos pesquisadores, como a retirada de possíveis *outliers*, apesar de interessantes do ponto de vista estatístico, são biologicamente artificiais. Portanto, a inclusão de outras variáveis, como a estrutura do solo e a proximidade com a floresta, pode reduzir o efeito da autocorrelação espacial e explicar uma maior variação da composição florística da área de estudo. Análises mais específicas são necessárias para isolar o efeito espacial dos efeitos das variáveis ambientais.

6 CONCLUSÕES

A vegetação na área estudada apresentou composição semelhante ao levantamento realizado anteriormente. No entanto pequenas alterações como o não registro de espécies pouco frequentes e dispersão de outras que não estavam presentes ou presentes em poucas unidades amostrais, indicam que estudos em escalas temporais e que considerem a frequência das espécies nas áreas são importantes para fornecer informações sobre a dinâmica da comunidade de plantas dessa região.

Através da variável de fogo estudada, observamos ainda que aparentemente existe uma tendência de aumento do tempo de retorno do fogo nas unidades amostrais nos últimos anos, ou seja, as áreas estão demorando mais para queimar novamente.

Constatamos que o tempo de retorno de fogo influencia na composição das espécies entre as parcelas, mudando principalmente a frequência de ocorrência das espécies nessas áreas, sendo, dessa forma, um importante indicador para projetos de manejo de fogo e conservação da biodiversidade local.

REFERÊNCIAS

ANDERSEN, A. L.; COOK, G. D.; CORBETT, L. K.; DOUGLAS, M. M.; EAGER, R. W.; RUSSEKK-SMITH, J.; SETTERFIELD, S. A.; WILLIAMS, R. J.; WOINARSKI, J. C. Z. 2005. Fire frequency and biodiversity conservation in Australian tropical savannas: implications from the Kapalga fire experiment. **Austral Ecology** 30: 155-167.

BARBOSA, R. I.; CAMPOS, C.; PINTO, F.; FEARNSIDE, P. M. 2007. The "Lavrados" of Roraima: Biodiversity and Conservation of Brazil's Amazonian Savannas. **Functional Ecosystems and Communities** 1 (1): 29-41.

BARBOSA, R. I.; FEARNSIDE, P. M. 2005. Fire frequency and area burned in te Roraima savannas of Brazilian Amazonia. **Forest Ecology and Management** 204: 371-384.

BEERLING, D. J.; OSBORNE, C.P. 2006. The origin of the savanna biome. **Global Change Biology** 12: 2023-2031.

BDMEP. Banco de Dados Metereológicos para Ensino e Pesquisa. **INMET**. Disponivel em: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep (Acessado: 20 de novembro 2018)

BRAGA, P. I. S. 1979. Subdivisão fitoeográfica, tipos de vegetação, conservação e inventário florístico da floresta amazônica. **Acta Amazonica** 9(4): 53-80.

COUTINHO, L. M. 1990. Fire in the Ecology of the Brazillian Cerrado. Ecological Studies, Fire in the Tropical Biota 84: 82-103.

DE CARVALHO, W. D.; MUSTIN, K. 2017. The highly threatened and little known Amazonian savannahs. **Nature Ecology & Evolution** 1 (4): 100.

EITEN, G. Delimitation of the Cerrado concept. 1978. Vegetatio 36 (3): 169–178.

FROST, P. G. H.; ROBERTSON, F. 1985. The ecological effects of fire in savannas. **Determinants of tropical savannas** 93–140.

FURLEY, P. 2010. Tropical savannas: Biomass, plant ecology, and the role of fire and soil on vegetation. **Progress in Physical Geography** 34 (4): 563–585.

GARCIA, Q. S.; OLIVEIRA, P. G. Germination Patterns and Seed Longevity of Monocotyledons from the Brazilian Campos Rupestres. **Seed Science and Biotechnology** 1(2): 35-41.

HAFFER, J.; PRANCE, G.T. 2002. Impulsos climáticos da evolução na Amazônia durante o

Cenozóico: sobre a teoria dos Refúgios da diferenciação biótica. **Estudos Avançados**, 16(46): 175-206.

HOFFMANN, W. A. 1999. Fire ad Populations Dynamics of Woody Plants in a Neotropical Savanna: Matrix Model Projections. **Ecology**, 80(4):1354-1369.

HOFFMANN, W. A. 2000. Post-Establishment Seedling Success in the Brazilian Cerrado: A Comparison of Savanna and Forest Species. **Biotropoca** 32(1): 62-69.

HOFFMANN, W.A.; MOREIRA, A.G. 2002. The role of fire in population dynamics of woody plants. In: P.S. Oliveira & R.J. Marquis (eds.) **The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. Columbia University Press, New York, pp. 159-177.

HOFFMANN, W.A.; GEIGER, E. L.; GOTSCH, S. G.; ROSSATTO, D. R.; SILVA, L. C. R.; ON LEE LAU; HARIDASAN, M.; FRANCO; A. C. 2012. Ecological thresholds at the savanna-forest boundary:how plant traits, resources and fire govern the distribution of tropical biomes. **Ecology Letters** 15: 759-768.

KLINK, C.A.; MACHADO, R.B.2005. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade** 1 (1): 147-155.

LEGENDRE, P. 1993. Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm?. **Ecology**, 74(6):1659-1673.

MAGNUSSON, W. E.; LIMA, A. P.; ALBERNAZ, A. L. K. M.; SANAIOTTI, T. M.; GUILLAUMET, J. L. 2008. Composição florística e cobertura vegetal das savanas na região de Alter do Chão, Santarém - PA. **Revista Brasileira de Botanica** 31 (1): 167–175.

MIRANDA, H. S.; SATO, M. N.; NETO, W. N.; AIRES, F. S. 2009. Fire in the cerrado, the Brazilian savanna. **Tropical Fire Ecology** 427-444.

MMA 2003. Frafmentação dos ecossistema: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas, p. 47-49.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; FRIENDLY, M.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MCGLINN, D.; MINCHIN, P. R.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; SOLYMOS, P.; HENRY, M.; STEVENS, H.; SZOECS, E.; WAGNER, H. **vegan: Community Ecology Package. R package version 2.4-2**. Disponível em: https://cran.r-project.org/package=vegan(Acessado em: 20 de dezembro de 2017).

PIVELLO, V. R.; NORTON, G.A. 1996. FIRETOLL: Na Expert System for the use of

Prescribed Fires in Brazillian Savannas. The Journal of Applied Ecology 33(2):348-356.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2012. R: A language and environment for statistical computing ViennaR Foundation for Statistical Computing.

RATAJCZAK, Z.; NIPPERT, J. B.; COLLINS, S. L. 2012. Woody encroachment decreases diversity across North American grasslands and savannas. **Ecology**, 93 (4): 697-703.

RUGGIERO, P. G. C.; BATALHA, M. A.; PIVELLO, V. R.; MEIRELLES, S. T. 2002. Soil vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil. **Plant Ecology**, 160 (973): 1–16.

SANAIOTTI, T. M.; MAGNUSSON, W. E. 1995. Effects of annual fires on the production of fleshy fruits eaten by birds in a Brazilian Amazonian savanna. **Journal of Tropical Ecology** 11: 53–65.

SANAIOTTI, T. M.; MARTINELLI, L. A.; VICTORIA, R. L.; TRUMBORE, S. E.; CAMARGO, P. B. 2002. Past Vegetation Changes in Amazon Savannas Determined Using Carbon Isotopes of Soil Organic Matter 1. **Victoria** 34 (1): 2–16.

SILVA, D. M.; LOIOLA, P. P.; ROSATTI, N. B.; SILVA, I. A.; CIANCIARUSO, M. V.; BATALHA, M. A. 2011. Os efeitos dos regimes de fogo sobre a vegetação de cerrado no Parque Nacional das Emas, GO: considerações para a conservação da diversidade. **Biodiversidade Brasileira** 1 (2): 26-39.

SILVA, G. E. 2014. **Fogo e fatores edáficos atuam na dinâmica de comunidades arbustivo-arbóreas em cerrado sentido restrito**. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal de Goiás, Jataí, 62 p.

STAVER, A. C.; ARCHIBALD, S.; LEVIN, S. A. 2011. The Global Extent and Determinants of Savanna and Forest as Alternative Biome States. **SCIENCE** 334 (6053): 230–232.

WICHMANN, M. C.; ALEXANDER, M. J. SOONS, M. B.; GALSWORTHY, S.; DUNNE, L. GOULD, R.; FAIRFAX, C.; NIGGEMANN, M.; HAILS, R. S.; BULLOCK, J. M. 2009. Human-mediated dispesal of seeds over long ditances. **The Royal Society** 276: 523-532.