



## *Deve-se Usar o Fogo como Instrumento de Manejo no Cerrado e Campos Sulinos?*

*Alessandra Fidelis<sup>1</sup> & Vânia Regina Pivello<sup>1</sup>*

Recebido em 13/4/2011 – Aceito em 22/6/2011

**RESUMO** – O fogo é um importante instrumento de manejo em diversos ecossistemas, no mundo todo. No Brasil, particularmente o Cerrado e os Campos Sulinos são submetidos a queimadas periódicas, seja por motivos naturais (raios) ou por ações humanas. Entretanto, nas unidades de conservação que se propõem a conservar esses biomas, procura-se impedir a ocorrência de queimadas. Pretendemos aqui evidenciar a importância do fogo no Cerrado e nos Campos Sulinos e estimular uma reavaliação do manejo em relação ao fogo nesses ecossistemas. Evidências fósseis e palinológicas demonstram que tanto o Cerrado como os Campos Sulinos evoluíram com eventos de fogo, pois diversas adaptações são reconhecidas na vegetação e também em seus processos ecológicos, havendo indicações seguras de que sua própria manutenção seja dependente de queimas periódicas. A decisão de banir o fogo nas áreas protegidas com esses ecossistemas traz diversos problemas às próprias unidades de conservação, como exclusão de espécies, invasão por espécies exóticas, perturbação de ciclos ecológicos, que comprometem a preservação da diversidade biológica em médio e longo prazo. Incêndios de grandes proporções têm ocorrido em áreas protegidas de Cerrado nos últimos anos, especialmente causados pela combinação do acúmulo de biomassa e usos das terras no entorno das unidades de conservação. Sendo assim, sugerimos que os órgãos ambientais brasileiros revejam sua posição em relação ao manejo de unidades de conservação que protegem ecossistemas adaptados a distúrbios de fogo, admitindo a aplicação de ações planejadas e controladas que supram os efeitos causados por esse distúrbio natural.

**Palavras-chave:** história ecológica, incêndio, manejo ecológico, queima controlada, unidade de conservação.

**ABSTRACT** – Fire is an important management tool in several ecosystems worldwide. In Brazil, particularly the Cerrado and the Campos Sulinos are submitted to periodical burnings both due to natural causes (lightning) or human activities. However, in the reserves created to protect such ecosystems fire tends to be abolished. In the present paper we intend to evidence the importance of fire in Cerrado and Campos Sulinos, and to stimulate rethinking about its use for ecological management. Fossil and palynological evidences show that such ecosystems evolved in association with fire, once a high number of fire adaptations are recognized in the vegetation and in the ecological processes of these ecosystems. Still, it is believed that their self-maintenance is dependent on periodical fires. The decision to eliminate fire from Cerrado and Campos Sulinos protected areas brings many problems to the reserves, for instance the exclusion of species, biological invasions, disturbance in the ecological cycles, which jeopardize the preservation of the biodiversity at medium and long term. Wildfires of great proportions have happened in the last years, especially in Cerrado protected areas, due to the combination of biomass accumulation and land uses in their surroundings. Therefore, we suggest that Brazilian environmental organizations rethink their attitude relative to the management of natural preserves in ecosystems adapted to periodical fires, and admit planned and controlled actions to supply the effects caused by that natural disturbance.

**Key-words:** ecological history, wildfire, ecological management, controlled burning, protected area.

<sup>1</sup> Universidade de São Paulo, Departamento de Ecologia, Laboratório de Ecologia da Paisagem e Conservação, Rua do Matão, 321, Trav.14, São Paulo, SP 05508-900

## Introdução

O fogo é um fator chave na distribuição e composição de vários ecossistemas do mundo (Bond *et al.* 2005; Pivello 2011). Num contexto histórico, o fogo selecionou, na biota e nos processos ecossistêmicos, características que evidenciam a magnitude de sua atuação (Bowman *et al.* 2009). Ambientes selecionados pelo fogo ainda possuem mecanismos que promovem a recorrência das queimas, e assim se mantêm (Christensen 1985). No Brasil, a maior parte das fisionomias do Cerrado são tidas como ecossistemas dependentes do fogo (Hardesty *et al.* 2005, Pivello 2011), pois evoluíram sob sua influência e dele dependem para manter seus processos ecológicos. Também é marcante a influência do fogo nos Campos Sulinos.

Neste artigo, apontamos, por meio de evidências históricas e ecológicas, a importância do fogo para a conservação das fisionomias campestres e savânicas do Cerrado e manutenção dos Campos Sulinos, no intuito de estimular uma ampla discussão sobre o uso de queimadas controladas em unidades de conservação criadas para proteger tais ecossistemas. Assim, num primeiro momento (seção “O fogo como modelador da vegetação”), apresentamos inúmeras adaptações da vegetação do Cerrado e dos Campos Sulinos ao fogo; a seguir, mostramos o contexto histórico em que essas adaptações provavelmente se originaram (“Breve histórico do fogo no Cerrado e nos Campos Sulinos”) e, por fim, argumentamos sobre a necessidade de se incluir queimadas planejadas e controladas no manejo de unidades de conservação em ecossistemas de Cerrado e Campos Sulinos (seção “Motivos para o uso do fogo no manejo de unidades de conservação”). Terminamos destacando nossas conclusões.

## O fogo como modelador da vegetação

Ao final do período Terciário, o fogo provocou alterações na biogeografia das paisagens mundiais, assim como teve um grande impacto na função dos ecossistemas (Pausas & Keeley 2009). Em épocas de sazonalidade, uma maior expansão de gramíneas  $C_4$  deve ter ocorrido devido à maior atividade do fogo (Keeley & Rundel 2005). Além disso, a redução da cobertura arbórea causada pelo fogo foi de fundamental importância para a evolução de ecossistemas ricos em espécies herbáceas, bem como na formação e distribuição dos ecossistemas dominados por gramíneas  $C_4$  (Bond *et al.* 2005).

O fogo influencia a dinâmica e a estrutura das populações de plantas (Whelan 1995, Bond & van Wilgen 1996). Remove a serapilheira e controla espécies dominantes, que muitas vezes serviam como barreira para o estabelecimento e persistência de outras espécies (Hoffmann 1996). Sendo assim, pode-se afirmar que a passagem do fogo atua na hierarquia de competição em comunidades vegetais (Tyler 1995, Laterra & Solbrig 2001, Marcos *et al.* 2004), criando novas condições pós-fogo para o recrutamento de espécies (via plântulas ou rebrotamento). Além da mudança na hierarquia de competição, deve-se também apontar, como consequências da passagem do fogo, o aumento na incidência de luz e disponibilidade de nutrientes (Pivello & Coutinho 1992, Rice 1993, Wroblewski & Kauffman 2003), na disponibilidade de espaços (“gaps”) no substrato (Bond & van Wilgen 1996) e, finalmente, mudanças na temperatura do solo (Tyler 1995, Hoffmann 1996, Auld & Denham 2006, Knox & Clarke 2006), as quais podem estimular o recrutamento das espécies.

Plantas em ambientes sob influência do fogo geralmente possuem adaptações que lhes permitem sobreviver ou regenerar rapidamente, como por exemplo, a presença de espessa cortiça nos troncos de árvores e proteção das gemas (Coutinho 1980, Gignoux *et al.* 1997), ou mesmo a presença de desenvolvidos órgãos subterrâneos (Lindman 1906, Rizzini & Heringer 1962). Algumas espécies apresentam mecanismos reprodutivos ligados ao fogo, como a indução da floração (Coutinho 1980, Munhoz & Felfili 2007), abertura de frutos após a passagem do fogo (“serotinous seeds”, Stokes *et al.* 2004) ou ainda a quebra da dormência de sementes e estímulo à germinação (Coutinho 1990, Auld & O’Connell 1991).

No Cerrado, podemos observar diversos atributos na vegetação ligados à presença frequente do fogo, como por exemplo, a típica forma tortuosa das árvores e arbustos, que também apresentam uma casca grossa protegendo seus tecidos internos das altas temperaturas alcançadas durante os incêndios; espécies herbáceas, como gramíneas e ciperáceas, têm suas gemas protegidas através da estrutura das folhas, que formam uma base densamente imbricada (Coutinho 1980, 1982; Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger 2006); órgãos subterrâneos, muitas vezes lenhosos, como xilopódios e rizomas, são providos de gemas capazes de formar ramos aéreos, tanto vegetativos como reprodutivos, após a passagem do fogo (Coutinho 1980, 1982, 1990). A presença de espécies com órgãos subterrâneos é uma característica marcante da vegetação de Cerrado (Rizzini & Heringer 1961, Warming 1908, Appezzato-da-Glória 2003). Rizzini (1965) apontou mais de 90 gêneros de espécies herbáceas com presença de xilopódio. Embora não sendo uma estrutura típica de reserva, por não apresentar um tecido parenquimático característico de reserva, os xilopódios podem armazenar água, no entanto, uma das funções mais importantes dessas estruturas é sua alta capacidade gemífera (Rizzini & Heringer 1961, Rizzini & Heringer 1962, Coutinho 1990, Appezzato-da-Glória & Estelita 2000, Appezzato-da-Glória *et al.* 2008). As gemas protegidas abaixo do nível do solo durante a passagem do fogo podem formar novos ramos e, desta forma, garantir a permanência e sobrevivência da espécie. Além do xilopódio, há uma grande diversidade de órgãos subterrâneos no Cerrado, com funções tanto de reserva como também de propagação vegetativa, como rizóforos, raízes tuberosas, rizomas, sóboles e raízes gemíferas (Rizzini & Heringer 1961, Appezzato-da-Glória 2003).

Outra estratégia vantajosa das plantas em ambientes com frequentes queimadas e encontrada no Cerrado é o maior acúmulo de biomassa na porção subterrânea, que pode ser até 2-3 vezes superior à da biomassa aérea (Castro & Kauffman 1998, Delitti *et al.* 2001). Desta forma, muitas espécies herbáceas e subarbustivas investem uma grande parte de sua energia na alocação de nutrientes para as porções subterrâneas, que estarão protegidas durante a passagem do fogo e os longos períodos de seca. Enquanto isso, as espécies lenhosas alocam essa energia para a produção de ramos e caules mais suberosos, que protegerão os tecidos internos durante a passagem do fogo (Coutinho 1990; Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger 2006).

Dentre as estratégias reprodutivas das plantas do Cerrado afetadas pelo fogo, o aumento da produção de frutos e sementes é um resultado direto da floração sincronizada que ocorre após uma queimada (Warming 1908, Coutinho 1980, 1982, Munhoz & Felfili 2007), aumentando desta forma, a taxa de reprodução sexuada numa vegetação que tem o rebrotamento como importante estratégia de regeneração. Em muitas espécies lenhosas, a deiscência dos frutos e a dispersão das sementes somente ocorrem após a passagem do fogo (Coutinho 1982, 1990, Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger 2006). Num elegante experimento, Cirne & Miranda (2008) demonstram o isolamento de frutos de *Kielmeyera coriacea* (Spr) Mart. a altas temperaturas e o estímulo à germinação de suas sementes após seus frutos terem sido submetidos a 720 °C.

O fogo promove não apenas adaptações morfológicas e fisiológicas nas plantas do Cerrado, mas também nos processos ecológicos, pois queimadas periódicas estimulam o rebrotamento, a ciclagem dos nutrientes, a frutificação e o estabelecimento de plântulas de diversas espécies (Coutinho 1982, 1990, Pivello & Coutinho 1982). Ainda, a frequência de fogo pode alterar de maneira significativa a fitofisionomia: áreas frequentemente queimadas tendem a se tornar mais abertas e com maior dominância de um estrato graminóide, pois a alta recorrência de fogo afeta negativamente o estabelecimento e a sobrevivência de árvores jovens (Moreira 2000, Miranda *et al.* 2002, 2009) e positivamente o estrato herbáceo, através do depósito de cinzas e nutrientes na superfície do solo (Coutinho 1982, 1990, Pivello & Coutinho 1992, Kauffman *et al.* 1994). Desta forma, a ausência do fogo geralmente promove um aumento da cobertura lenhosa (Moreira 2000), levando à perda de espécies herbáceas características e a mudanças na fisionomia da vegetação.

Estratégias semelhantes às encontradas no Cerrado são observáveis nos Campos Sulinos, ambientes também submetidos a queimadas frequentes. Muitas espécies dos Campos Sulinos possuem órgãos subterrâneos, como bulbos, cormos, rizomas, rizóforos, raízes tuberosas e

xilopódios, que possuem tanto função de reserva como grande potencial gemífero (Fidelis *et al.* 2009). Em áreas frequentemente queimadas, nos Campos Sulinos, a diversidade de órgãos subterrâneos tende a ser maior, com maior dominância de xilopódios. Por outro lado, em áreas excluídas do fogo há algumas décadas, a presença de órgãos subterrâneos tende a ser baixa, sendo encontradas apenas partes dos mesmos, já com gemas inviáveis (Fidelis 2008, Fidelis *et al.* 2009). Desta forma, a regeneração da vegetação e, conseqüentemente, a manutenção da diversidade de espécies campestres fica prejudicada. Essas estruturas subterrâneas formam um banco de gemas (estoque de gemas com a potencialidade de rebrotar) que conferem ao rebrotamento uma grande importância como estratégia de regeneração da vegetação dos Campos Sulinos após distúrbios, como fogo ou pastejo (Fidelis 2008). De fato, confirmou-se uma relação positiva entre o banco de gemas com a frequência de queimas, especialmente em relação às espécies herbáceas (Fidelis 2008, Fidelis *et al.* 2009). Fidelis *et al.* (2008) demonstraram a rápida capacidade de rebrotamento em *Eryngium horridum* Malme (Apiaceae) através de gemas apicais e laterais dos rizomas após a passagem do fogo. Também a remoção da biomassa aérea e da serapilheira pelo fogo, com conseqüente abertura de espaços (“gaps”) na vegetação, facilita o estabelecimento e sobrevivência de espécies que não conseguem competir com a matriz graminóide fechada (Fidelis 2008). Por exemplo, observou-se que a espécie herbácea *Chaptalia runcinata* Kunth (Asteraceae) era rara em áreas excluídas do fogo há seis anos, no entanto, novas plântulas e rebrotos desta espécie foram encontrados após a passagem do fogo, graças à abertura da vegetação e exclusão dos competidores (Fidelis *et al.* 2010a). O estabelecimento de plântulas mesmo em espécies germinadoras, como *Heterothalamus psidioides* Less (Asteraceae), foi também estimulado pela passagem do fogo, devido à abertura da vegetação (Fidelis *et al.* 2010a).

Observa-se que o fogo também estimula a floração em diversas espécies dos Campos Sulinos, como *Habranthus gracilifolius* Herb. (Amaryllidaceae), *Macroptilium prostratum* Urb. (Fabaceae), *Chaptalia runcinata* Kunth (Asteraceae), *Andropogon selloanus* Hack., *Leptocoryphium lanatum* Nees e *Calamagrostis viridiflavescens* Steud, estas três últimas pertencentes à família Poaceae (A.T. Fidelis, observação pessoal). Poucos estudos existem ainda verificando efeitos do fogo na germinação de espécies desse tipo de ecossistema, porém, alguns deles mostraram que o choque térmico não estimulou a germinação de espécies campestres, mas também não matou suas sementes (Overbeck *et al.* 2006, Fidelis *et al.* 2007).

Semelhantemente ao Cerrado, o fogo (assim como o pastejo) mantém as fisionomias campestres no sul do Brasil (pois, por suas características climáticas, a região toda tenderia a ser coberta por florestas), bem como sua diversidade (Overbeck *et al.* 2005, 2007). O número estimado de espécies para os Campos Sulinos é de 2500 (Boldrini *et al.* 2009). Uma característica importante desta vegetação é a composição mista de gramíneas C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>, devido à sua localização em área de transição entre zonas tropicais e temperadas (Boldrini *et al.* 2009, Fidelis 2010).

As queimadas nos Campos Sulinos, assim como no Cerrado, também são rápidas e pouco intensas (cerca de 320 kW.m<sup>-1</sup>), com temperaturas não ultrapassando 530 °C ao nível do solo (Fidelis *et al.* 2010b). A intensidade do fogo é influenciada principalmente pela quantidade de biomassa fina (especialmente graminóides e ramos finos) acumulada na área (Fidelis *et al.* 2010b). A exclusão do fogo leva a um aumento de gramíneas mais altas, que acabam sombreando outras espécies de gramíneas e herbáceas menores, diminuindo, assim, a diversidade de espécies campestres (Overbeck *et al.* 2005). Após algum tempo, os arbustos acabam sombreando essas gramíneas e há o acúmulo de uma grande quantidade de biomassa morta, altamente inflamável (Fidelis 2010; Fidelis *et al.* 2010b). Com a exclusão do fogo, as áreas de campo tendem a ser substituídas, ocorrendo um aumento no estrato lenhoso e conseqüente perda de espécies herbáceas. Onde há um mosaico formado por manchas de ecossistemas campestres e de floresta de Araucárias, esta tende a avançar sobre a vegetação campestre. Oliveira & Pillar (2004) observaram a expansão da floresta sobre áreas de campo nativo excluídas tanto do fogo quanto do pastejo há mais de 20 anos, nos Campos de Cima da Serra no Rio Grande do Sul. O mesmo fato pode ser observado em áreas ao redor de Porto Alegre, sobre morros graníticos (Müller 2005).

## Breve histórico do fogo no Cerrado e nos Campos Sulinos

Estudos baseados em análises de pólen e carvão mostram que o fogo está presente nos Cerrados desde antes da chegada do Homem na América do Sul, há pelo menos 32.000 anos (Guidon & Delibrias 1986, Salgado-Labouriau & Ferraz-Vicentini 1994, Cooke 1998, Salgado-Labouriau *et al.* 1998, Ledru 2002). O trabalho de Simon *et al.* (2009), no entanto, demonstra que a diversificação de linhagens de plantas com adaptações ao fogo, na região do Cerrado, ocorreu há cerca de 4 milhões de anos, indicando uma presença marcante e já muito antiga do fogo nessa região. No entanto, uma maior documentação de evidências da ocorrência de queimadas tanto no Cerrado como nos Campos Sulinos existe para o período Holoceno (iniciado há cerca de 11.500 anos) (Behling 1995, Behling & Pillar 2007).

De acordo com Power *et al.* (2008), o regime de fogo no mundo foi se modificando no período da deglaciação – desde 21.000 anos atrás – sofrendo mudanças mais marcantes entre 12.000 e 9.000 anos atrás. Na maior parte das Américas, registros de carvão fóssil mostraram que a frequência de fogo aumentou muito durante o Holoceno, devido à mudança para um clima mais seco (Power *et al.* 2008), o que deve ter ocorrido no Cerrado já desde o início desse período (Pessenda *et al.* 2001, 2004, 2005).

Na atual região dos Campos Sulinos, o fogo começou a ser mais presente há cerca de 7400 anos, também mudando a composição florística da vegetação (Behling *et al.* 2004; Behling & Pillar 2007). Os Campos Sulinos dominavam a parte sul da América do Sul durante a última glaciação, evidenciando climas mais frios e secos (Rambo 1953, Behling *et al.* 2002, Behling & Pillar 2007). Com as condições climáticas mais quentes a partir de 3000-4000 anos atrás e principalmente nos últimos 1000 anos, as áreas tropicais de maior altitude, ocupadas pelos campos típicos de clima mais frio, foram sendo substituídas por fisionomias do Cerrado (Behling 1997, 2002, Behling & Pillar 2007); nas menores altitudes, passou a haver substituição de áreas de Cerrado por florestas semidecíduas, (Behling 1998, 2002). Assim, a área ocupada pelo Cerrado durante o início do Holoceno era maior do que no seu período final (Behling 1998). Também nessa época, deu-se a expansão da Floresta de Araucárias sobre a vegetação campestre sulina. Estudos com isótopos de carbono em áreas com vegetação de campo, Floresta de Araucárias e capões de florestas latifoliadas confirmaram a existência dos campos antes da expansão da Floresta de Araucárias (Dümig *et al.* 2008), a qual se deu apenas há cerca de 1000 anos (Behling 2002, Behling *et al.* 2004). Em seu estudo, Jeske-Pieruschka *et al.* (2010) mostraram uma forte correlação entre frequência de fogo e as expansões e retrações da vegetação campestre em relação às florestas de Araucárias, ocorridas no último milênio.

Presume-se que as várias alterações na vegetação ocorridas no Holoceno não podem ser ligadas apenas às mudanças climáticas (Pausas & Keeley 2009). Durante esse período, houve um grande aumento da população humana e há registros de que o fogo vem sendo usado pelo Homem há alguns milhares de anos. No Cerrado, populações semi-nômades usavam ativamente o fogo há 4000-5000 anos (Prous 1992, Fiedel 1992). Essa ferramenta também foi amplamente utilizada entre a maioria dos grupos indígenas brasileiros (Godoy 1963, Maybury-Lewis 1984, Posey 1985, Balée 1993, Mistry *et al.* 2005, Silva 2009), principalmente para limpar áreas ao redor das casas, abrir áreas para cultivo, afastar ou matar animais peçonhentos, para caçar, estimular o rebrotamento de gramíneas e a floração e frutificação de outras plantas, além de utilizá-lo em rituais religiosos (Gross *et al.* 1979, Posey 1985, Silva 2009).

O uso do fogo como ferramenta de manejo foi passado dos indígenas aos sertanejos, tanto na região do Cerrado como dos Campos Sulinos, que hoje dele se utilizam principalmente para manejar os pastos nativos, para a criação extensiva de gado. Em seu livro escrito no final do século XIX, Eugene Warming, referindo-se ao Cerrado, escreve: “O costume da queima dos campos é tão geral que St. Hilaire, que atravessou Minas Gerais em varias direcções, diz deste Estado, do tamanho da França, que, talvez, não haja mais uma légua quadrada de campo natural que não tenha sido queimada por varias vezes.” (Warming 1908). Warming deixa claro o costume do homem do campo em usar o fogo como instrumento de manejo da vegetação.

O pecuarista costuma queimar o pasto no inverno. No Cerrado, isso se dá para estimular a rebrota das herbáceas e aumentar as fontes de alimento para o gado, nessa época em que a vegetação herbácea encontra-se ressecada. No sul do Brasil, a queima dos campos é feita ao final do inverno para eliminar o material vegetal crestado pelas geadas, facilitando, assim, o rebrotamento na primavera. Esse manejo tradicional é ainda hoje praticado por pequenos pecuaristas do sul do Brasil, ou na pecuária de corte com manejo extensivo, que ainda predomina na região do Cerrado. Desta forma, o uso do fogo como instrumento de manejo agropecuário levou a mudanças nos regimes de queima que ocorriam anteriormente à chegada do homem europeu ao Brasil. Além de aumentarem a frequência das queimadas, os pecuaristas também modificaram sua época, intensidade e padrão espacial (Coutinho 1982, Ramos-Neto & Pivello 2000, Pivello 2011).

No Cerrado, queimadas naturais, que são aquelas causadas por raios, geralmente ocorrem tanto na estação chuvosa quanto nos meses de transição entre estações (maio e setembro), quando há ocorrência de grandes tempestades (Ramos-Neto & Pivello 2000). Entre junho de 1995 e maio de 1999, 91% dos 45 incêndios registrados dentro do Parque Nacional de Emas (Goiás) foram causados por raios, na estação chuvosa e nos meses de transição. Já os incêndios causados pelo homem ocorrem na estação seca, queimando extensas áreas, enquanto que os incêndios naturais queimam pequenas manchas e são logo apagados pela chuva (Ramos-Neto & Pivello 2000). Tais padrões também foram registrados no Parque Nacional da Serra da Canastra (Medeiros & Fiedler 2004) e no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (Fiedler *et al.* 2006). Por ser ateadado no final da estação seca ou em áreas onde a biomassa se acumulou ao longo de vários anos (Pivello 2006a, 2006b), o fogo antropogênico é, geralmente, de maior intensidade e periculosidade.

Regimes de fogo inadequados levam à degradação da vegetação e do solo, além da perda de biodiversidade (Pivello 2006a, 2011). Nas últimas décadas, diversas áreas originalmente de fisionomias mais fechadas, como cerradão ou cerrado *sensu stricto*, foram descaracterizadas devido a regimes de fogo alterados, principalmente para a criação do gado (Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger 2006). Nos Campos Sulinos, queimadas em regimes de fogo alterados podem levar à degradação do solo e invasão por espécies exóticas (Jacques 2003). Sendo assim, é mais correto considerar que as espécies e os sistemas não são simplesmente adaptados ao fogo, mas sim, a um determinado regime de fogo. Portanto, modificações no regime “natural” de fogo (ou seja, sem a interferência humana) podem causar impactos negativos em vários aspectos do ecossistema (Pausas & Keeley 2009, Pivello 2011).

## Motivos para o uso do fogo no manejo de unidades de conservação

Em diversas partes do mundo, a expansão de áreas urbanas sobre a vegetação nativa levou a um aumento nas fontes de ignição, a mudanças nos regimes de queima e à maior exposição da população humana aos incêndios (Pausas & Keeley 2009). Desta forma geram-se discussões na mídia sobre a destruição causada pelo fogo, principalmente quando vidas humanas são colocadas em risco e, em alguns casos, perdidas (por exemplo: CNN-US 2006, Los Angeles Times 2009). Mas tais discussões não levaram em conta as influências antropogênicas nesses eventos de destruição, que muitas vezes não significavam “destruição” para a vegetação nativa, e sim, um evento normal para o ecossistema. Um exemplo disso é o grande incêndio ocorrido no Parque Nacional Yellowstone, em 1988, que durou meses e queimou milhares de hectares (Ruhf s/d). A conclusão final de tal evento foi que a frequência de fogo naquele tipo de vegetação é de cerca de 200 a 300 anos e que a vegetação é resiliente a esse regime de fogo. Portanto, apesar da aparente destruição, a vegetação se recuperou sem haver perdas maiores para o ecossistema (Pausas & Keeley 2009).

O fogo não deve ser visto apenas como um evento de destruição para vários ecossistemas no mundo, como por exemplo, as savanas africanas (Trollope 1982), australianas (Morgan 1999), o Cerrado brasileiro (Walter & Ribeiro 2010, Pivello 2011), os páramos equatorianos (Ramsay & Oxley 1996), as pradarias americanas (Hanes 1971, Naveh 1975) e os ecossistemas mediterrâneos

(Lloret 1998). Tais ecossistemas, portanto, podem ser definidos como pirofíticos, ou dependentes do fogo (Hardesty *et al.* 2005). Simulações mostraram que a exclusão do fogo levaria a um aumento de 26,9% a 56,4% da cobertura florestal mundial e a uma mudança de áreas com presença de gramíneas  $C_4$  para florestas mais fechadas de angiospermas (Bond *et al.* 2005), modificando de forma marcante a fisionomia, a diversidade e o funcionamento desses ecossistemas. Portanto, o fogo é um fator importante para a manutenção de vários ecossistemas do mundo e de sua biodiversidade.

Assim sendo, para o manejo de certos tipos de vegetação dependentes de distúrbios, o fogo é um fator que não deve ser ignorado, pois é um mantenedor da própria biota. De acordo com a legislação ambiental brasileira, ações de manejo ecológico em unidades de conservação, como o uso do fogo, podem ser aplicadas desde que contempladas em seus planos de manejo (Brasil, 1979, 1988, 1998). Devido à falta de clareza e detalhamento quanto às intervenções que podem ser feitas nas unidades de conservação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), há deficiência nos planos de manejo e, conseqüentemente, no manejo da vegetação. Muitos planos de manejo ainda são voltados mais às ações administrativas do que ao manejo ecológico (Pivello 2006a).

Na maioria das vezes, quando as unidades de conservação são estabelecidas, todo tipo de distúrbio é delas retirado. Em ecossistemas dependentes de distúrbios, sua total exclusão pode levar à perda de biodiversidade e de processos, terminando na descaracterização ou degradação desses ecossistemas (Huston 2004, Hardesty *et al.* 2005, Pivello 2011). No Cerrado, o estabelecimento de unidades de conservação leva a mudanças no regime de fogo, geralmente excluindo-o. Isso causa acúmulo de material combustível ao longo dos anos de exclusão, resultando em grande risco de incêndios descontrolados e intensos, provenientes de faíscas geradas por atividades humanas.

Atualmente, a maior ameaça para as unidades de conservação de ecossistemas onde o fogo ocorre são as queimadas descontroladas, geralmente causadas pelos vizinhos dessas unidades, que usam o fogo principalmente para preparar a área para o cultivo, para caçar ou para fins pecuários. Na maioria das vezes, o fogo é colocado sem os cuidados devidos, como o preparo de aceiros, e se propaga às áreas vizinhas (Pivello 1992, Ramos-Neto & Pivello 2000). Em anos de grande acúmulo de biomassa, queimadas destrutivas são esperadas, como ocorreu em várias unidades de conservação de Cerrado, no ano de 2010 (França 2010, Pivello 2011).

Em 2009, a estação seca na região central do Brasil foi muito curta, gerando acúmulo de biomassa ao longo do ano. Já o ano de 2010 teve um período mais prolongado de seca, resultando num aumento significativo dos focos de incêndio em várias unidades de conservação de Cerrado (Pivello 2011). Muitas delas queimaram em mais de 50% de sua área, como os parques nacionais de Emas, Chapada dos Veadeiros e do Araguaia, que tiveram, respectivamente, 91%, 77% e 56% de suas áreas queimadas (França 2010), ou o Parque Estadual do Jalapão, com cerca de 70% de sua área queimada (C. Moreira, comunicação pessoal). Tais incêndios de grande intensidade e proporções espaciais não são benéficos para a vegetação ou a fauna e podem causar perda de espécies, inclusive endêmicas, invasão por espécies exóticas, desequilíbrio nos ciclos ecológicos e mudanças nas fisionomias dos ecossistemas atingidos (Pivello 2006a, 2006b).

Percebemos que, nos últimos anos, tem havido maior interesse dos órgãos ambientais no uso do fogo como ferramenta de manejo em unidades de conservação de Cerrado. Por exemplo, experimentos estabelecidos no Parque Estadual do Jalapão (Tocantins) foram visitados por funcionários do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) com o objetivo de monitoramento do manejo de fogo em áreas de extração do capim dourado (*Syngonanthus nitens* Ruhland, Eriocaulaceae), uma vez que as pessoas das comunidades locais usam o fogo para estimular a produção dos escapos florais dessa espécie, utilizada em artesanato (Schmidt *et al.* 2007).

Nos Campos Sulinos, o manejo da vegetação se faz urgente, uma vez que, além do acúmulo de biomassa combustível, há ameaça de eliminação das próprias fisionomias campestres, devido à expansão da Floresta de Araucárias sobre as áreas de campos e a perda de espécies campestres em

outras áreas que não estão com contato com a floresta. Acredita-se que distúrbios como o pastejo e o fogo são os fatores principais que mantêm a diversidade e a fisionomia desses campos (Overbeck *et al.* 2007, Fidelis 2010) e, na ausência do distúrbio, espécies florestais de áreas circunvizinhas se estabelecem a partir da borda da floresta ou através da nucleação de manchas florestais, muitas vezes através do estabelecimento inicial de *Araucaria angustifolia* (Duarte *et al.* 2006). Desta forma, tendo em vista o objetivo de se conservar tais ecossistemas com sua diversidade característica, faz-se necessário admitir o manejo dessas áreas por meio de distúrbios periódicos, previstos em seus planos de manejo. Portanto, o fogo, juntamente com o pastejo, poderia ser utilizado como ferramenta de manejo em unidades de conservação a fim de manter as fisionomias e a diversidade dos Campos Sulinos, uma vez que ele seleciona espécies e um conjunto de atributos distintos do pastejo. E, diferentemente do que se possa pensar, o fogo não afeta a vegetação somente de forma negativa, desde que utilizado de maneira correta.

## Conclusões

Evidências no Brasil (Pivello 2006a, 2011, França 2010) e no mundo (Hardesty *et al.* 2005, Bowman *et al.* 2009, Pausas & Keeley 2009) mostram que não se pode manter grande parte dos ecossistemas campestres e savânicos na ausência do fogo sem que a vegetação (fisionomia, composição específica) e os processos ecossistêmicos (decomposição e ciclagem dos nutrientes, processos reprodutivos, interações interespecíficas), se alterem, ou que incêndios de maiores proporções ocorram. Entendemos, portanto, que o fogo pode e deve ser considerado como uma ferramenta de manejo em unidades de conservação que visam à proteção dos ecossistemas herbáceos dele dependentes, a fim de manter sua estrutura, composição florística e, conseqüentemente, faunística. Queimadas programadas e controladas devem ser implementadas nessas áreas protegidas – destacando-se aqui o Cerrado e os Campos Sulinos – a fim de se direcionar seus efeitos aos objetivos de manejo (Pivello & Norton 1996), evitando-se, assim, incêndios inesperados e descontrolados, além da manutenção das suas fisionomias e diversidade.

Como já apontado por Pillar & Vélez (2010), as ações de manejo nas unidades de conservação deveriam ser implementadas em colaboração com instituições de pesquisa, por meio de experimentos e monitoramento, a fim de se estabelecer claramente metas e objetivos para a melhoria dos seus planos de manejo. O regime de fogo mais adequado a cada local e situação dependerá de diversos fatores, como tipo fisionômico, flora e fauna específicas, presença de espécies exóticas com diferentes graus de resistência ao fogo, condições climáticas locais, características do entorno e da paisagem, dentre outras. Informações voltadas ao manejo ecológico de fogo são raras na literatura, pois quase não há pesquisas científicas nesse sentido. Para o Cerrado, Pivello (Pivello 1992, 2006a, 2006b, Pivello & Norton 1996) procurou dar diretrizes gerais conforme diferentes objetivos de queima e diferentes tipologias de cerrado; em relação aos Campos Sulinos, ainda menos informações publicadas existem nessa abordagem de manejo ecológico por meio do fogo. Os trabalhos de Overbeck *et al.* (2007) e Fidelis (2010) ressaltam que o fogo pode ser uma ferramenta de manejo eficaz para a manutenção dos Campos Sulinos e diferenciam seus efeitos daqueles do pastejo, uma vez que selecionam espécies com atributos específicos e distintos. No entanto, há a necessidade de se estabelecer experimentos em campo para que pelo menos diretrizes gerais quanto ao uso adequado do fogo sejam estabelecidas.

## Referências bibliográficas

- Appezato-da-Glória, B. 2003. **Morfologia de sistemas subterrâneos: histórico e evolução do conhecimento no Brasil.** A.S. Pinto.
- Appezato-da-Glória, B. & Estelita, M.F.M. 2000. The development anatomy of the subterranean system in *Mandevilla illustris* (Vell.) Woodson and *M. velutina* (Mart. ex Stadelm.) Woodson (Apocynaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, 23: 27-35.



- Appezato-da-Glória, B.; Hayashi, A.H.; Cury, G.; Soares, M.K.M. & Rocha, R. 2008. Underground systems of Asteraceae species from the Cerrado. **The Journal of the Torrey Botanical Society**, 135: 103-113.
- Auld, T.D. & Denham, A.J. 2006. How much seed remains in the soil after a fire? **Plant Ecology**, 187: 15-24.
- Auld, T. D. & O'Connell, M.A. 1991. Predicting patterns of post-fire germination in 35 eastern Australian Fabaceae. **Australian Journal of Ecology**, 16: 53-70.
- Balée, W. 1993. Indigenous transformation of Amazonian forests: an example from Maranhão, Brazil. **L'Homme** 33: 231-254.
- Behling, H. 1995. A high resolution Holocene pollen record from Lago do Pires, SE Brazil: vegetation, climate and fire history. **Journal of Paleolimnology**, 14: 253-268.
- Behling, H. 1997. Late Quaternary vegetation, climate and fire history of the Araucaria forest and campos region from Serra Campos Gerais, Paraná State (South Brazil). **Review of Palaeobotany and Palynology**, 97: 109 - 121.
- Behling, H. 1998. Late Quaternary vegetational and climatic changes in Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology**, 99: 143 - 156.
- Behling, H. 2002. South and southeast Brazilian grasslands during Late Quaternary times: a synthesis. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 177: 19 - 27.
- Behling, H.; Arz, H.W.; Pätzold, J. & Wefer, G. 2002. Late Quaternary vegetational and climate dynamics in southeastern Brazil, inferences from marine cores GeoB 3229-2 and GeoB 3202-1. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 179: 227 - 243.
- Behling, H.; Pillar, V.D.; Orlóci, L. & Bauermann, S.G. 2004. Late Quaternary *Araucaria* forest, grassland (campos), fire and climate dynamics, studied by high-resolution pollen, charcoal and multivariate analysis of the Cambará do Sul core in southern Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 203: 277-297.
- Behling, H. & Pillar, V.D. 2007. Late quaternary vegetation, biodiversity and fire dynamics on the southern Brazilian highland and their implication for conservation and management of modern *Araucaria* forest and grassland ecosystems. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, 362: 243-251.
- Boldrini, I.B. 1997. Campos no Rio Grande do Sul- Fisionomia e problemática ocupacional. **Boletim do Instituto de Biociências da UFRGS**, 56: 1-39.
- Boldrini, I.I.; Egger, L.; Mentz, L.; Miotto, S.T.S.; Matzenbacher, N.; Longhi-Wagner, H.M.; Trevisan, R.; Schneider, A.A. & Setubal, R.B. 2009. Flora. In: Boldrini, I. I. (ed.). **Biodiversidade dos campos do planalto de araucárias**. MMA.38-94
- Bond, W.J. & van Wilgen, B.W. 1996. **Fire and plants**. Chapman Hall.
- Bond, W.J.; Woodward, F.I. & Midgley, G.F. 2005. The global distribution of ecosystems in a world without fire. **New Phytologist**, 165: 525-538.
- Bowman, D.M.J.S.; Balch, J.K.; Artaxo, P.; Bond, W.J.; Carlson, J.M.; Cochrane, M.A.; D'Antonio, C.M.; DeFries, R.S.; Doyle, J.C.; Harrison, S.P.; Johnston, F.H.; Keeley, J.E.; Krawchuk, M.A.; Kull, C.A.; Marston, J.B.; Moritz, M.A.; Prentice, I.C.; Roos, C.I.; Scott, A.C.; Swetnam, T.W.; van der Werf, G.R. & Pyne, S.J. 2009. Fire in the earth system. **Science**, 324: 481-484.
- Brasil, 1979. Decreto nº 84.017, de 21 de setembro de 1979. Aprova o regulamento dos parques nacionais brasileiros. **Diário Oficial da União**. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1970-1979/D84017.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1970-1979/D84017.htm)> (Acesso em: 03/09/2011).
- Brasil, 1988. Resolução CONAMA nº 11, de 14 de dezembro de 1988. Dispõe sobre as queimadas nas Unidades de Conservação. **Diário Oficial da União**, Seção 1, 11/08/1989: 13661. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=75>> (Acesso em: 03/09/2011).

- Brasil, 1998. Decreto nº 2.661, de 8 de julho de 1998. Regulamenta o parágrafo único do art. 27 da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 (código florestal), mediante o estabelecimento de normas de precaução relativas ao emprego do fogo em práticas agropastoris e florestais, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 9/07/1998. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/D2661.htm#art28](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2661.htm#art28)> (Acesso em 03/09/2011).
- Castro, E.A. & Kauffman, J.B. 1998. Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. **Journal of Tropical Ecology**, 14: 263 - 283.
- Christensen, N.L. 1985. Shrubland fire regimes and their evolutionary consequences, p. 85-100. In: Pickett, S.T. & White, P.S. (eds.) **The ecology of natural disturbance and patch dynamics**, Academic Press.
- Cirne, P. & Miranda, H.S. 2008. Effects of prescribed fires on the survival and release of seeds of *Kielmeyera coriacea* (Spr.) Mart. (Clusiaceae) in savannas of central Brazil. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, 20: 197-204.
- CNN-US 2006. Texas wildfires' death toll now 11. [http://articles.cnn.com/2006-03-14/us/wildfires\\_1\\_forestry-officials-fire-resources-dry-grass?\\_s=PM:US](http://articles.cnn.com/2006-03-14/us/wildfires_1_forestry-officials-fire-resources-dry-grass?_s=PM:US). Acessado em 10/08/2011.
- Cooke, R. 1998. Human settlement of Central America and northernmost South America (14,000-8,000 BP). **Quaternary International**, 49: 177-190.
- Coutinho, L.M. 1980. As Queimadas e seu Papel Ecológico. **Brasil Florestal**, 44: 7-23.
- Coutinho, L.M. 1982. Ecological effects of fire in Brazilian Cerrado. In: Huntley, B. J. & Walker, B. H. (eds). **Ecology of tropical savannas**. Springer Verlag. 273-291
- Coutinho, L.M. 1990. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. In: Goldammer, J.G. (ed.). **Fire in the tropical biota – ecosystem process and global challenges**, p 82-105. Springer-Verlag, Berlin.
- Delitti, W.B.C.; Pausas, J.G. & Burger, D.M. 2001. Belowground biomass seasonal variation in two Neotropical savannas (Brazilian Cerrados) with different fire histories. **Annals of Forest Science**, 58: 713-721.
- Duarte, L.S.; Dos-Santos, M.M.G; Hartz, S.M. & Pillar, V.D. 2006. Role of nurse plants in Araucaria Forest expansion over grassland in south Brazil. **Austral Ecology**, 31: 520-528.
- Dümig, A., Schad, P., Kohok, M., Beyerlein, P., Schwimmer, W. & Kögel-Knabner, I. 2008. A mosaic of nonallophanic Andosols, Umbrisols and Cambisols on rhyodacite in the southern Brazilian highlands. **Geoderma**, 145: 158-173.
- Fidelis, A. 2008. Fire in subtropical grasslands in Southern Brazil: effects on plant strategies and vegetation dynamics. In: **Chair of Vegetation Ecology**, p. 151. Technische Universität München.
- Fidelis, A. 2010. South Brazilian *Campos* grasslands: biodiversity, conservation and the role of disturbance, p 223-239. In: Runas, J. & Dahlgren, T. (eds). **Grassland biodiversity: habitat types, ecological processes and environmental impacts**. Nova Science Publisher.
- Fidelis, A.; Müller, S.C.; Pillar, V.D. & Pfenhauer, J. 2007. Efeito de altas temperaturas na germinação de espécies dos Campos Sulinos. **Revista Brasileira de Biociências**, 5: 354-356.
- Fidelis, A.; Overbeck, G.; Pillar, V.D. & Pfenhauer, J. 2008. Effects of disturbance on population biology of a rosette species *Eryngium horridum* Malme in grasslands in southern Brazil. **Plant Ecology**, 195: 55-67.
- Fidelis, A.; Appezzato-da-Glória, B. & Pfenhauer, J. 2009. A importância da biomassa e das estruturas subterrâneas nos Campos Sulinos, p. 85-97. In: Pillar, V. D.; Müller, S. C.; Castilhos, Z. M. S. & Jacques, A.V.A. (eds.). **Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Ministério do Meio Ambiente.
- Fidelis, A.; Müller, S.C.; Pillar, V.D. & Pfenhauer, J. 2010a. Population biology and regeneration of forbs and shrubs after fire in Brazilian *Campos* grasslands. **Plant Ecology**, 211: 107-116.
- Fidelis, A.; Delgado-Cartay, M.D.; Blanco, C.C.; Müller, S.C; Pillar, V.D. & Pfenhauer, J. 2010b. Fire intensity and severity in Brazilian *Campos* grasslands. **Interciência**, 35: 739-745.
- Fiedel, S.J. 1992. **Prehistory of the Americas**. 2 ed. Cambridge University Press.

- Fiedler, N.C.; Melo, D.A. & Medeiros, M.B. 2006. Ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. **Ciência Florestal**, 16: 153-161.
- França, H. 2010. **Os incêndios de 2010 nos parques nacionais do cerrado**. Disponível em: [http://www.ufabc.edu.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4109:professora-da-ufabc-mapeia-queimadas-em-unidades-de-conservacao-do-cerrado&catid=587:2010&Itemid=183](http://www.ufabc.edu.br/index.php?option=com_content&view=article&id=4109:professora-da-ufabc-mapeia-queimadas-em-unidades-de-conservacao-do-cerrado&catid=587:2010&Itemid=183)
- Gignoux, J.; Clobert, J. & Menaut, J.C. 1997. Alternative fire resistance strategies in savanna trees. **Oecologia**, 110: 576 - 583.
- Godoy, M.O. 1963. Antique forest, and primitive and civilized men at Pirassununga County, São Paulo State, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 35: 83-101.
- Gottsberger, G. & Silberbauer-Gottsberger, I. 2006. **Life in the Cerrado: a south American tropical seasonal ecosystem**. Reta Verlag.
- Gross, D. R.; Eiten, G.; Flowers, N.M.; Leoi, F.M.; Ritter, M.L. & Werner, D.W. 1979 Ecology and acculturation among native peoples of Central Brazil. **Science** 206: 1043-1050.
- Guidon, N. & Delibrias, G. 1986. Carbon 14 dates point to man in Americas 32000 years ago. **Nature**, 321: 769-771.
- Hanes, T.L. 1971. Succession after fire in the chaparral of Southern California. **Ecological Monographs**, 41: 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**, 22: 78-87.
- Hoffmann, W.A. 1996. The effects of fire and cover on seedling establishment in a neotropical savanna. **Journal of Ecology**, 84: 383-393.
- Huston, M.A. 2004. Management strategies for plant invasions: manipulating productivity, disturbance, and competition. **Diversity and Distributions**, 10: 167-178.
- IBGE s/d. **Biomass brasileiros**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/mapas>. (Acesso 03/09/2011)
- Jacques, A.V.A. 2003. A queima das pastagens naturais - efeitos sobre o solo e a vegetação. **Ciência Rural**, 33: 177-181.
- Jeske-Pieruschka, V.; Fidelis, A.; Bergamin, R.S.; Vélez, E. & Behling, H. 2010. *Araucaria* forest dynamics in relation to fire frequency in southern Brazil based on fossil and modern pollen data. **Review of Palaeobotany and Palynology**, 160: 53-65.
- Kauffman, J.B.; Cummings, D.L. & Ward, D.E. 1994. Relationships of fire, biomass and nutrient dynamics along a vegetation gradient in the Brazilian cerrado. **Journal of Ecology**, 82: 519 - 531.
- Keeley, J.E. & Rundel, P.W. 2005. Fire and the Miocene expansion of C4 grasslands. **Ecology Letters**, 8: 683-690.
- Knox, K.J.E. & Clarke, P.J. 2006. Fire season and intensity affect shrub recruitment in temperate sclerophyllous woodlands. **Oecologia**, 149: 730-739.
- Laterra, P. & Solbrig, O.T. 2001. Dispersal strategies, spatial heterogeneity and colonization success in fire-managed grasslands. **Ecological Modelling**, 139: 17-29.
- Ledru, M.P. 2002. Late Quaternary history and evolution of the cerrados as revealed by palynological records. Pages 33-50 In: Oliveira, P.S. & Marquis, R.J. (eds). **The cerrados of Brazil – ecology and natural history of a neotropical savanna**. Columbia University Press.
- Lindman, C.A.M. 1906. **A vegetação do Rio Grande do Sul**. Universal.
- Lloret, F. 1998. Fire, canopy cover and seedling dynamics in Mediterranean shrubland of northeastern Spain. **Journal of Vegetation Science**, 9: 417-430.
- Los Angeles Times 2009. **Australia wildfires' death toll rises to 130** <http://articles.latimes.com/2009/feb/09/world/fg-australia-fire9>. (Acesso em 10/8/2011).

- Marcos, E.; Tárrega, R. & Luis-Calabuig, E. 2004. Interactions between mediterranean shrub species eight years after experimental fire. **Plant Ecology**, 170: 235 - 241.
- Maybury-Lewis, D. 1984. **A sociedade Xavante**. Francisco Alves.
- Medeiros, M.B. & Fiedler, N.C. 2004. Incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra: desafios para a conservação da biodiversidade. **Ciência Florestal**, 14: 157-168.
- Miranda, H.S.; Bustamante, M.M.C. & Miranda, A.C. 2002. The fire factor, 51-68. In: Olivera, P.S. & Marquis, R.J. (eds). **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. Columbia University Press.
- Miranda, H.S.; Sato, M.N.; Neto, W.N.; Aires, F.S. 2009. Fires in the Cerrado, the brazilian savanna, 427-450. In: Cochrane, M.A. (ed). **Tropical fire ecology: climate change, land use and ecosystem dynamics**. Springer-Praxis.
- Mistry, J.; Berardi, A.; Andrade, V.; Krahô, T.; Krahô, P. & Leonardos, O. 2005. Indigenous fire management in the Cerrado of Brazil: the case of the Krahô of Tocantíns. **Human Ecology**, 33: 356-86.
- Moreira, A.G. 2000. Effects of fire protection on savanna structure in Central Brazil. **Journal of Biogeography**, 27: 1021 - 1029.
- Morgan, J.W. 1999. Defining grassland fire events and the response of perennial plants to annual fire in temperate grasslands os south-eastern Australia. **Plant Ecology**, 144: 127-144.
- Müller, S.C. 2005. **Padrões de espécies e tipos funcionais de plantas lenhosas em bordas de floresta e campo sob influência do fogo**. Tese (Doutorado em Ecologia). 134 p. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Munhoz, C.B.R. & Felfili, J.M. 2007. Reproductive phenology of an herbaceous-subshrub layer of a Savannah (Campo Sujo) in the cerrado biosphere reserve I, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 67: 631-637.
- Naveh, Z. 1975. The evolutionary significance of fire in the Mediterranean region. **Vegetation**, 29: 199-208.
- Oliveira, J.M. & Pillar, V.D. 2004. Vegetation dynamics on mosaics of Campos and Araucaria forest between 1974 and 1999 in Southern Brazil. **Community Ecology**, 5: 197-202.
- Overbeck, G.E.; Müller, S.C.; Pillar, V.D. & Pfadenhauer, J. 2005. Fine-scale post-fire dynamics in southern Brazilian subtropical grassland. **Journal of Vegetation Science**, 16: 655-664.
- Overbeck, G.E.; Müller, S.C.; Pillar, V.D. & Pfadenhauer, J. 2006. No heat-stimulated germination found in herbaceous species from burned subtropical grassland. **Plant Ecology**, 184: 237-243.
- Overbeck, G.E.; Müller, S.C.; Fidelis, A.; Pfadenhauer, J.; Pillar, V.D.; Blanco, C.; Boldrini, I.I.; Both, R. & Forneck, E.D. 2007. Brazil's neglected biome: the Southern Campos. **Perspectives in Plant Ecology and Systematics**, 9: 101-116.
- Pausas, J.G. & Keeley, J.E. 2009. A burning story: the role of fire in the history of life. **BioScience**, 59: 593-601.
- Pessenda, L.C.R.; Boulet, R.; Aravena, R.; Rosolen, V.; Gouveia, S.E.M.; Ribeiro, A.S. & Lamotte, M. 2001. Origin and dynamics of soil organic matter and vegetation changes during the Holocene in a forest-savanna transition zone, southern Amazon state, Brazilian Amazon region. **The Holocene**, 11: 250-54.
- Pessenda, L.C.R.; Gouveia, S.E.M.; Aravena, R.; Boulet, R. & Valencia, E.P.E. 2004. Holocene fire and vegetation changes in southeastern Brazil as deduced from fossil charcoal and soil carbon isotopes. **Quaternary International**, 114: 35-43.
- Pessenda, L.C.R.; Ledru, M.P.; Gouveia, S.E.M.; Aravena, R.; Ribeiro, A.S.; Bendassolli, J.A. & Boulet, R. 2005. Holocene palaeoenvironmental reconstruction in northeastern Brazil inferred from pollen, charcoal and carbon isotope records. **The Holocene**, 15: 814-822.
- Pillar, V.P.; Müller, S.C.; Castilhos, Z.M.S.; Jacques, A.V.A. (eds.) 2009. Campos Sulinos - Conservação e uso sustentável da biodiversidade. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.

- Pillar, V.D. & Vélez, E. 2010. Extinção dos Campos Sulinos em unidades de conservação: um fenômeno natural ou um problema ético? **Natureza e Conservação**, 8(1): 1-5.
- Pivello, V.R. 1992. **An expert system for the use of prescribed fires in the management of brazilian savannas**. Tese (PhD in Ecology). 238 p. Imperial College of Science, Technology and Medicine, University of London.
- Pivello, V.R. & Coutinho, L.M. 1992. Transfer of macro-nutrients to the atmosphere during experimental burnings in an open cerrado (Brazilian savanna). **Journal of Tropical Ecology**, 8: 487-497.
- Pivello, V.R. & Norton, G.A. 1996. FIRETOOL: An expert system for the use of prescribed fires in Brazilian savannas. **Journal of Applied Ecology**, 33: 348-356.
- Pivello, V.R. 2006a. Fire management for biological conservation in the Brazilian Cerrado, p 129-154 In: Mistry, J. & Berardi, A. **Savannas and dry forests – linking people with nature**. Ashgate, Hants.
- Pivello, V.R. 2006b. Manejo de fragmentos de cerrado: princípios para a conservação da biodiversidade, 402-413. In: Scariot, A.; Sousa Silva, J.C. & Felfili, J.M (eds). Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação. Ministério do Meio Ambiente.
- Pivello, V.R. 2011. The use of fire in Brazil: past and present. **Fire Ecology**, 7: 24-39.
- Posey, D.A. 1985. Indigenous management of tropical Forest ecosystems: the case of the kayapó indians of the Brazilian Amazon. **Agroforestry Systems**, 3: 139-158.
- Power, M.J.; Marlon, J.; Ortiz, N.; Bartlein, P.J.; Harrison, S.P.; Mayle, F.E.; Ballouche, A.; Bradshaw, R.H.; Carcaille, C.; Cordova, C.; Mooney, S.; Moreno, P.; Prentice, I.C.; Thonicke, K.; Tinner, W.; Whitlock, C.; Zhang, Y.; Zhao, Y.; Ali, A.A.; Anderson, R.S.; Beer, R.; Behling, H.; Briles, C.; Brown, K.J.; Brunelle, A.; Bush, M.; Camill, P.; Chu, G.Q.; Clark, J.; Colombaroli, D.; Connor, S.; Daniau, A.L.; Daniels, M.; Dodson, J.; Doughty, E.; Edwards, M.E.; Finsinger, W.; Foster, D.; Frechette, J.; Gaillard, M.J.; Gavin, D.G.; Gobet, E.; Haberle, S.; Hallett, D.J.; Higuera, P.E.; Hope, G.; Horn, S.; Inoue, J.; Kaltenrieder, P.; Kennedy, L.; Kong, Z.C.; Larsen, C.; Long, C.J.; Lynch, J.; Lynch, E.A.; McGlone, M.; Meeks, S.; Mensing, S.; Meyer, G.; Minckley, T.; Mohr, J.; Nelson, D.M.; New, J.; Newnham, R.; Noti, R.; Oswald, W.; Pierce, J.; Richard, P.J.H.; Rowe, C.; Goni, M.F.S.; Shuman, B.N.; Takahara, H.; Toney, J.; Turney, C.; Urrego-Sanchez, D.H.; Umbanhowar, C.; Vandergoes, M.; Vanniére, B.; Vescovi, E.; Walsh, M.; Wang, X.; Williams, N.; Wilmshurst, J. & Zhang, J.H. 2008. Changes in fire regimes since the Last Glacial Maximum: an assessment based on a global synthesis and analysis of charcoal data **Climate Dynamics**, 30: 887-907.
- Prous, A. 1992. **Arqueologia brasileira**. Ed. Universidade de Brasília.
- Rambo, B. 1953. História da flora do Planalto Riograndense. **Anais Botânicos do Herbário Barbosa Rodrigues**, 5: 185 - 232.
- Ramos-Neto, M. B. & Pivello, V.R. 2000. Lightning fires in a Brazilian savanna national park: rethinking management strategies. **Environmental Management**, 26: 675 - 684.
- Ramsay, P.M. & Oxley, E.R.B. 1996. Fire temperatures and postfire plant community dynamics in Ecuadorian grass páramo. **Vegetatio**, 124: 129-144.
- Rice, S.K. 1993. Vegetation establishment in post-fire *Adenostoma* chaparral in relation to fine-scale pattern in fire intensity and soil nutrients. **Journal of Vegetation Science**, 4: 115-124.
- Rizzini, C.T. 1965. Estudos experimentais sobre o xilopódio e outros órgãos tuberosos de plantas do cerrado. **Anais da Academia brasileira de Ciências**, 37: 87-113.
- Rizzini, C.T. & Heringer, E.P. 1961. Underground organs of plants from some southern Brazilian savannas, with special reference to the xylopodium. **Oiton**, 17: 105-124.
- Rizzini, C.T. & Heringer, E.P. 1962. Studies on the underground organs of trees and shrubs from some southern Brazilian savannas. **Anais da Academia brasileira de Ciências**, 34: 235-247.
- Ruhf, R.J. s/d. The 1988 Forest Fires of Yellowstone National Park. Disponível em: <http://www.x98ruh.net/yellowstone/fire.htm>. (Acesso em 10/8/2011).



- Salgado-Labouriau, M. L. & Ferraz-Vicentini, K.R. 1994. Fire in the Cerrado 32,000 years ago. **Current Research in the Pleistocene**, 11: 85-87.
- Salgado-Labouriau, M.L.; Barberi, M.B; Ferraz-Vicentini, K.R. & Parizzi, M.G. 1998. A dry climatic event during the late Quaternary of tropical Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology**, 99: 115 - 129.
- Schmidt, I.B.; Figueiredo, I.B. & Scariot, A. 2007. Ethnobotany and effects of harvesting on the population ecology of *Syngonanthus nitens* (Bong.) Ruhland (Eriocaulaceae), a NTFP from Jalapão Region, Central Brazil. **Economic Botany**, 61: 73-85.
- Silva, F.A. 2009. A etnoarqueologia na Amazônia: contribuições e perspectivas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Humanas**, 4: 27-37.
- Simon, M.F., Grether, R., 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 Science**, 106: 20.359-20.364.
- Stokes, K.E.; Allchin, A.E.; Bullock, J.M. & Watkinson, A.R. 2004. Population responses of *Ulex* shrubs to fire in a lowland heath community. **Journal of Vegetation Science**, 15: 505 - 514.
- Trollope, W.S.W. 1982. Ecological effects of fire in South African savannas. In eds. B. J. Huntley & B. H. Walker. **Ecology of tropical savannas**. Springer-Verlag. Pp.293-306.
- Tyler, C.M. 1995. Factors contributing to postfire seedling establishment in chaparral: direct and indirect effects of fire. **Journal of Ecology**, 83: 1009-1020.
- Walter, B.M.T. & Ribeiro, J.F. 2010. Diversidade fitofisionômica e o papel do fogo no bioma Cerrado, p. 59-76. In: Miranda, H.S. (org.) **Efeitos do regime do fogo sobre a estrutura de comunidades de cerrado: resultados do Projeto Fogo**. IBAMA.
- Warming, E. 1908. Lagoa Santa - **Contribuição para a geographia phytobiologica**. Reproduzido em: Warming, E. & Ferri, M.G. 1973. **Lagoa Santa e a vegetação de cerrados brasileiros**. EDUSP.
- Whelan, R.J. 1995. **The ecology of fire**. Cambridge University Press.
- Wroblewski, D.W. & Kauffman, J.B. 2003. Initial effects of prescribed fire on morphology, abundance, and phenology of forbs in big sagebrush communities in southeastern Oregon. **Restoration Ecology**, 11: 82-90.