

Efeito da época de queima em um campo sujo de Cerrado

Efeito da época de queima em um campo sujo de Cerrado

Effect of fire seasonality in a Brazilian savanna

Paula Zaterka Giroldo

Versão original da dissertação apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas na área de Ecologia.

Orientadora: Profa. Dra. Vânia Regina Pivello

São Paulo 2016

Ficha catalográfica

Zaterka Giroldo, Paula

Efeito da época de queima em um campo sujo de Cerrado

Número de páginas: 75

Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.
Departamento de Ecologia.

1. Cerrado. 2. Manejo de fogo. 3. Conservação. I. Universidade de São Paulo.
Instituto de Biociências. Departamento de Ecologia.

Comissão Julgadora

Prof. Dr.

Prof. Dr.

Profa. Dra. Vânia Regina Pivello
(Orientadora)

Agradecimentos

Não à toa essa dissertação foi escrita na primeira pessoa do plural. Este estudo não seria possível sem a ajuda de um número sem fim de pessoas.

..Gostaria de agradecer primeiramente às Instituições que ampararam este mestrado.

À Capes, que financiou parte deste projeto.

Ao Departamento de Ecologia do Instituto de Biociências por propiciar um ambiente de estudo tão estimulante.

À FAPESP que concedeu apoio ao Projeto 2015/06743-0, ao qual este mestrado está vinculado.

E aos funcionários da Estação Ecológica de Itirapina. Helena e Denise, sem o apoio de vocês este projeto não teria acontecido. Ao Gilson, seu Dito, seu João, seu Zé, Major, Chico e a todos os outros que garantiram nossa segurança em campo, ajudaram em nossas coletas de biomassa e possibilitaram um ambiente de trabalho tão agradável! À dona Isabel por garantir sempre uma ótima hospedagem.

..Não menos importante, agradeço aos que me ampararam durante este percurso:

Agradeço à Vânia Pivello por uma orientação extremamente humana, que extrapolou os muros da Universidade. Obrigada por possibilitar que eu entrasse de cabeça no mestrado e, mais tarde, dividisse a vida acadêmica com a vida escolar.

Ao meu Comitê de Acompanhamento: Sérgio Tadeu, Ramón Vallejo e Alessandra Fidelis, obrigada pela disponibilidade, dedicação e orientação. À Alessandra Fidelis pela paciência em orientar meus primeiros passos em campo e por me aproximar do LEVeg, que me rendeu tantos aprendizados e amizades valiosas.

Ao Paulo Inácio, Adriana Martini e Alexandre Adalardo pela amizade e por ressignificarem o meu conceito do que é ser professor. Ao Glauco Machado pelo curso de campo (duas vezes). Ao Paulo Sano e à doce Beca por me apresentarem ao Jalapão e me mostrarem (na alma) qual o real objeto do meu estudo. Ao Paulo Inácio e Eduardo Santos pelas valiosas orientações nas análises.

À Melina Leite, amiga e parceira das análises deste trabalho. Este mestrado não teria tomado forma sem a sua dedicação. Eu espero que você tenha a

oportunidade de continuar seus estudos e que reconheçam, ao menos, que quanto maior a sua qualificação, maior e melhor serão os frutos de seu trabalho. Muito obrigada.

Às mulheres do LEVeg, símbolos de resistência e força. Elizabeth Gorgone, mentora, revisora e irmã, faço de suas palavras as minhas: obrigada por ser sempre tão querida e amiga, mesmo em momentos tão difíceis. À Mariana Rissi e à Talita Zupo pela presença.

Aos queridos do Lepac: Leandro Tambosi, Mari Vidal, Natalia Aristizabal e Adrian González pelas conversas, discussões e apoio. Aos amigos e parceiros de coletas: Helena Chiaretti, Guilherme Antar, Diana Garcia, Luisa Novara, Gabriel Kayano, Victor Keller, Vitor Barão e Luciano Fioroto. Ao Vitor Barão, pela concessão da foto que inaugura o 'material e métodos' dessa dissertação e pela foto aérea da Tipuana Imagens Aéreas. À Diana Garcia, Melina Leite e Elizabeth Gorgone pelas revisões e colaborações substanciais ao manuscrito final. À Julia Audi e ao Bruno Pierro por aguentarem a barra que foi morar comigo durante esta última etapa do trabalho.

À Anna Penna, que garantiu minha sanidade mental ao me mostrar que ambas estávamos loucas. Ao Diogo Melo, Guilherme Pato e Sara pelas conversas, orientações e apoio. Ao Leonardo Caqui Borges pela presença constante e sempre divertida, pelos empurrões carinhosos e por me presentear com listas do que eu deveria ou não deveria fazer em uma sexta-feira a noite. E por contribuir com o aprimoramento (ou não) do meu senso estético (até os 45 minutos do segundo tempo).

Ao Colégio Santa Cruz, nas figuras de Ricardo Mesquita, Cristiane Motta e conselho do 8º ano, pelo apoio e compreensão durante o término desta dissertação.

Por fim, agradeço à minha mãe, minha metade, e ao meu pai, meu inteiro, por disporem de tudo e mais um pouco para que eu estivesse aqui hoje. Ao Renato, por ser sempre fonte de inspiração. Ao Fernando, querido irmão mais velho. E ao Zulu, pelo amor e parceria em um período de tão intensas transformações.

.....Paula Zaterka Giroldo

Sumário

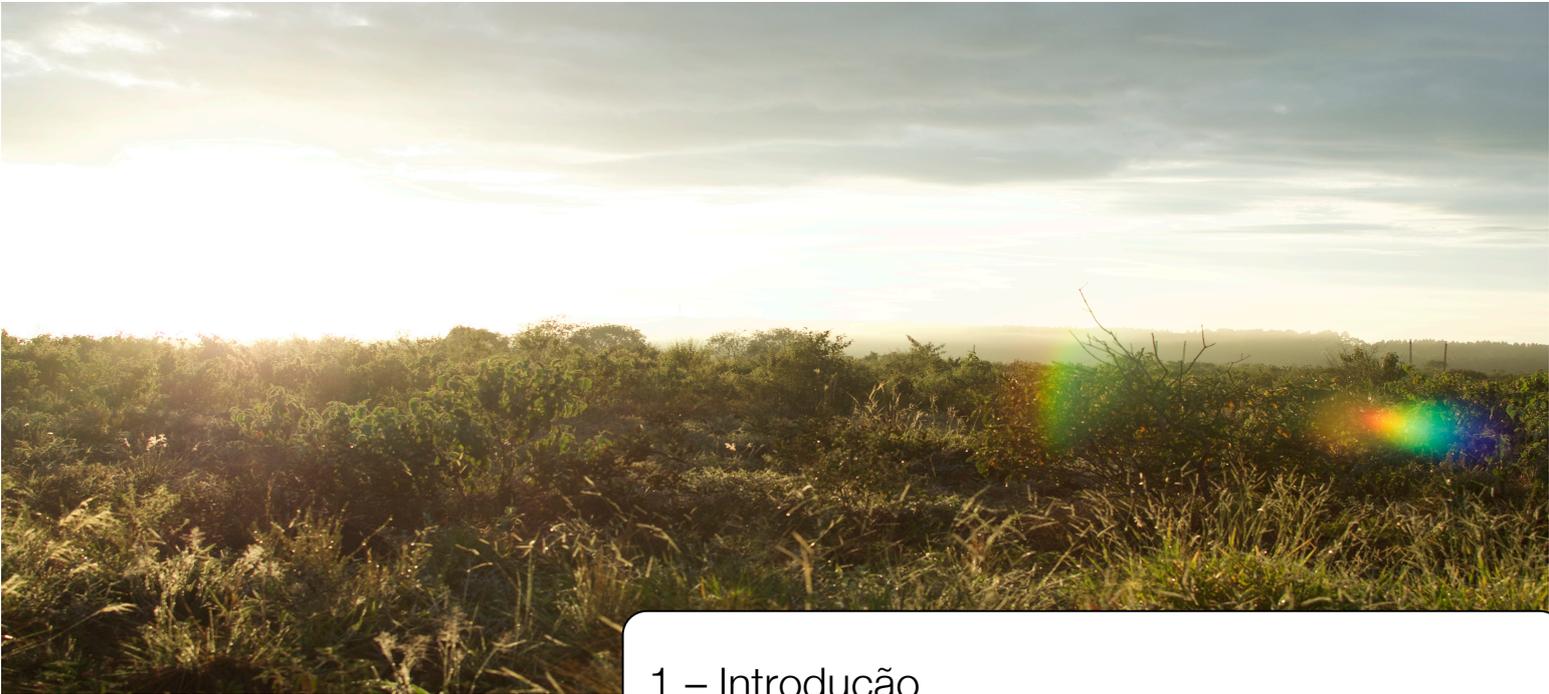
Resumo	1
Abstract	2
1 Introdução	3
1.1 Savanas e o Cerrado brasileiro.....	3
1.2 O regime de fogo no Cerrado	7
1.3 O manejo de fogo no Cerrado, justificativa deste estudo.....	10
Considerações finais	13
Referências.....	15

Resumo

O fogo é um fator ecológico essencial no Cerrado e promotor de sua evolução. Não apenas a incidência do fogo afeta as respostas dos ecossistemas, mas principalmente o regime de queima, composto por componentes temporais, espaciais e de magnitude. O manejo por meio de queimadas controladas é legalmente permitido no Brasil, mas ainda é encarado com restrições. Como consequência, há uma lacuna no conhecimento das respostas da vegetação ao fogo. Este projeto avaliou o efeito da época do fogo na comunidade nativa de um campo sujo com presença de espécies invasoras na Estação Ecológica de Itirapina, SP. Estabelecemos 16 parcelas (15 x 15 m) e determinamos 3 tratamentos de queima – precoce, modal e tardia – e controle, cada qual com 4 réplicas. Em cada parcela, foram instaladas 10 sub-parcelas fixas (1 x 1 m), nas quais foram obtidos dados de estimativa de cobertura de graminóides, arbustos, herbáceas não graminóides, palmeiras, solo nu e necromassa. Os resultados mostram que diferentes épocas de queima geraram diferentes efeitos em gramíneas e solo nu, mas essas diferenças não se mantiveram um ano após as queimas. Constatamos a diminuição dos valores iniciais de cobertura de necromassa e o aumento na cobertura de arbustos para todos os tratamentos de queima. Não obtivemos resultados conclusivos para herbáceas não graminóides e vimos que a cobertura de palmeiras não foi afetada pelo fogo. Os resultados evidenciam a resiliência do Cerrado, já que o estrato herbáceo-arbustivo se regenerou dentro de 1 ano. A recuperação da vegetação pôde ser explicada pela sazonalidade climática, sendo que uma estação chuvosa foi suficiente para que as diferenças entre as épocas de queima desaparecessem. O manejo de fogo para redução de material combustível foi comprovado e vimos que pode ser realizado em qualquer época do ano. Obtivemos indícios de que a queima pode aumentar a susceptibilidade de invasão por *Urochloa brizantha* e indicamos que o manejo de fogo em ambientes invadidos por *U. brizantha* seja realizado com cautela, até que tenhamos certeza de que o fogo não facilita a proliferação dessa espécie invasora.

Abstract

Fire is an essential ecological factor that has promoted the evolution of Cerrado vegetation. Not only the incidence of fire affects the ecosystem, but mainly the fire regime, which is characterized by variability in space, time, and magnitude. Time, specifically, is related to fire frequency and seasonality. The use of fire as a management tool is legally admitted in the Brazilian protected areas, but it is still seen with great restrictions. As a consequence there is a knowledge gap on the vegetation responses to fire. This project evaluated short time effects of fire season on the herbaceous community of a “campo sujo” (open savanna), in the Itirapina Ecological Station, a protected area in the State of São Paulo, Brazil. We established 16 plots (15 x 15 m) and three fire treatments – burning in the early, middle or late dry season – and control (not burning), each treatment with four replicates. In each plot we established ten fixed subplots (1 x 1 m), where we estimated the vegetation cover of grasses, shrubs, forbs, palms, as well as bare soil and dead biomass, before burning and every four months during 12 months. We found that grasses and bare soil cover responded differently to the fire season, but differences among treatments disappeared after one year. Litter cover decreased and shrubs cover increased in every fire treatment after one year. Palms were not affected by any fire treatment, and we did not obtain conclusive results for forbs. Our results show that Cerrado vegetation is very resilient, since the components of the herbaceous community recovered within a year. The vegetation recovery was influenced by climate seasonality, and differences among fire seasons disappeared after just one rainy season. When considered as a management tool, fire was efficient in decreasing the amount of dead biomass after one year, and for this purpose it can be applied at any time of the year. Evidence suggested that fire might increase the invasion by *Urochloa brizantha*, an African grass. For this reason we suggest caution when using fire as a management tool in invaded ecosystems until one is sure that fire will not trigger or facilitate invasion processes by *U. brizantha*.



1 – Introdução

1.1 Savanas e o Cerrado brasileiro

Savanas ocupam cerca de um quinto da superfície terrestre global (Scholes & Archer 1997) e apresentam grande importância socioeconômica, ambiental e cultural (Parr et al. 2014). Praticamente um quinto da população mundial vive em regiões que são ou que estiveram recentemente cobertas por savanas (Solbrig et al. 1996). Áreas de savana são responsáveis por 30% da produção primária terrestre, seus serviços ecossistêmicos sustentam cerca de 20% da população mundial e, por outro lado, sofrem continuamente com a pressão e impactos de atividades humanas (Scholes & Archer 1997).

O termo savana denota comunidades ou paisagens que apresentam um estrato herbáceo-arbustivo contínuo e elementos arbóreos esparsos (Scholes & Archer 1997). O clima tipicamente savânico apresenta duas estações marcadas que se alternam, uma seca e outra chuvosa, que exercem pressão sobre a estrutura e o funcionamento das formações vegetais. A existência de diferentes

formas de vida associada à sazonalidade climática faz com que estrutura e a função das savanas sejam diferentes de florestas e de campos abertos, principalmente no que diz respeito à co-dominância, distribuição e abundância relativa de tipos vegetais (Scholes & Archer 1997).

O Cerrado é a maior formação savânica da América do Sul e ocupa aproximadamente um quarto do território brasileiro (Embrapa 1978; Ratter et al. 1997). O cerrado abrange fisionomias tipicamente savânicas, como é o caso do campo sujo, do campo cerrado e do cerrado sensu stricto, e fisionomias campestres e florestais, conhecidas como campo limpo e cerradão, respectivamente (Coutinho 1978; Castro et al. 1999). O estrato rasteiro dos cerrados é composto por gramíneas e outras herbáceas, bem como lenhosas de pequeno porte (Dasilva & Nogueira 1999; Filgueiras 2000, 2002; Meirelles et al. 2002; Munhoz 2004).

O Cerrado é considerado a savana mais biodiversa do mundo e um *hotspot* mundial de biodiversidade, com altos índices de endemismo (Mittermeier, Myers & Mittermeier 1999; Myers et al. 2000; Klink & Machado 2005). Considerando todas as suas fisionomias, o Cerrado apresenta pelo menos 10 mil espécies de plantas, das quais pelo menos 44% são endêmicas (Kier et al. 2005; Mendonça et al. 2008). A área de cerrado localizada no Brasil Central é conhecida como cerrado nuclear e áreas de transição do Cerrado com outros domínios (IBGE, 1993) são conhecidas como cerrado periférico. Áreas de cerrado periférico apresentam uma mistura de elementos florísticos de regiões adjacentes (Machado et al. 2004). O clima é tropical estacional e a média de precipitação anual varia de 1.100 mm a 1.600 mm,

dos quais 90% ocorrem na estação úmida, entre setembro e abril (Miranda et al. 2009). Os solos são, em sua maioria, distróficos, com pH baixo e altas concentrações de alumínio (Haridasan 1994).

A diversidade fitofisionômica e biológica do Cerrado está relacionada a inúmeros fatores, muitos dos quais relacionados à sua extensão geográfica. Há, por exemplo, variação de características latitudinais e altitudinais que se refletem em variações de pluviosidade e temperatura (Walter 1986). Há também variação nas características pedológicas, como profundidade, drenagem e fertilidade do solo (Henriques 2005), assim como geomorfológicas e hidrológicas (Goodland & Pollard 1973; J.A. et al. 1977; Silva Júnior, Barros & Cândido 1987; Haridasan 2000). A herbivoria (Roques, O'Connor & Watkinson 2001; Augustine, Mcnaughton & Frank 2003) e o fogo (Eiten 1972; Coutinho 1982, 1990) exercem pressão e modificam a paisagem do Cerrado.

Apesar do reconhecimento de sua importância ecológica, cerca de metade da área original do Cerrado foi transformada em pastagens plantadas e culturas anuais (Klink & Machado 2005) e a destruição de seus ecossistemas continua de forma acelerada. Atualmente, estima-se que 55% do domínio do Cerrado esteja em situação de degradação e que apenas 34% da área nuclear do Cerrado esteja em bom estado de conservação (Machado et al. 2004). Como a última grande fronteira agrícola do mundo, o Cerrado sofre pressão para a abertura de novas áreas, visando à produção de carne e grãos para exportação (Sala et al. 2000; Klink & Machado 2005) e seu material lenhoso é alvo de exploração para a produção de carvão (MMA 2011). Como resultado dessas transformações estão a fragmentação

de habitats, extinção de biodiversidade, erosão de solos, desequilíbrios no ciclo de carbono, invasão por espécies exóticas e alterações no ciclo de queimadas (Klink & Machado 2005; Pivello 2006a; Durigan, de Siqueira & Franco 2007).

Espécies exóticas são consideradas invasoras quando conseguem se estabelecer em um novo ambiente, ultrapassando barreiras de sobrevivência, reprodução e dispersão (Richardson et al. 2000; Blackburn et al. 2011). Plantas invasoras normalmente atingem altas densidades e dominam a comunidade invadida, alterando sua composição, estrutura e processos naturais (Cronk & Fuller 1995; Vilà et al. 2011; Gaertner et al. 2014). No Cerrado, inúmeras gramíneas de origem africana foram introduzidas, acidentalmente ou para pastagem. Duas dessas gramíneas são *Melinis minutiflora* P. Beauv. (capim-gordura) e *Urochloa* spp. (braquiária), que competem e afetam negativamente a abundância de espécies da comunidade herbáceo-arbustiva nativa (Pivello, Carvalho & Lopes 1999a; Pivello, Shida & Meirelles 1999b; Almeida-Neto et al. 2010).

Estudos sobre gramíneas invasoras revelam que *Urochloa* spp. e *M. minutiflora* são competidoras eficientes. As espécies possuem estrutura adensada que se reverte em grande quantidade de biomassa altamente inflamável, aumentando o risco de incêndios durante a estação seca (Berardi 1994; Castro-Neves 2000). Também modificam o comportamento e o regime do fogo no Cerrado (Berardi 1994; Castro-Neves 2000; Mistry & Berardi 2005; Rossi et al. 2014; Gorgone-Barbosa et al. 2015) e rebrotam rapidamente após o fogo, ocupando os espaços abertos na vegetação (Gorgone-Barbosa et al. dados não

publicados), competindo com espécies nativas por recursos e degradando ainda mais o sistema.

1.2 O regime de fogo no Cerrado

O fogo, ao contrário da presença de espécies exóticas, é um fator ecológico essencial nas savanas e promotor de sua evolução (Bond & Keeley 2005). A dependência da vegetação ao fogo foi observada nas pradarias americanas (Hanes 1971), em ecossistemas mediterrâneos (Keeley et al. 2012) e nas savanas africanas (Trollope 1982), australianas (Morgan 1999) e neotropicais (Coutinho 1990; Simon et al. 2009). Em cada um desses ambientes, a resposta da biota ao fogo está relacionada principalmente ao regime de queima (Whelan 1995; Hardesty, Myers & Fulks 2005).

O regime de queima é caracterizado pela frequência (intervalo de retorno do fogo), intensidade (quantidade de calor liberado na frente de fogo), época (quando ocorre ao longo do ano), tipo do fogo (de superfície, de copa, a favor ou contra o vento) e extensão da queima (área total queimada) (Whelan 1995; Bond & van Wilgen 1996; Bond & Keeley 2005). Cada aspecto do regime de queima é determinado ainda por uma série de fatores bióticos e abióticos, como condições meteorológicas, o tipo de ignição (atrito entre rochas, raios, vulcanismo), o relevo, atributos do solo e características do material combustível (Pyke, Brooks & D'Antonio 2010).

Salgado-Labouriau e Ferraz-Vicentini (1994) realizaram um estudo paleoclimático e paleovegetacional e registraram a ocorrência de queimadas há

32.400 anos antes do presente (AP) na região de Goiás (Miranda et al. 2009). Estudos paleoecológicos revelam que a vegetação do Cerrado foi queimada com frequência por milhares de anos (Salgado-Labouriau 2005) e sugerem que o fogo é um dos determinantes de suas fisionomias, ao lado das condições de solo e da sazonalidade climática (Furley 1999).

A evolução do Cerrado na presença de fogo e a dependência de queimadas para a manutenção de espécies e de processos ecológicos situa a maior parte das suas fitofisionomias como sendo ecossistemas dependentes do fogo (Hardesty et al. 2005; Pivello 2011). São reconhecidas na vegetação nativa, especialmente em espécies endêmicas do Cerrado, estratégias adaptativas ao fogo frequente (Gottsberger & Gottsberger, 2006), como por exemplo, a suberização de troncos e galhos (Coutinho 1990; Guedes 1993), a intensa capacidade de rebrota através da copa, rizomas, caule, raiz e estruturas subterrâneas (Souza & Soares 1983; Medeiros 2002), a presença de estruturas que protegem gemas apicais, a deiscência de frutos e a germinação de sementes estimulada pelo fogo (Coutinho 1990; Landim & Hay 1995).

Acredita-se que o regime natural de queimas no Cerrado era constituído por queimadas frequentes iniciadas por raios na estação úmida, associados a um mosaico de queimas com baixa frequência em épocas secas (Miranda et al. 2009). Segundo Dias (2006) esse regime de fogo deve ter sido similar àquele utilizado por populações indígenas, entre 4 mil anos AP e 300 anos AP (apud Miranda et al. 2009). Atualmente, foi constatada a alta frequência de incêndios nos meses de transição entre épocas úmidas e secas no Parque Nacional das Emas (Ramos-

Neto & Pivello 2000), no Parque Nacional da Serra da Canastra (Medeiros & Fiedler 2004) e no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (Fiedler, Melo & Medeiros 2006). O fogo iniciado por raios em épocas úmidas apresenta menor intensidade e maior heterogeneidade espacial, pois a chuva garante que ele se apague rapidamente (Ramos-Neto & Pivello 2000). Ademais, o maior grau de umidade do material combustível gera queimadas heterogêneas, em manchas (Miranda, Neto & Neves 2010).

A expansão das populações e atividades humanas pelo território brasileiro gerou uma grande alteração no regime de fogo do Cerrado. O fogo utilizado em práticas agrícolas ou pastoris é hoje realizado durante os meses da estação seca, para a abertura e limpeza de áreas (Alho & Martins 1995) e para o manejo de pastagens naturais ou plantadas (Coutinho 1990), estimulando o rebrotamento das ervas em época de escassez de forragem. Em função deste manejo, houve um aumento significativo na frequência de fogo e a mudança da época, da intensidade e do padrão espacial das queimadas (Coutinho 1982; Ramos-Neto & Pivello 2000; Pivello 2011). Queimadas na estação seca comumente apresentam maior intensidade, maior abrangência espacial e maior uniformidade (Coutinho 1990; Ferraz-Vicentinni 1999; Ramos-Neto & Pivello 2000). Ademais, queimadas antropogênicas na estação seca consomem grande parte do material combustível, limitando a ocorrência de queimadas naturais na estação úmida (Ramos-Neto & Pivello 2000).

1.3 O manejo de fogo no Cerrado, justificativa deste estudo

A crescente descaracterização dos regimes naturais de fogo geram implicações marcantes na biota e nos processos ecológicos (Hardesty et al. 2005; Pivello 2011). Regimes de fogo inadequados podem resultar em degradação do solo, facilitação da invasão biológica e perda de biodiversidade (Pivello 2011). Como consequência, organizações internacionais têm reconhecido a importância do fogo na conservação dos ecossistemas dependentes de fogo e estimulado o estabelecimento do manejo dessas paisagens com queimadas prescritas. A *Association for Tropical Biology and Conservation* (ATBC), por exemplo, publicou recentemente uma resolução apelando para que o governo brasileiro unisse esforços na promoção da pesquisa voltada à compreensão e ao manejo do fogo no Cerrado (ATBC 2012). Anteriormente, a organização não-governamental americana *The Nature Conservancy* (TNC) já havia publicado uma Iniciativa Global para o Manejo do Fogo (Myers 2006), reconhecendo o importante papel das queimadas nos ecossistemas dependentes de fogo.

Apesar de pouco usual em Unidades de Conservação do Brasil, o manejo com fogo é utilizado em diversas partes do mundo (Whelan 1995; Durigan & Ratter 2016). Queimadas prescritas são apontadas como uma alternativa no controle de plantas e patógenos indesejáveis (Young, Mellbye & Silberstein 1999; Stolle et al. 2003; DiTomaso et al. 2006), na manutenção de comunidades vegetais (Bunting, Kilgore & Bushey 1987; Pivello 1992, 2006b), na redução de material combustível para evitar incêndios (Pivello 1992, 2006b; Williams et al. 1999; Fernandes &

Botelho 2003) e para restaurar regimes de fogo (Bonnicksen & Stone. 1985; Baker 1994; Pivello 2011).

O uso do fogo como estratégia de manejo em áreas protegidas está previsto na legislação brasileira (Resolução CONAMA 11 – Artigo 3o. 1988; Novo Código Florestal – Cap. 9), mas a sua utilização ainda é uma questão polêmica. Como consequência, há uma lacuna no conhecimento das respostas da vegetação nativa à queima. Diante desta situação, e dado que queimadas descontroladas são, atualmente, uma das maiores ameaças ao Cerrado (Klink & Machado 2005; Pivello 2006a; MMA 2011), é indispensável que se promova a experimentação in loco e em laboratório para fornecer as informações ainda desconhecidas e necessárias ao manejo das comunidades vegetais nativas de Cerrado.

Pesquisas sobre o efeito do fogo nas comunidades e ecossistemas geralmente são de longo prazo, principalmente no que diz respeito ao efeito da época e frequência de queima. Entretanto, alterações em populações e comunidades dependem de características individuais (Bond & van Wilgen 1996), que podem ser observadas em curto prazo, e são importantes no reconhecimento de respostas do sistema ao fogo. Apesar do esforço recente de grupos de pesquisa para aumentar o entendimento sobre o efeito do fogo na vegetação do Cerrado (Dolores et al. 2010; Fidelis & Pivello 2011; Antar 2015; Durigan & Ratter 2016; Fichino et al. 2016; Gorgone-barbosa et al. 2016; Rissi 2016), ainda são poucas as informações disponíveis para gestores de Unidades de Conservação que realizam o manejo integrado do fogo (MMA 1999, 2004; Hoffman 2012).

A escolha da época de queima por um gestor está normalmente relacionada a diferentes atributos do material combustível, dentre os quais a umidade. A manipulação da época de fogo gera queimas distintas, com magnitudes e aspectos espaciais diferentes, que pode influenciar a dinâmica das comunidades (Pyke et al. 2010). A época de queima pode influenciar, por exemplo, padrões de floração (Platt, Evans & Davis 1988; Rissi 2016), a habilidade competitiva das espécies (Whelan 1995; Bond & van Wilgen 1996) e a estrutura e dinâmica da vegetação (Miranda et al. 2009).

Com base nesse panorama, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito em curto prazo da época de queima na vegetação nativa de campo sujo, na Estação Ecológica de Itirapina, SP. Com base nas informações levantadas neste trabalho, pretendemos responder se diferentes épocas de queima afetam diferentemente os componentes da comunidade nativa herbáceo-arbustiva do campo sujo e de que forma. Com o presente estudo, esperamos contribuir com a expansão da base de conhecimento sobre efeitos do fogo no Cerrado, a fim de subsidiar estratégias de manejo.

Considerações finais

A época de queima afetou diferentemente dois dos componentes do estrato rasteiro – graminóides e solo nu – mas após a estação chuvosa essas diferenças desapareceram. Necromassa e arbustos responderam da mesma forma às épocas de queima, mas enquanto que a necromassa não retornou aos valores iniciais um ano após as queimas, constatamos um pequeno aumento na cobertura de arbustos ao longo de 12 meses. Não obtivemos resultados conclusivos para herbáceas não graminóides e vimos que palmeiras não são afetadas pelo fogo. Resumidamente, após um ano das queimas, os valores de cobertura dos componentes rasteiros eram os mesmos de antes do fogo, com exceção do pequeno aumento na cobertura de arbustos e da diminuição na cobertura de necromassa. Vimos que o fogo removeu a biomassa aérea e promoveu o aumento de espaços disponíveis para a recolonização da vegetação. A abertura de espaço promovida pelo fogo e a consequente diminuição da competição podem estar relacionadas com a rápida regeneração dos componentes vegetais. Constatamos também o dinamismo natural da vegetação de Cerrado nos controles. Esse dinamismo é influenciado pela sazonalidade climática, que também afetou a regeneração dos componentes do estrato herbáceo-arbustivo nas parcelas queimadas. Uma estação chuvosa foi suficiente para que as diferenças entre as épocas de queima desaparecessem. Portanto, não encontramos que a época de queima exerce, no curto prazo de um ano, um efeito de grande magnitude na comunidade do ponto de vista funcional. Apesar de áreas de cerrado de São Paulo apresentarem inúmeras diferenças quando comparados à áreas de Cerrado do

planalto central do país, nossos resultados foram similares aos encontrados por Rissi (2016). Neste trabalho, ela encontrou que épocas de queima distintas provocam efeitos sutis na regeneração e estrutura, mas não afetam a riqueza e diversidade de um campo sujo na Reserva do Tombador, Goiás.

De maneira geral, a estratégia mais comum de recolonização encontrada entre os componentes do estrato rasteiro foi o rebrotamento. Estes resultados evidenciam a resiliência do Cerrado, já que os componentes do estrato rasteiro, com exceção da necromassa, se regeneraram dentro de 1 ano. A resiliência, expressa na recolonização dos componentes rasteiros, pode ser explicada pela pressão histórica do fogo no Cerrado (Simon et al., 2009) e pela existência de mecanismos como a rebrota, que garante a rápida regeneração dos grupos vegetais. Entretanto, a constatação da resiliência do estrato herbáceo-arbustivo não indica a ausência de mudanças na composição do sistema. Para isso, é preciso investigar se o fogo induz a substituição de espécies que integram um mesmo componente do estrato rasteiro.

O manejo de fogo para redução de material combustível e para evitar incêndios de grandes magnitudes foi comprovado. De acordo com os resultados, o manejo de fogo pode ser realizado em quaisquer épocas do ano, já que as diferenças entre as épocas de queima desaparecem após um ano. Porém, obtivemos indícios de que a queima pode aumentar a susceptibilidade de invasão por *Urochloa brizantha*. Isso significa que o manejo de fogo em ambientes invadidos por braquiária deve ser realizado com cautela, até que tenhamos certeza de que o fogo não facilita a proliferação dessa espécie invasora.

Referências

- Alho, C.J.R. & Martins, E.S. (1995) De grão em grão o Cerrado perde espaço. Impactos do processo de ocupação (Documento para discussão) (org WWF). Brasília.
- Almeida-Neto, M., Prado, P.I., Kubota, U., Bariani, J.M., Aguirre, G.H. & Lewinsohn, T.M. (2010) Invasive grasses and native Asteraceae in the Brazilian Cerrado. *Plant Ecology*, 209, 109–122.
- Andrade, S.M.A. (1998) Dinâmica do Combustível Fino e Produção Primária do Estrato Rasteiro de Áreas de Campo Sujo de Cerrado Submetidas a Diferentes Regimes de Queima.
- Antar, G. de M. (2015) Florística e efeitos do regime de fogo no estrato herbáceo-subarbustivo no Jalapão, Tocantins, Brasil . Universidade de São Paulo.
- Appezato-da-glória, B., Cury, G., Misaki, M.K., Rocha, R., Hayashi, A.H., The, S., Society, B., Appezato-da-glo, B., Kasue, M. & Soares, M. (2008) Underground systems of Asteraceae species from the Brazilian Cerrado. *Journal of the Torrey Botanical Society*, 135, 103–113.
- ATBC. (2012) Resolution promoting sustainable fire management in cerrado.
- Augustine, D.J., Mcnaughton, S.J. & Frank, D.A. (2003) Feedbacks between soil nutrients and large herbivores in a managed savanna ecosystem. *Ecological Applications*, 13, 1325–1337.
- Baker, W.L. (1994) Restoration of landscape structure altered by fire suppression. *Conservation Biology*, 763–769.
- Bates, D.M. (2010) Chapter 1 A Simple, Linear, Mixed-effects Model. p. 1–26.
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., Walker, S., Christensen, R.H.B., Singmann, H., Dai, B. & Grothendieck, G. (2015) Package “lme4”. 1–8.
- Batmanian, G.J. & Haridasan, M. (1985) Primary production and accumulation of nutrients by the ground layer community of cerrado vegetation of central Brazil. *Plant and Soil*, 437–440.
- Berardi, A. (1994) Effects of the African grass *Melinis minutiflora* on Plant

- Community Composition and fire characteristics of a Central Brazilian Savanna. University College, University of London.
- Blackburn, T.M., Pyšek, P., Bacher, S., Carlton, J.T., Duncan, R.P., Jarošík, V., Wilson, J.R.U. & Richardson, D.M. (2011) A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in Ecology & Evolution*, 26, 333–339.
- Bolker, B., Skaug, H., Magnusson, A. & Nielsen, A. (2012) Getting started with the glmmADMB package.
- Bond, W.J. (2004) Fire. *Vegetation of South Africa*. (eds R.M. Cowling, D.M. Richardson & S.M. Pierce), p. 421–446. Cambridge University Press, Cambridge.
- Bond, W.J. & Keeley, J.E. (2005) Fire as a global “herbivore”: The ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution*, 20, 387–394.
- Bond, W.J. & van Wilgen, B.W. (1996) *Fire and Plants*. Springer Netherlands.
- Bonjorne de Almeida, L. & Galetti, M. (2007) Seed dispersal and spatial distribution of *Attalea geraensis* (Arecaceae) in two remnants of Cerrado in Southeastern Brazil. *Acta Oecologica*, 32, 180–187.
- Bonnicksen, T.M. & Stone, E.C. (1985) Restoring naturalness to national parks. *Environmental Management*, 479–486.
- Bunting, S.C., Kilgore, B.M. & Bushey, C.L. (1987) Guidelines for prescribed burning sagebrush grass rangelands in the northern Great Basin. General Technical Report INT-231. Utah.
- Burnham, K.P. & Anderson, D.R. (2002) *Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach* (2nd ed).
- Bustamante, J., Alvalá, R. & Randow, C. Von. (2012) Seasonal Variability of Vegetation and Its Relationship to Rainfall and Fire in the Brazilian Tropical Savanna. *Remote Sensing - Applications*, 77–98.
- Castro, A.A.J.F., Martins, F.R., Tamashiro, J.Y. & Shepherd, G.J. (1999) How rich is the flora of Brazilian Cerrados? *Annals of Missouri Botanical Garden*, 192–221.
- Castro-Neves, B.M. (2000) Comportamento de queimadas, temperaturas do solo e recuperação da biomassa aérea em campo sujo nativo e em capim-gordura

- (*Melinis minutiflora*). Universidade de Brasília.
- Castro-neves, B.M. De. (2007) Efeito de Queimadas em áreas de Cerrado Stricto Sensu e na biomassa de raízes finas.
- Céspedes, B., Torres, I., Pérez, B., Luna, B. & Moreno, J.M. (2014) Burning season does not affect post-fire regeneration but fire alters the balance of the dominant species in a seeder-dominated Mediterranean shrubland. *Applied Vegetation Science*, 17, 711–725.
- Coulloudon, B., Eshelman, K., Gianola, J., Habich, N., Hughes, L., Johnson, C., Pellant, M., Podborny, P., Rasmussen, A., Robles, B., Shaver, P., Spehar, J. & Willoughby, J. (1996) Sampling vegetation attributes. Bureau of Land Management's National Applied Resource Sciences Center, Denver.
- Coutinho, L.M. (1978) O conceito de cerrado. *Revista brasileira de Botânica*, 1, 17–23.
- Coutinho, L.M. (1982) Ecological effects of fire in Brazilian Cerrado. *Ecology of tropical savannas*. (orgs B.J. Huntley & B.H. Walker), p. 273–291. Springer Verlag.
- Coutinho, L.M. (1990) Fire in the ecology of the Brazilian cerrado. *Fire in the tropical biota* (org J.G. Goldammer), p. 82–105. Springer, New York.
- Cronk, Q.C.B. & Fuller, J.L. (1995) *Plant Invaders: the threat to natural ecosystems*. Chapman & Hall, London.
- Dasilva, M.A. & Nogueira, P.E. (1999) Avaliação fitossociológica do estrato arbustivo-herbáceo em cerrado stricto sensu após incêndio acidental no Distrito Federal, Brasil. *Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer*, 65–79.
- Davis, M. a., Grime, J.P. & Thompson, K. (2000) Fluctuating resources in plant communities: a general theory of invasibility. *Journal of Ecology*, 88, 528–534.
- Dimitrakopoulos, P.G., Galanidis, A., Siamantziouras, A.-S.D. & Troumbis, A.Y. (2005) Short-Term Invasibility Patterns in Burnt and Unburnt Experimental Mediterranean Grassland Communities of Varying Diversities. *Oecologia*, 143, 428–437.
- DiTomaso, J.M., Brooks, M.L., Allen, E.B., Minnich, R., Rice, P.M. & Kyser, G.B. (2006) Control of Invasive Weeds with Prescribed Burning. *Weed Technology*,

20, 535–548.

- Dolores, M., Carolina, C., Sandra, C., Pillar, D., Fidelis, A., Delgado-cartay, M.D., Blanco, C.C., Müller, S.C. & Pillar, V.D. (2010) Fire intensity and severity in Brazilian Campos grasslands. *Asociación Interciencia*, 35, 739–745.
- Durigan, G. & Ratter, J.A. (2016) The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation. *Journal of Applied Ecology*, 53, 11–15.
- Durigan, G., de Siqueira, M.F. & Franco, G.A.D.C. (2007) Threats to the Cerrado remnants of the state of São Paulo, Brazil. *Scientia Agricola*, 64, 355–363.
- Eiten, G. (1972) The Cerrado vegetation of Brazil. *The Botanical Review*, 38, 201–341.
- Elzinga, C.L., Salzer, D.W. & Willoughby, J.W. (1998) *Measuring & Monitoring Plant Populations*.
- EMBRAPA. (1978) *Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal*. Rio de Janeiro.
- Fernandes, P.M. & Botelho, H.S. (2003) A review of prescribed burning effectiveness in fire hazard reduction. *International Journal of Wildland Fire*, 12, 117–128.
- Ferraz-Vicentinni, K. (1999) *História do fogo no Cerrado - uma análise palinológica*. Universidade de Brasília.
- Fichino, S.B., Dombroski, J.R.G., Pivello, V.R. & Fidelis, A. (2016) Does Fire Trigger Seed Germination in the Neotropical Savannas? Experimental Tests with Six Cerrado Species. *Biotropica*, 1–7.
- Fidelis, A. & Blanco, C. (2014) Does fire induce flowering in Brazilian subtropical grasslands? *Applied Vegetation Science*, 17, 690–699.
- Fidelis, A., Lyra, M.F.D.S. & Pivello, V.R. (2012) Above-and below-ground biomass and carbon dynamics in Brazilian Cerrado wet grasslands (org O Wildi). *Journal of Vegetation Science*, 1–9.
- Fidelis, A. & Pivello, V.R. (2011) Deve-se Usar o Fogo como Instrumento de Manejo no Cerrado e Campos Sulinos? Número temático: ecologia e manejo de fogo em áreas protegidas, 12–25.
- Fiedler, N.C., Melo, D.A. & Medeiros, M.B. (2006) Ocorrência de incêndios florestais

- no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. *Ciência Florestal*, 153–161.
- Filgueiras, T.S. (1990) Africanas no Brasil. Gramíneas introduzidas da África. *Cadernos de Geociências*, 5, 57–63.
- Filgueiras, T.S. (2000) Projeto Biografia do Bioma Cerrado: plantas herbáceas e arbustivas. *Cadernos de Geociências*, 12, 115–133.
- Filgueiras, T.S. (2002) Herbaceous plant communities. *Cerrados of Brazil*. (orgs P.. Oliveira & R.J. Marquis), p. 121–139. Columbia University Press.
- Furley, P. a. (1999) The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. *Global Ecology and Biogeography*, 8, 223–241.
- Gaertner, M., Biggs, R., Te Beest, M., Hui, C., Molofsky, J. & Richardson, D.M. (2014) Invasive plants as drivers of regime shifts: identifying high-priority invaders that alter feedback relationships. *Diversity and Distributions*, 20, 733–744.
- Gaitán, J.J., Oliva, G.E., Bran, D.E., Maestre, F.T., Aguiar, M.R., Jobbágy, E.G., Buono, G.G., Ferrante, D., Nakamatsu, V.B., Ciari, G., Salomone, J.M. & Massara, V. (2014) Vegetation structure is as important as climate for explaining ecosystem function across patagonian rangelands. *Journal of Ecology*, 102, 1419–1428.
- Goodland, R. & Pollard, R. (1973) The Brazilian cerrado vegetation: a fertility gradient. *Journal of Ecology*, 61, 219–224.
- Gorgone-Barbosa, E., Pivello, V.R., Baeza, M.J. & Fidelis, A. (2016) Disturbance as a factor in breaking dormancy and enhancing invasiveness of African grasses in a Neotropical Savanna. *Acta Botanica Brasilica*, 30, 1–7.
- Gorgone-Barbosa, E., Pivello, V.R., Bautista, S., Zupo, T., Rissi, M.N. & Fidelis, A. (2015) How can an invasive grass affect fire behavior in a tropical savanna? A community and individual plant level approach. *Biological Invasions*, 423–431.
- Gottsberger, G. & Silberbauer-Gottsberger, I. (2006) Life in the Cerrado: a South American tropical seasonal ecosystem.
- Govender, N., Trollope, W.S.W. & Van Wilgen, B.W. (2006) The effect of fire season,

- fire frequency, rainfall and management on fire intensity in savanna vegetation in South Africa. *Journal of Applied Ecology*, 43, 748–758.
- Guedes, D.M. (1993) Resistência das Árvores do Cerrado ao Fogo: o Papel da Casca como Isolante Térmico. Universidade de Brasília.
- Hanes, T.L. (1971) Succession after fire in the chaparral of Southern California. *Ecological Monographs*, 27–52.
- Hardesty, J., Myers, R. & Fulks, W. (2005) Fire, ecosystems, and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. *The George Wright Forum*, 78–87.
- Haridasan, M. (1994) Solos. Cerrado – Caracterização, Ocupação e Perspectivas, 2a Edição. (org M.N.P. (ed.)), p. 681. UnB., Editora.
- Haridasan, M. (2000) Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 12, 54–64.
- Hoffman, A.A. (2012) Prevention, control and monitoring of bush fires in the Cerrado: Visit to Tocantins and Jalapão.
- Hoffmann, W.A. (1996) The effects of fire and cover on seedling establishment in a neotropical savanna. *Journal of Ecology*, 383–393.
- Hoffmann, W.A. & Solbrig, O.T. (2002) The role of topkill in the differential response of savanna woody species to fire. *Forest Ecology and Management*, 273–286.
- J.A., R., Askew, G.P., Mintgomery, R.F. & Gifford, D.R. (1977) Observações adicionais sobre o Cerradão de solos mesotróficos no Brasil Central. IV Simpósio sobre o Cerrado. p. 303–316. EDUSP, São Paulo.
- Johnson, J.B. & Omland, K.S. (2016) Model selection in ecology and evolution. *Trends in Ecology & Evolution*, 19, 101–108.
- Keeley, J., Bond, W., Bradstock, R., Pausas, J. & Rundel, P. (2012) Fire in Mediterranean climate ecosystems: ecology, evolution and management. Cambridge, Cambridge University Press.
- Kier, G., Mutke, J., Dinerstein, E., Ricketts, T.H., Küper, W., Kreft, H. & Barthlott, W. (2005) Global patterns of plant diversity and floristic knowledge. *Journal of Biogeography*, 32, 1107–1116.
- Klink, C. a. & Machado, R.B. (2005) Conservation of the Brazilian Cerrado.

- Conservation Biology, 19, 707–713.
- Lonsdale, W.M. (1999) Global Patterns of plant invasions and the concept of invasibility. *Ecology*, 80, 1522–1536.
- Machado, R.B., Neto, M.G.P., Caldas, E.F., Gonçalves, D. a., Santos, N. a., Tabor, K. & Steininger, M. (2004) Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. *International do Brasil*, 1–23.
- Marinho, S. & Miranda, H.S. (2013) Efeito do Fogo Anual na Mortalidade e no Banco de Sementes de *Andropogon gayanus* Kunth . no Parque Nacional de Brasília / DF. 3, 149–158.
- Martins, C.R., Hay, J.D.V. & Carmona, R. (2009) Potencial invasor de duas cultivares de *Melinis minutiflora* no cerrado brasileiro-características de sementes e estabelecimento de plântulas. *Revista Árvore*, 33, 713–722.
- Medeiros, M.B. & Fiedler, N.C. (2004) Incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra: desafios para a conservação da biodiversidade. *Ciência Florestal*, 157–168.
- Meirelles, M., Oliveira, R., Ribeiro, J., Vivaldi, L., Rodrigues, L.A. & Silva, G.P. (2002) Utilização do método de intersecção na linha em levantamento quantitativo do estrato herbáceo do cerrado. *Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer*, 60–68.
- Mendonça, R.C., Felfili, J.M., Walter, B.M.T. & SILVA-JU, N. (2008) Flora vascular do Bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies. *Cerrado: ecologia e flora*, 423–1279.
- Miranda, H.S., Neto, W.N. & Neves, B.M.C. (2010) Caracterização das queimadas de Cerrado. Efeitos do regime de fogo sobre a estrutura de comunidades do Cerrado: Resultados do Projeto Fogo (org H.S. Miranda), p. 23–33. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- Miranda, H.S., Sato, M.N., Neto, W.N. & Aires, F.S. (2009) Fire in the Cerrado, the Brazilian savanna. *Tropical fire ecology: climate change, land use and ecosystem dynamics* (org M.A. Cochrane), p. 427–450. Heidelberg: Springer-Praxis.
- Mistry, J. & Berardi, A. (2005) Assessing Fire Potential in a Brazilian Savanna Nature

- Reserve. *Biotropica*, 37, 439–451.
- Mittermeier, R.A., Myers, N. & Mittermeier, C.G. (1999) Hotspots: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions. (org C and C International.). Mexico.
- MMA. (1999) Programa de manejo de fogo do Parque Nacional de Aparados da Serra. Brasília.
- MMA. (2004) Programa De Manejo De Fogo Para o Parque Nacional Da Serra Da Bodoquena/Ms. Brasília.
- MMA. (2011) Plano de ação para prevenção e controle do desmameamento e das queimadas: cerrado.
- Morgan, J.W. (1999) Defining grassland fire events and the response of perennial plants to annual fire in temperate grassland of south-eastern Australia. *Plant ecology*, 144, 127–144.
- Munhoz, C.B. (2004) Fitossociologia do estrato rasteiro de Cerrado. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. Brasília-DF Brasil.
- Myers, R.L. (2006) *Convivendo com o Fogo* (org TN Conservancy). Tallahassee.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Da Fonseca, G.A. & Kent, J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853–858.
- Parr, C.L., Lehmann, C.E.R., Bond, W.J., Hoffmann, W.A. & Andersen, A.N. (2014) Tropical grassy biomes: Misunderstood, neglected, and under threat. *Trends in Ecology and Evolution*, 29, 205–213.
- Pinheiro, E.D.S. & Durigan, G. (2009) Dinâmica espaço-temporal (1962-2006) das fitofisionomias em unidade de conservação do Cerrado no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 32, 441–454.
- Pivello, V.R. (1992) An expert system for the use of prescribed fires in the management of Brazilian savannas. University of London.
- Pivello, V.R. (2006a) Manejo de fragmentos de cerrado: princípios para a conservação da biodiversidade. *Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação* (orgs A. Scariot, J.C. Sousa Silva & J.M. Felfili), p. 402–413. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Brasil.
- Pivello, V.R. (2006b) Fire management for biological conservation in the Brazilian

- Cerrado. Savannas and dry forests: linking people with nature (orgs J. Mistry & A. Berardi), p. 129–154. Ashgate Publishing, Hants.
- Pivello, V.R. (2011) The use of fire in the cerrado and Amazonian rainforests of Brazil: Past and present. *Fire Ecology*, 7, 24–39.
- Pivello, V.R., Carvalho, V.M.C. & Lopes, P.F. (1999a) Abundance and Distribution of Native and Alien Grasses in a “Cerrado”(Brazilian Savanna) Biological Reserve. *Biotropica*, 31, 71–82.
- Pivello, V.R., Shida, C.N. & Meirelles, S.T. (1999b) Alien grasses in Brazilian savannas : a threat to the biodiversity. *Biodiversity and Conservation*, 8, 1281–1294.
- Platt, W.J., Evans, G.W. & Davis, M.M. (1988) Effects of fire season on flowering of forbs and shrubs in longleaf pine forests. *Oecologia*, 353–363.
- Pyke, D. a., Brooks, M.L. & D’Antonio, C. (2010) Fire as a Restoration Tool: A Decision Framework for Predicting the Control or Enhancement of Plants Using Fire. *Restoration Ecology*, 18, 274–284.
- R Core Team. (2015) R: A Language and Environment for Statistical Computing.
- Raij, B. van & Quaggio, J.A. (1983) Métodos de análise de solo para fins de fertilidade (Boletim técnico 81) Instituto Agronômico, Campinas.
- Ramos-Neto, M.B. & Pivello, V.R. (2000) Lightning Fires in a Brazilian Savanna National Park : Rethinking Management Strategies. *Environmental Management*, 26, 675–684.
- Ratter, J. a., Ribeiro, J.F. & S., B. (1997) The Brazilian Cerrado Vegetation and Threats to its Biodiversity. *Annals of Botany*, 80, 223–230.
- Richardson, D.M., Pysek, P., Rejmanek, M., Barbour, M.G., Dane, F. & West, C.J. (2000) Naturalization and Invasion of Alien Plants : Concepts and Definitions. *Diversity and Distributions*, 6, 93–107.
- Rissi, M.N. (2016) Efeito da época da queima na dinâmica de campo sujo. UNESP Rio Claro.
- Rocha-e-Silva, E.P. & Miranda, H.S. (1996) Temperatura do câmbio de espécies lenhosas do cerrado durante queimadas prescritas. *Anais do VIII Simpósio sobre o Cerrado/ 1st International Symposium on Tropical Savannas.*, p. 253–

257. CPAC/EMBRAPA.

- Roques, K.G., O'Connor, T.G. & Watkinson, A.R. (2001) Dynamics of shrub encroachment in an African savanna: relative influences of fire, herbivory, rainfall and density dependence. *Journal of Applied Ecology*, 38, 268–280.
- Rossi, R.D., Martins, C.R., Viana, P.L., Rodrigues, E.L. & Figueira, J.E.C. (2014) Impact of invasion by molasses grass (*Melinis minutiflora* P. Beauv.) on native species and on fires in areas of campo-cerrado in Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 28, 631–637.
- Sala, O.E., Stuart Chapin, F., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L.F., Jackson, R.B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D.M., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, N.L., Sykes, M.T., Walker, B.H., Walker, M., Wall, D.H. & Sala, O.E. (2000) Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science*, v. 287, n. 5459, p. 1770–1774, 10 mar. 2000. *Science*, 287, 1770–1774.
- Salgado-Labouriau, M.L. (2005) Alguns aspectos sobre a Paleoecologia dos Cerrados. *Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação* (orgs A. Scariot, J.C. Sousa-Silva & J.M. Felfili), p.107-118. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- Salgado-Labouriau, M.L. & Ferraz-Vicentinni, K.R. (1994) Fire in the Cerrado 32,000 years ago. *Current Research in the Pleistocene*, 85–87.
- Santana, V.M., Baeza, M.J. & Blanes, M.C. (2012) Clarifying the role of fire heat and daily temperature fluctuations as germination cues for Mediterranean Basin obligate seeders. *Annals of botany*, 111, 127–134.
- Scholes, R.J. & Archer, S.R. (1997) Tree Grass Interactions in Savannas. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28, 517–544.
- Silva Júnior, M.C., Barros, M.F. & Cândido, J.F. (1987) Relações entre parâmetros do solo e da vegetação de Cerrado na Estação Florestal de Experimentação de Paraopeba, MG. *Revista Brasileira de Botânica*, 10, 125–137.
- Simon, M.F., Grether, R., de Queiroz, L.P., Skema, C., Pennington, R.T. & Hughes, C.E. (2009) Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity

- hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106, 20359–20364.
- Simon, M.F. & Pennington, T. (2012) Evidence for Adaptation to Fire Regimes in the Tropical Savannas of the Brazilian Cerrado. *International Journal of Plant Sciences*, 173, 711–723.
- Souchie, F.F. (2015) Rebrota de indivíduos lenhoos em área de Cerrado Sentido Restrito como resposta ao fogo.
- Souza, A.F. & Martins, F.R. (2004) Population structure and dynamics of a Neotropical palm in fire-impacted fragments of the Brazilian Atlantic Forest. *Biodiversity and Conservation*, 13, 1611–1632.
- Souza, A.F., Martins, F.R. & Matos, D.M.S. (2000) Detecting ontogenetic stages of the palm *Attalea humilis* in fragments of the Brazilian Atlantic forest. *Canadian Journal of Botany*, 78, 1227–1237.
- Stolle, F., Chomitz, K.M., Lambin, E.F. & Tomich, T.P. (2003) Land use and vegetation fires in Jambi Province, Sumatra, Indonesia. *Forest Ecology and Management*, 179, 277–292.
- Trollope, W.S.W. (1982) Ecological effects of fire in South African savannas. *Ecology of Tropical Savannas* (eds B.J. Huntley & B.H. Walker), p. 293–306. Springer-Verlag, Berlin.
- Vilà, M., Espinar, J.L., Hejda, M., Hulme, P.E., Jarošík, V., Maron, J.L., Pergl, J., Schaffner, U., Sun, Y. & Pyšek, P. (2011) Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems. *Ecology letters*, 14, 702–708.
- Walter, H. (1986) *Vegetação e zonas climáticas*. EPU.
- Whelan, R.J. (1995) *The ecology of fire*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Williams, R.J., Cook, G.D., Gill, A.M. & Moore, P.H.R. (1999) Fire regime, fire intensity and tree survival in a tropical savanna in northern Australia. *Aust. J. Ecol.*, 50–59.
- Xu, X., Medvigy, D. & Rodriguez-Iturbe, I. (2015) Relation between rainfall intensity and savanna tree abundance explained by water use strategies. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112, 12992–12996.

- Young, W.C., Mellbye, M.E. & Silberstein, T.B. (1999) Residue management of perennial ryegrass and tall fescue seed crops. *Agronomy Journal*, 91, 671–675.
- Zanchetta, D., Reis, C.M., Delgado, J.M., Silva, C.E.F., Luca, E.F. de, Fernandes, F. de S., Lutgens, H.D., Tannus, J.L.S., Pinheiro, L. de S., Martins, M.R.C. & Sawaya, R. (2006) Plano de Manejo Integrado. Estações Ecológica e Experimental de Itirapina/SP.
- Zuur, A.F., Ieno, E.N., Walker, N.J., Saveliev, A. a, Smith, G.M. & Ebooks Corporation. (2009) *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*.