



Heterogeneidade de Ecossistemas, Modelos de Desequilíbrio e Distúrbios

Marcelo Brilhante de Medeiros¹ & Nilton Cesar Fiedler²

Recebido em 21/3/2011 – Aceito em 27/4/2011

RESUMO – A concepção de que os ecossistemas são homogêneos no espaço e no tempo e que, por isso, deveriam ser isolados de qualquer mudança, foi uma das principais razões para a exclusão total do fogo em áreas protegidas com ecossistemas propensos a esse elemento em vários países, há algumas décadas. Nessa concepção, os distúrbios naturais não eram e, em alguns casos, ainda não são bem compreendidos ou aceitos na gestão de áreas protegidas. Atualmente, o paradigma da heterogeneidade adotado na ecologia tem requerido o papel do fogo como fator que influencia as variações no espaço e no tempo, na busca por condições que seriam “naturais” em alguns ecossistemas, como as savanas. A frequência de fogo em áreas protegidas no Brasil tem sido elevada e, portanto, estressante, considerando que essa perturbação traz vários impactos negativos para a biota. Da mesma forma, em ecossistemas naturalmente não propensos ao fogo, como as formações florestais, a ocorrência desse elemento é extremamente negativa para a conservação biológica. Por outro lado, a exclusão total do fogo pode diminuir a heterogeneidade da vegetação, como observado em formações campestres e savânicas. A implantação do manejo de fogo em uma área protegida, com ecossistemas naturalmente propensos, deve ser baseada fundamentalmente em pesquisas de monitoramento sobre os efeitos do fogo na biota local e ter como fundamento básico a exclusão de incêndios sem controle. Regras gerais de regime de fogo não podem ser aplicadas para as áreas protegidas com ecossistemas propensos porque as diferentes fitofisionomias, o histórico de cada área, o grau de antropização do entorno, a ocorrência de espécies invasoras e exóticas, os padrões de conectividade dos fragmentos e a fauna associada podem influenciar fortemente os resultados do manejo do fogo. Além disso, as áreas protegidas com forte processo de insularização, circundadas por áreas urbanas, estradas, pastagens e grandes monoculturas, tornam o manejo do fogo para conservação biológica um desafio ainda mais difícil, considerando que as queimadas para manejo podem resultar em impactos negativos devido às interações com outros impactos antrópicos, demandando um elevado esforço de monitoramento.

Palavras-chave: biodiversidade; distúrbio; ecologia de ecossistemas; regime de fogo.

ABSTRACT – In the past the ecosystem concept as homogeneous units was probably the main reason for fire exclusion in fire prone environments of protected areas through the world. This concept excludes the patterns of natural disturbances what were not understood and still are not understood for management of protected areas. The new paradigm of heterogeneity for ecosystem ecology has required the role of fire as a factor for spatial and time heterogeneity. This new paradigm would be a search for natural conditions in fire prone ecosystems such as savannas. However the fire frequency has been high in Brazil's protected areas. Therefore, this kind of disturbance has many negative effects for biological conservation. In addition, fire sensitive ecosystems such as forests could experience fire as an extremely negative impact for biological conservation. On the other hand fire exclusion could reduce vegetation heterogeneity and it has been observed in grasslands and savannas. Fire management in fire prone ecosystems inside protected areas should be prescribed after long term monitoring research of fire effects on biodiversity and ecological process. General rules for fire regimes should not be prescribed in fire prone ecosystems since historical data, degree of human impacts, invasive and exotic species, connective patterns of fragments and fauna could influence the fire management results. The protected areas with biogeography island effects and near roads, cities and intensive agriculture should experience fire management as a more complex challenge since the burnings could have synergistic effects with human impacts.

Key-words: biodiversity; disturbance; ecosystems ecology; fire regime.

¹ Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Prédio da Botânica e Ecologia, Pq. Estação Biológica s/nº, Av. W5 Norte Final, Brasília-DF, Brasil, CEP 70770-917. E-mail: medeiros@cenargen.embrapa.br

² Universidade Federal do Espírito Santo, Dep. de Engenharia Florestal, Alto Univ., Alegre-ES, Brasil, CEP 29500-000. E-mail: fiedler@pq.cnpq.br



Introdução

O fogo é um elemento que promove mudanças na natureza. Essas mudanças geralmente são relacionadas com uma série de impactos negativos para a conservação biológica, mesmo quando ocorrem em ecossistemas adaptados ao fogo (Whelan 1995, Miranda *et al.* 2002, Andersen *et al.* 2005, Wilgen 2009). Porém, como fonte de distúrbio, nem sempre as mudanças promovidas pelo fogo são negativas (Wilgen 2009, Ekblom & Gilson 2010).

A política de manejo de fogo em áreas protegidas de vários países tem sofrido várias mudanças ao longo do tempo, com a crescente compreensão dos fundamentos ecológicos e sobre o papel dos distúrbios para a conservação biológica. Essas mudanças têm decorrido, muitas vezes, do aprendizado com erros cometidos no passado, onde o fogo era sempre visto como elemento destrutivo, mesmo em ecossistemas adaptados a esse elemento (Christensen *et al.* 1989, Glitzenstein *et al.* 1995, Whelan 1995, Wilgen 2009, Ekblom & Gilson 2010).

Há algumas décadas, a ocorrência do fogo em áreas protegidas era sempre associada como uma ameaça à “homogeneidade, à previsibilidade e ao equilíbrio dos sistemas”, os quais, de fato, não existem (Gunderson 2000, O’Neill 2001). Essa noção de ecossistemas pode ser remanescente de uma visão mítica da natureza, talvez como resquício de uma época em que áreas protegidas eram criadas apenas com a função de proteger belezas cênicas e lugares de recreação (Christensen *et al.* 1989, Glitzenstein *et al.* 1995).

A idéia de que os ecossistemas são homogêneos no espaço e no tempo e que, por isso, deveriam ser isolados de qualquer mudança, fundamentou por muito tempo e ainda fundamenta políticas de exclusão total do fogo em áreas protegidas com ecossistemas propensos a esse elemento. Talvez uma parte desse problema também tenha sido fundamentada pelos primeiros conceitos de ecossistemas, quando foram caracterizados como unidades espaciais específicas (fechadas), homogêneas e estáveis (Forbes 1925, Odum 1953, Holling 1973). Com a revisão e atualização do conceito, os ecossistemas também são vistos como em desequilíbrio, abertos, com elevada heterogeneidade espacial e temporal (O’Neill 2001, Wilgen 2009, Ekblom & Gilson 2010). Nas últimas décadas, o manejo de fogo em áreas protegidas e propensas a esse elemento foi direcionado para a manutenção da biodiversidade e dos processos ecológicos, apesar das incertezas ainda decorrentes das respostas dos ecossistemas a distúrbios complexos como o fogo (Christensen *et al.* 1989, Glitzenstein *et al.* 1995, Meffe & Carrol 1995, Andersen *et al.* 2005, Conedera *et al.* 2009, Wilgen 2009, Ekblom & Gilson 2010).

Heterogeneidade de ecossistemas e os modelos de equilíbrio e desequilíbrio

As savanas constituem ecossistemas onde essa revisão de conceitos se aplica e tem implicações importantes para o manejo e a conservação da biodiversidade. Nesse caso, são ecossistemas caracterizados pela coexistência marcante de duas formas de vida vegetal: herbáceas e lenhosas. O termo savana caracteriza os ecossistemas com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato herbáceo, sem a formação de um dossel arbóreo contínuo, ocorrendo em regiões onde o clima apresenta períodos de seca e chuva marcadamente estacionais. São outros determinantes das savanas as características físico-químicas do solo, o fogo, a profundidade do lençol freático e as atividades antrópicas como criação de gado e agricultura (Ribeiro & Walter 2008). Os mecanismos que permitem a coexistência dos estratos de herbáceas e lenhosas são centrais para entender a ecologia de savanas. Essa coexistência é geralmente explicada por modelos de equilíbrio e desequilíbrio. Nos modelos de equilíbrio a coexistência é possível pela separação de nichos de absorção de água e nutrientes. Por outro lado, os modelos de desequilíbrio propõem que as interações entre histórias de vida (capacidade de rebrota, sobrevivência e mortalidade pós-fogo) e a ocorrência de distúrbios podem explicar essa coexistência. Esses últimos modelos são importantes em savanas com maiores padrões de precipitação (savanas “instáveis”), onde a umidade é suficiente

para permitir o maior fechamento do dossel, mas esse é impedido pelo fogo e/ou pela herbivoria (Wilgen 2009, Ekblom & Gilson 2010). A adoção do paradigma da heterogeneidade na ecologia de savanas, com a variabilidade como conceito central, tem requerido o papel do fogo como fator que influencia essas variações no espaço e no tempo, na busca por condições que seriam “naturais” (Wilgen 2009).

Dessa forma, essas mudanças na conceituação de ecossistemas fundamentaram mais recentemente o manejo das áreas protegidas, considerando os distúrbios naturais como partes integrantes da dinâmica dos sistemas (Andersen *et al.* 2005, Wilgen 2009, Conedera *et al.* 2009).

O fogo como distúrbio “natural” e antrópico

Os distúrbios, como o fogo, são fontes principais para as mudanças no ambiente natural. São eventos relativamente rápidos que causam rupturas nas comunidades, espécies, populações e disponibilidade de recursos. Os distúrbios alteram a estrutura da vegetação e relações de competição nas comunidades, permitindo a entrada de novas espécies. A alteração dos habitats cria as condições necessárias para a manutenção da biodiversidade. Como os distúrbios ocorrem esporadicamente no espaço e no tempo, as comunidades e espécies podem diferir nas capacidades de resistência e recuperação (Peck 1998).

Os mosaicos de vegetação da região Sul, onde ocorrem a Floresta de Araucária e os Campos, configuram uma situação onde o conceito do fogo como elemento “natural” demanda maior complexidade de definições. A definição do “fogo natural” e a compreensão de suas consequências nos ecossistemas são também importantes para a definição de políticas de manejo de fogo. A ocorrência do fogo em ecossistemas propensos a esse distúrbio é considerada natural em determinados regimes (padrões de frequência, intensidade e época de ocorrência). Um regime de fogo “não natural” pode interferir negativamente sobre a biota, modificando os processos evolutivos mantidos sob diferentes condições de fogo (Whelan 1995). Assim, o fogo causado por raios é considerado muitas vezes como uma queima natural (Booyesen & Tainton 1984, Christensen 1992, Whelan 1995, Middleton *et al.* 1997, Ramos-Neto & Pivello 2000). Porém, os ecossistemas propensos ao fogo, como o Cerrado do Brasil Central e os Campos sulinos, têm sido derivados ou mantidos por atividades humanas passadas e presentes.

No Cerrado brasileiro, por exemplo, a ocorrência de fogo também é um fenômeno antigo, o que é evidenciado pela existência de amostras de carvão datados entre 27100 a 41700 anos antes do presente (AP) (Vicentini 1993). Há também evidências de manejo de fogo por índios antecessores das tradições Itaparica e Serranópolis, entre 12000 e 3000 anos atrás. O Planalto Central já era ocupado desde 11000 anos atrás por uma população humana composta de caçadores e coletores, com uma cultura fortemente adaptada às novas condições ambientais das áreas abertas pós-era glacial (Barbosa & Schmitz 2008). Nesse período havia a prática de agricultura itinerante e de caçadas coletivas com uso do fogo, como ainda ocorre atualmente em alguns agrupamentos indígenas, com uma frequência aproximada entre cinco e dez anos (Eiten 1972), com queimadas de baixa ou média intensidade já que ocorriam no início e meio da estação seca (Dias 1998). Esse período, anterior à chegada dos europeus, pode ser uma referência de regime histórico que formatou os processos evolutivos de adaptação ao fogo no Cerrado pelos seguintes motivos: a chegada dos europeus com os sistemas de renovação de pastagem com uso do fogo para criação de gado é relativamente recente para o desenvolvimento de mecanismos de adaptação ao aumento da frequência de fogo; e, antes de 10000 anos, o clima era diferente e até mesmo a fauna apresentava outra composição.

Os fatores tradicionalmente classificados como “naturais”, os raios, e os antropogênicos podem interagir nesse processo, e a adoção apenas das queimadas causadas por raios como “naturais” pode excluir ações humanas do passado que explicam os atuais mosaicos de vegetação (Scholes & Archer 1997, Behling & Pillar 2007).



Na concepção das políticas de exclusão de fogo que ainda persistem em algumas áreas protegidas, qualquer alteração/distúrbio que cause heterogeneidade espacial ou temporal pode ser vista como fator negativo. O problema dessa concepção, para a conservação biológica de formações savânicas e campestres no Brasil, reside no fato de que a heterogeneidade espacial e temporal pode ser necessária para a manutenção da estabilidade e biodiversidade dos ecossistemas.

O fogo e os estratos herbáceo e lenhoso

A exclusão total do fogo em ecossistemas propensos a esse elemento pode também reduzir a capacidade de resiliência, ou a quantidade de distúrbio que um sistema pode absorver sem mudar os domínios de estabilidade (Gunderson 2000). Neste sentido, o acúmulo de combustível causado pelas tentativas de exclusão do fogo nesses ecossistemas enfraquece a capacidade de resiliência ao permitir condições favoráveis para incêndios muito intensos e, também, pela redução de diversidade de espécies, como no caso do estrato herbáceo (Peck 1998, Ramos-Neto & Pivello 2000, Gunderson 2000). A exclusão total do fogo pode diminuir a heterogeneidade da vegetação, como observado em formações campestres do bioma Cerrado (Ramos-Neto & Pivello 2000) ou em savanas africanas (Wilgen 2009) e australianas (Andersen *et al.* 2005). Particularmente, as savanas africanas apresentam resiliência a vários regimes de fogo. Experimentos de longa duração demonstraram que os efeitos negativos do fogo na vegetação foram mais acentuados em tratamentos extremos (queimadas muito freqüentes, em períodos úmidos ou em longos períodos de exclusão), e esses efeitos foram mais intensos em locais com maior precipitação, ou seja, em savanas “instáveis” onde os modelos de desequilíbrio seriam mais determinantes para explicar a coexistência de lenhosas e herbáceas (Wilgen 2009). Portanto, tanto a exclusão total do fogo quanto o aumento da freqüência de queimadas por causas antrópicas são alterações nos padrões do regime de distúrbio que deveriam ser evitadas em áreas protegidas com ecossistemas naturalmente propensos.

Outra causa relacionada à suposição equivocada que os ecossistemas são homogêneos e não dinâmicos, e que se relaciona com as políticas de exclusão do fogo em áreas protegidas, se baseia na maior proteção para os elementos lenhosos, como árvores e arbustos, em detrimento de elementos herbáceos, nas formações savânicas e campestres. De fato, a proteção contra o fogo pode levar a um aumento dos elementos lenhosos em todas as fisionomias do Cerrado (Hoffmann & Moreira 2002, Miranda *et al.* 2002), assim como pode promover o aumento da diversidade de árvores e arbustos (Sambuichi 1991). Assim, para manter a diversidade da camada lenhosa, pode-se restringir totalmente a ação do fogo. Porém, esse tipo de manejo exclui o papel do fogo como elemento no processo evolutivo de espécies do Cerrado (Simon *et al.* 2009) e as adaptações da vegetação derivadas desse processo que conferem resistência e resiliência elevadas ao fogo (Miranda *et al.* 2002). Para as plantas, os efeitos positivos do fogo sobre o sucesso reprodutivo (Landim & Hay 1995) e especificamente sobre a dispersão de sementes (Coutinho 1977) e indução de floração (Coutinho 1976) para algumas espécies também já foram relatados. Entre as espécies lenhosas, é comum a capacidade de rebrota pós-fogo através da copa, rizomas, caule, raiz e estruturas subterrâneas (Coutinho 1990). Esses mecanismos de resistência e resiliência ao fogo são particularmente expressivos na camada arbustiva-herbácea do Cerrado (Miranda *et al.* 2002), a qual apresenta riqueza de espécies superior aos componentes arbóreo e arbustivo juntos. Assim, exclusão total do fogo pode ameaçar as comunidades associadas às formações mais abertas que tanto caracterizam o Cerrado. De um total de 12423 espécies, 8017 (64,5%) são herbáceas, enquanto 1870 são espécies arbóreas e 2536 arbustivas (Mendonça *et al.* 2008).

O mesmo padrão de expansão florestal com exclusão do fogo pode ser observado nas florestas de Araucária e formações campestres do Sul do Brasil. Mesmo com a raridade de incêndios de causa natural (raios) na região Sul, a supressão do fogo, em um mosaico de formações vegetais



diferentes, pode favorecer a expansão florestal ao mesmo tempo em que reduz ou elimina as áreas com formações campestres (Behling & Pillar 2007). Nessa região, o fogo de causa antrópica desde o Holoceno certamente mudou a composição florística dos Campos, com o potencial de adaptação que distúrbios nessa escala de tempo devem ter desempenhado para as comunidades e espécies de plantas atuais (Overbeck *et al.* 2005). A exclusão do fogo, seja no Cerrado ou nos Campos sulinos, favorece o componente arbóreo-arbustivo e, assim, tende a excluir uma parte considerável da biodiversidade e dos processos ecológicos de uma área protegida.

De modo geral, a frequência de fogo em áreas protegidas no Brasil, e principalmente no Cerrado, é elevada e com maior incidência no final da seca. Esse regime de queima pode ser considerado, portanto, estressante para os ecossistemas do Cerrado, já que essa perturbação traz vários impactos negativos como a diminuição da riqueza de espécies, as elevadas taxas de mortalidade e a redução do sucesso reprodutivo no componente lenhoso (Moreira 1996, Hoffmann 1998, Hoffmann 1999, Miranda *et al.* 2002, Medeiros & Miranda 2005, Medeiros & Miranda 2008). Da mesma forma, em ecossistemas naturalmente não propensos ao fogo, como as formações florestais, a ocorrência desse elemento é extremamente negativa para a conservação biológica (Nepstad *et al.* 1999). Nesses casos, claramente devem ser otimizados os esforços para o controle total das queimadas, sejam em áreas de Cerrado ou na Amazônia.

Conclusões

A implantação do manejo de fogo em uma área protegida, com ecossistemas naturalmente propensos, deve ser baseada fundamentalmente em pesquisas de monitoramento sobre os efeitos do fogo na biota local, ou seja, quais os impactos do fogo em diferentes regimes sobre os diferentes componentes da biota e processos ecológicos, e a análise de padrões históricos de fogo e sua relação com o ambiente atual. Esse tipo de manejo de fogo deve considerar a resposta natural do ecossistema ao regime de fogo proposto; o histórico do regime de fogo na área; os efeitos dos diferentes regimes de fogo sobre a biota e processos ecológicos e a importância do fogo para a biota e para os processos ecológicos (Robbins & Myers 1992, Peck 1998). Portanto, regras gerais de regime de fogo não podem ser aplicadas para as áreas protegidas do Cerrado, por exemplo. O histórico de cada área, o grau de antropização do entorno, a ocorrência de espécies invasoras e exóticas, os padrões de conectividade dos fragmentos e a fauna associada podem influenciar fortemente os resultados do manejo do fogo.

Além disso, o manejo do fogo em áreas protegidas deve também se tornar mais complexo no futuro. As mudanças climáticas irão afetar diretamente e indiretamente os efeitos do fogo; as alterações de CO₂ na atmosfera irão afetar o balanço entre espécies lenhosas e herbáceas e o aumento das populações humanas deve aumentar as fontes de ignição, agravando o problema das queimadas frequentes e mais intensas (Wilgen 2009). As áreas protegidas com forte processo de insularização, circundadas por áreas urbanas, estradas, pastagens e grandes monoculturas, tornam o manejo do fogo para conservação biológica um desafio ainda mais difícil. Nesse caso, as queimadas para manejo podem resultar em impactos negativos devido às interações com outros impactos antrópicos, demandando um elevado esforço de monitoramento.

De qualquer forma, a compreensão do fogo como elemento natural que pode manter a estabilidade e a heterogeneidade dos ecossistemas savânicos e campestres no Brasil já seria suficiente para o fim das políticas de gestão que excluem totalmente o fogo nas áreas protegidas e a adoção de um sistema de manejo adaptativo. Ao mesmo tempo, é necessário excluir ao máximo de todas as áreas protegidas as queimadas frequentes e sem controle de causas antrópicas. Assim, o manejo de fogo deve se basear na compreensão de alguns fundamentos da ecologia, ambos relacionados com as mudanças derivadas dos distúrbios, e seu papel na natureza em escalas espaciais e temporais.



Agradecimentos

Os autores agradecem as valiosas sugestões de Heloísa Sinatora Miranda e Daniel Mascia Vieira ao manuscrito.

Referências bibliográficas

- Andersen, A. N.; Cook, G.D.; Corbett, L.K.; Douglas, M.M.; Eager, R.W.; Russel-Smith, J.; Setterfield, S.A.; Williams, R.J. & Woinarski, J.C.Z. 2005. Fire frequency and biodiversity conservation in Australian tropical savannas: implications from the Kapalga fire experiment. **Austral Ecology**, 30: 155-167.
- Barbosa, A.S. & Schmitz, P.I. 2008. Ocupação Indígena do Cerrado-Esboço de uma história, p. 47-68. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P.; Ribeiro, J.F. (eds.). **Cerrado: Ecologia e Flora**. Embrapa Informação Tecnológica. 406p.
- Behling, H. & Pillar, V. 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 Biological Science**, 362: 243-251.
- Booyesen, P.V & Tainton, N. M. 1984. **Ecological effects of fire in South African ecosystems**. Springer-Verlag. 426p.
- Christensen, N. L. 1992. Fire Regimes and Ecosystem Dynamics. In: Crutzen, P. J. & Goldammer, J. G. (eds.). **Fire in the environment: the ecological, atmospheric and climate importance of vegetation fires**. John Wiley & Sons Ltd. 267p.
- Christensen, N. L.; Agee, J. K.; Brussard, P.F.; Hughes, J.; Knight, D. H.; Minshall, G. H.; Peek, J. M.; Pyne, S. J.; Swanson, F. J.; Thomas, J. W.; Wells, S.; Williams, S. E. & Wright, H. A. 1989. Interpreting the Yellowstone Fires of 1988. Ecosystem Responses and Management Implications. **BioScience**, 39 (10): 678-685.
- Conedera, M.; Tinner, W.; Neff, C.; Meurer, M.; Dickens, A.F. & Krebs, P. 2009. Reconstructing past fire regimes: methods, applications, and relevance to fire management and conservation. **Quaternary Science Reviews**, 28: 555-576.
- Coutinho, L. M. 1976. **Contribuição ao conhecimento do papel ecológico das queimadas na floração de espécies do cerrado**. Tese (Livre Docência). Universidade de São Paulo.
- Coutinho, L. M. 1977. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado. II – As queimadas e a dispersão de sementes de algumas espécies anemocóricas do estrato herbáceo subarbustivo. **Boletim de Botânica da USP**, 5: 57-64.
- Coutinho, L. M. 1990. Fire in the ecology of the Brazilian cerrado, p. 82-105. In: J. G. Goldammer (ed.). **Fire in the tropical biota**. Springer-Verlag. 497p.
- Dias, B. F. S. 1998. **Impactos do fogo sobre a biodiversidade do Cerrado**. Dep. Ecologia. Notas Técnicas da Disciplina Ecologia do Fogo. Universidade de Brasília
- Ekblom, A. & Gilson, L. 2010. Fire history and fire ecology of Northern Kruger and Limpopo National Park, southern Africa. **The Holocene**, 20(7): 1063-1077.
- Eiten, G. 1972. The Cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review**, 38(2): 201-341.
- Forbes, S.A. 1925. Tha Lake as a microcosm. **Bulletin of the Illinois State Natural History Survey**, 15: 537-550.
- Glitzenstein, J. S.; Platt, W. J & Streng, D. R. 1995. Effects of fire regime and habitat on tree dynamics in north Florida longleaf pine savannas. **Ecological Monographs**, 65 (4): 441-476.
- Gunderson, L.H. 2000. Ecological resilience in theory and application. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 31: 425-439.

- Hoffmann, W. A. 1998. Post-burn reproduction of woody plants in a neotropical savanna: the relative importance of sexual and vegetative reproduction. **Journal of Applied Ecology**, 35: 422-433.
- Hoffmann, W. A. 1999. Fire and population dynamics of woody plants in a neotropical savanna: matrix model projections. **Ecology**, 80 (4): 1354-1369.
- Hoffmann, W.A. & Moreira, A.G. 2002. The role of fire in population dynamics of woody plants, p. 159-177. In: Oliveira, P.S.; Marquis, R.J. (eds.). **The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**. Columbia University Press. 398p.
- Holling, C.S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 4: 1-24.
- Landim, M. F. & Hay, J. D. 1995. Impacto do fogo sobre alguns aspectos da biologia reprodutiva de *Kielmeyera coriacea* Mart. **Revista Brasileira de Biologia**, 56 (1): 127-134.
- Medeiros, M.B. & Miranda, H.S. 2005. Mortalidade pós-fogo em espécies lenhosas de campo sujo submetido a três queimadas prescritas anuais. **Acta Botanica Brasilica**, 19(3): 493-500.
- Medeiros, M.B. & Miranda, H.S. 2008. Post-fire resprouting and mortality in cerrado woody plant species. **Edinburgh Journal of Botany**, 65 (1): 1-16.
- Meffe, G. K. & Carroll, C. R. 1995. **Principles of Conservation Biology**. Sinauer Associates. 699p.
- Mendonça, R.C.; Felfili, J.M.; Walter, B.M.T.; Silva-Júnior, M.C.; Rezende, A.V.; Filgueiras, T.S.; Nogueira, P.E. & Fagg, C.W. 2008. Flora vascular do bioma Cerrado. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P.; Ribeiro, J.F. (eds.). **Cerrado: Ecologia e Flora**. Embrapa Informação Tecnológica.
- Middleton, B. A.; Sanchez-Rojas, E.; Suedmeyer, B. & Michels, A. 1997. Fire in a tropical dry forest of Central America: a natural part of the disturbance regime? **Biotropica**, 29(4): 515-517.
- Miranda, H.S.; Bustamante, M.C.M. & Miranda, A.C. 2002. The Fire Factor, p. 51-68. In: Oliveira, P.S.; Marquis, R.J. (eds.). **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. Columbia University Press. 398p.
- Moreira, A.G. 1996. Proteção contra o fogo e seu efeito na distribuição e composição de espécies de cinco fisionomias de cerrado, p. 112-121. In: Miranda, H.S.; Saito, C.H.; Dias, B.F.S. (Eds.). **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. Universidade de Brasília.
- Nepstad, D.C.; Moreira, A.G. & Alencar, A.A. 1999. **Flames in the rain forest: origins, impacts and alternatives to Amazonian fire**. Pilot Program to Conserve the Brazilian Rain Forest. 161p.
- Odum, E.P. 1953. **Fundamentals of ecology**. W.B. Saunders. 546p.
- O'Neill, R.V. 2001. Is it time to bury the ecosystem concept? (with full military honors, of course!). **Ecology**, 82 (12): 3275-3284.
- Overbeck, G.; Muller, S.C.; Pillar, V.D. & Pfadenhauer, J. 2005. Fine-scale post-fire dynamics in southern grassland. **Journal of Vegetation Science**, 16: 655-664.
- Peck, S. 1998. **Planning for biodiversity: issues and examples**. Island Press. 221p.
- Ramos-Neto, M.B. & Pivello, V.R. 2000. Lightning fires in a Brazilian savanna National Park: rethinking management strategies. **Environmental Management**, 26(6): 675-684.
- Robbins, L. E. & Myers, R. L. 1992. **Seasonal effects of prescribed burning in Florida: a review**. Florida: Tall Timbers Research Station. Miscellaneous Publication. n. 8.
- Sambuichi, R. H. R. 1991. **Efeitos de longo prazo do fogo periódico sobre a fitossociologia da camada lenhosa de um cerrado em Brasília, DF**. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Universidade de Brasília.
- Scholes, R. J. & Archer, S. R. 1997. Tree-grass interactions in savannas. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 28: 517-544.



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. **Biological Sciences**, 106.48. p. 20359(6).

Vicentini, K. R. C. F. 1993. **Análise palinológica de uma vereda em Cromínia-GO**. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Universidade de Brasília.

Whelan, R. J. 1995. **The Ecology of fire**. Cambridge University Press. 346p.

Wilgen, B.W. 2009. The evolution of fire management practices in savanna protected areas in South Africa. **South African Journal of Science**, 105: 343-349.