

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line): 1981-0997

v.6, n.3, p.489-494, jul.-set, 2011

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

Protocolo 932 - 07/05/2010 *Aprovado em 31/05/2011

DOI:10.5039/agraria.v6i3a932

Álvaro B. de C. Faria¹

Christopher T. Blum²

Clemência Chitsondo²

Kátia C. Lombardi³

Antonio C. Batista^{2,4}

Efeitos da intensidade da queima controlada sobre o solo e diversidade da vegetação de campo em Irati - PR, Brasil

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de uma queima controlada sobre o solo e vegetação de campo, no *Campus* da Unicentro, Irati, PR. A queima controlada permaneceu em baixos níveis de intensidade ($176,12 \pm 24,49 \text{ kcal m}^{-1} \text{ s}^{-1}$), a velocidade média de propagação do fogo foi de $0,0219 \pm 0,01 \text{ m s}^{-1}$, com o fogo efetivamente sob controle, e com altura média de crestamento de $1,31 \pm 0,42$ metros. O teor de fósforo no solo queimado aumentou quase três vezes ($22,06 \text{ mg dm}^{-3}$) em relação ao solo testemunha ($8,32 \text{ mg dm}^{-3}$). Aparentemente, a ação do fogo não prejudicou o desenvolvimento das plantas, mas há indícios de que a *Cyperus luzulae* (L.) Rottb. ex Retz teve pouca tolerância ao fogo. Conclui-se neste trabalho que: i) a queima controlada na intensidade utilizada diminuiu o teor de matéria orgânica e aumentou a quantidade do fósforo, potássio e sódio no solo; ii) a queima controlada na intensidade utilizada não impediu a germinação de sementes da vegetação estudada; iii) a queima controlada na intensidade utilizada não causou perda de diversidade na vegetação estudada.

Palavras-chave: Ecologia do fogo, impacto ambiental, incêndios florestais, proteção florestal, queima prescrita.

Effects of the intensity of controlled burning on soil and field vegetation diversity in Irati, Paraná, Brazil

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of a controlled burning on the soil and field vegetation, in the *Campus* of Unicentro, Irati, Paraná, Brazil. The controlled burning remained at low intensity levels ($176.12 \pm 24.49 \text{ kcal m}^{-1} \text{ s}^{-1}$), the average fire spread rate was $0.0219 \pm 0.01 \text{ m s}^{-1}$, with the fire effectively under control, and with an average blight height of 1.31 ± 0.42 meters. The phosphorus content in the burnt soil increased almost three times more (22.06 mg dm^{-3}) than the control soil (8.32 mg dm^{-3}). Apparently, the action of the fire did not harm the plants development, though there are indications that *Cyperus luzulae* (L.) Rottb. ex Retz had little tolerance to fire. It was concluded in this work that: i) the controlled burning in the intensity used reduced the organic matter content and increased the amount of phosphorus, potassium and sodium in the soil; ii) the controlled burning in the intensity used did not prevent the germination of the seeds of the studied vegetation; iii) the controlled burning in the intensity used caused no loss of diversity in the vegetation studied.

Key words: Fire ecology, environmental impact, forest fires, forest protection, prescribed burning

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Estrada para Boa Esperança, km 04, CEP 85660-000, Dois Vizinhos-PR, Brasil. Caixa Postal 157. Fone: (46) 3536-8961. E-mail: alvarob@utfpr.edu.br

² Universidade Federal do Paraná (UFPR), Setor de Ciências Agrárias, Centro de Ciências Florestais e da Madeira, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Rua Lothário Meissner, 632, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba-PR, Brasil. Fone: (41) 3360-4230. Fax: Fone: (41) 3360-4231. E-mail: blumct@hotmail.com; cchitsondo@gmail.com; batistaufpr@ufpr.br

³ Universidade Estadual do Centro Oeste (Unicentro), Laboratório de Solos Florestais, PR-153, km 7, CEP 84500-00, Irati-PR, Brasil. Fone: (42) 3421-3090. Fax: (42) 3421-3016. E-mail: klombardi@irati.unicentro.br

⁴ Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

INTRODUÇÃO

Há muito tempo o fogo é utilizado como ferramenta de manejo no campo, na renovação de pastos e na limpeza de áreas que são convertidas para usos agrícolas (Batista & Soares, 2003; Bonfim et al., 2003). Para tanto, há que se empregarem técnicas corretas de queima controlada, principalmente a confecção de aceiros para evitar que o fogo se alastre para áreas indesejadas causando incêndios florestais (Wright & Bailey, 1982; Smith et al., 1997).

Os efeitos do fogo no solo são amplos e diversos (Heringer & Jacques, 2001; Soares & Batista, 2007). Os principais parâmetros que devem ser monitorados são a taxa de propagação do fogo, a intensidade, a energia produzida por área e o tempo de residência. Em queimas controladas, a velocidade de propagação do fogo não deve superar 0,16 m s⁻¹, e a intensidade não deve ser superior a 500 kcal m⁻¹ s⁻¹ (Soares & Batista, 2007). Tais estudos são comuns em outros países, mas ainda incipientes no Brasil (Batista & Biondi, 2009).

O efeito do fogo sobre a germinação do banco de sementes do solo também precisa ser mais bem compreendido, principalmente para elucidar como ocorrem os processos de sucessão ecológica das plantas. Isto porque as espécies podem ser favorecidas (quebra de dormência), ou prejudicadas, dadas as características de cada ecossistema. Heringer & Jacques (2001) mencionam que na vegetação campestre, as gramíneas são o componente da comunidade mais tolerante ao fogo, devido ao contínuo crescimento dos meristemas intercalares e de novos filhotes que crescem protegidos no solo ou na bainha de folhas velhas. No resultado de Melo et al. (2007), ervas e gramíneas tiveram densidade relativa superior na área queimada.

Espécies diferentes respondem diferentemente ao fogo e os fatores que regulam o efeito do fogo nas plantas são a mortalidade causada, a densidade da germinação de uma espécie após a queimada e a dinâmica florística pós-fogo (Whelan, 1995). Neste sentido, o fogo usado para regenerar pastagens pode, dependendo de sua magnitude, alcançar proporções que dificultam seu confinamento. Pesquisas que estabeleçam critérios de queima e que atendam limites físicos para a realidade brasileira poderiam viabilizar a prescrição do fogo, subsidiando políticas de uso com maior responsabilidade técnica.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da intensidade de uma queima controlada sobre as propriedades físico-químicas do solo e sobre a diversidade do banco de sementes em vegetação de campo, no *Campus* da Universidade Estadual do Centro Oeste (Unicentro).

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área: vegetação e clima

O *Campus* da Unicentro está localizado no município de Irati, Paraná, no paralelo 25°27'56" de latitude sul, com interseção com o meridiano 50°37'51" de longitude oeste e a

150 km de Curitiba. Encontra-se na região do Segundo Planalto Paranaense, com clima tipo Cfb segundo a classificação de Köppen, com geadas frequentes no inverno. A área experimental teve 250 m², era plana, apresentava vegetação herbácea rasteira e homogênea, e encontrava-se na borda de uma estrada secundária interna do *Campus*.

Amostragem do material combustível antes da queima controlada

Foram alocadas aleatoriamente sete parcelas de 50x50cm (250 cm²). A parte aérea (verde) das plantas foi levada ao laboratório de Proteção Florestal da Unicentro para a quantificação de material combustível. Após a pesagem, o material verde total foi separado em sub-amostras de aproximadamente 100g para a secagem em estufa (70-80°C por 48 h). Após este período, foram realizadas novas pesagens, determinando o Peso seco da amostra. A partir destas informações, foram determinados o Teor de Umidade e o Peso seco total de cada parcela, que viabilizou a extrapolação dos resultados de material combustível seco da área para o valor em kg m⁻² e t ha⁻¹.

Preparo da área e queima controlada

A vegetação de primavera (novembro/2009) encontrava-se verde e com bastante umidade. Foi feita uma roçada em área total de 25 x 25 metros, deixando-se a palhada no local para secar. Após duas semanas, o material foi enleirado em seis faixas de vinte metros de comprimento. Neste procedimento, foram construídos os aceiros de entorno e os aceiros entre leiras, cada qual com três metros de largura.

A queima foi realizada a favor do vento, com auxílio do pinga fogo para acender o início de cada leira. Em todas as queimas foram avaliadas a altura de crestamento e a velocidade de propagação do fogo em cada leira, por meio da cronometragem do tempo para que o fogo alcançasse o comprimento de 2, 4, 6, 8 e 10 metros de cada uma. A temperatura mínima do dia foi de 22°C e a máxima de 28°C. A queima foi realizada entre as 15:30 e 16:25 horas, sendo que havia perspectiva de chuva no final do dia, para auxiliar o rescaldo.

A intensidade do fogo na queima controlada foi estimada através equação de Byram (1959):

$$I = H.W.R$$

em que: I = intensidade do fogo em kcal m⁻¹ s⁻¹; H = 4.000 kcal kg⁻¹; W = peso do combustível em kg m⁻²; R = velocidade de propagação do fogo em m s⁻¹.

Avaliação físico-química do solo

Cinco amostras de cinco centímetros de profundidade do horizonte superficial do solo foram coletadas antes e 48 h depois da queima controlada. Após sua homogeneização em bandejas, uma amostra composta de cada tratamento seguiu para a análise físico-química no Laboratório de Solos/Unicentro. Foram realizados exames de rotina para pH (CaCl₂), K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Ca²⁺+Mg²⁺, Al³⁺, H⁺+Al³⁺, Na⁺, matéria orgânica (M.O.), P, areia grossa, fina, silte e argila.

Amostragem da regeneração do banco de sementes

Foram coletadas duas amostras de 25 x 25 cm por 5 cm de

profundidade do solo na área queimada e duas amostras no solo roçado e não queimado, a fim de avaliar a germinação das sementes (tratamento e testemunha). Após o acondicionamento em bandejas do tipo “sementeiras”, o material foi colocado na casa de vegetação (temperatura de $19 \pm 1^\circ\text{C}$; irrigação controlada às 9:30 h; 12:30h; 17:00h).

Após 90 dias, o material foi levado para o laboratório de Dendrologia da Universidade Federal do Paraná, no qual as plântulas foram identificadas quanto à espécie e quantidade (Lorenzi, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Parâmetros da queima controlada

O inventário de material combustível realizado antes da queima mostrou que apresentava-se $48,63 \pm 0,03\%$ de umidade, e havia $20,15 \pm 6,80 \text{ t ha}^{-1}$ de combustível (peso seco) na área de estudo, caracterizado pela parte aérea da vegetação. Este material precisou ser roçado para a realização da queima controlada, conforme descrito na metodologia, e apresentava cerca de um metro de altura nestas condições. Vale lembrar que este resultado é muito superior ao mencionado por Danthu et al. (2001), no qual a vegetação herbácea apresentava cerca de uma tonelada por hectare de material combustível.

Com este resultado, foi possível definir o peso do combustível (kg m^{-2}) para o cálculo da intensidade do fogo. O valor utilizado (W) foi o de $2,01454 \text{ kg m}^{-2}$. A intensidade média do fogo foi de $176,12 \pm 24,49 \text{ kcal m}^{-1} \text{ s}^{-1}$, indicando que a queima controlada permaneceu em baixos níveis de intensidade, com o fogo efetivamente sob controle, uma vez que atendeu o pressuposto em Soares & Batista (2007), no qual a intensidade da queima não deve ser superior a $500 \text{ kcal m}^{-1} \text{ s}^{-1}$.

Não se pode esquecer que os valores de intensidade são referentes à queima de vegetação herbácea deixada para secar após uma roçada. Em comparação com as queimas para renovação de pasto por produtores rurais, Jacques (2003) comenta que geralmente a queima é realizada no inverno (período seco), para eliminar o material crestado pelas geadas e para remover o capim rejeitado pelo gado, favorecendo novas brotações foliares. Para a comparação de resultados entre diferentes pesquisas, os estudos brasileiros não podem deixar de considerar a intensidade do fogo na queima controlada.

A velocidade média de propagação do fogo foi de $0,0219 \pm 0,01 \text{ m s}^{-1}$ e a altura de crestamento média foi de $1,31 \pm 0,42$ metros (Tabela 1), demonstrando que a queima permaneceu sob controle, e com valores abaixo dos recomendados por Soares & Batista (2007).

Efeito sobre as propriedades do solo

A maioria das características do solo permaneceu semelhante após a execução da queima controlada (Tabela 2). O solo permaneceu ácido (pH em torno de quatro), e os valores referentes à maioria dos nutrientes permaneceram

Tabela 1. Velocidade e altura de crestamento médios na queima controlada

Table 1. Mean fire spread and height of crown scorch in the controlled burning

Amostra	Velocidade média (m s^{-1})	Altura de crestamento média (m)
1	0,0201	2,02
2	0,0262	1,32
3	0,0184	0,87
4	0,0239	1,16
5	0,0232	1,52
6	0,0193	0,97
Média	0,0219	1,31
Desvio	0,01	0,42

muito próximos entre as amostras. O pequeno acréscimo nos valores de pH, cálcio e magnésio pode ser explicado pelo fato de a queima gerar óxidos, e com isso, neutralizar a acidez e adicionar esses nutrientes ao solo. A acidez trocável (Al^{3+}) foi diminuída pelo aumento do pH, enquanto a acidez potencial do solo ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) diminuiu em função também da redução do teor de matéria orgânica.

Foi verificado o aumento de potássio ($0,372 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e do sódio ($0,284 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) no solo exposto ao fogo, existindo um indicativo de que estes serão aproveitados pelas plantas remanescentes. O potássio é um macronutriente móvel nas plantas, importante na regulação da turgidez da parede celular, e está associado à regulação dos processos de abertura e fechamento dos estômatos foliares (Malavolta, 1980). Quanto ao sódio, o mesmo autor menciona que é tóxico para a maioria das plantas, mas que pode ser um micronutriente benéfico para espécies vegetais C_4 (termo associado às gramíneas e forrageiras, bastante eficientes na fixação do CO_2).

Resultados dos efeitos do fogo sobre os nutrientes variam bastante em função das características de cada queimada e de cada ambiente. Para Viro (1974), o horizonte superficial submetido ao fogo aumentou a quantidade de potássio trocável do solo. No resultado apresentado por Grodzki (2009), o K demonstrou disponibilidade limitada, tendo apresentado valor mais alto um mês após a exposição ao fogo, e tendo retornado a valores médios abaixo do valor inicial. O mesmo autor atribuiu o fato à topografia da área estudada, que poderia ter facilitado a lixiviação do potássio.

O teor de matéria orgânica (MO) no solo submetido à ação do fogo foi reduzido em aproximadamente 14% ($50,25 \text{ g dm}^{-3}$ da testemunha para $43,55 \text{ g dm}^{-3}$). Este valor mostra que o solo é um fator que exige atenção quando da execução da queima controlada, pois propriedades físicas, químicas e biológicas condicionadas à presença de MO são colocadas em risco.

Parte da MO do solo é composta de nitrogênio, portanto, é provável que sua exposição à queima controlada possa ter volatilizado este macronutriente para a atmosfera. Este resultado vai de encontro com o estudo de Soares (1990) apud Soares & Batista (2007), que detectou redução significativa na quantidade total de nitrogênio na camada de serapilheira depois de queimas controladas em povoamentos de pinus no estado de Minas Gerais. Coutinho (1996) apud Grodzki (2009) lembra que 95% do N pertencente à fitomassa

Tabela 2. Resultados da análise das propriedades do solo

Table 2. Results of the soil properties analysis

Amostra	pH		cmol _c /dm ³					
	CaCl ₂	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Na ⁺
Solo (Testemunha)	4,26	0,248	3,45	2,15	5,60	1,05	7,13	0,196
Fogo x Solo	4,35	0,372	3,70	2,70	6,40	0,90	6,21	0,284

Amostra	g dm ⁻³		mg dm ⁻³				
	M.O	P	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
Solo (Testemunha)	50,25	8,32	8,40	4,65	34,15	52,80	
Fogo x Solo	43,55	22,06	10,67	4,64	34,69	50,00	

é volatilizado com a queima, retornando à atmosfera na forma de gases.

Soares & Batista (2007) comentam também que a destruição da matéria orgânica pelos incêndios florestais é função de três fatores: a intensidade do fogo, o grau de incorporação da matéria orgânica no solo e o tipo de vegetação, sendo que as queimadas de baixa intensidade não elevam suficientemente a temperatura abaixo de 2,5 cm do solo para causar perda significativa desta matéria orgânica.

Por outro lado, o solo queimado apresentou quase três vezes mais fósforo (22,06 mg dm⁻³) que o solo da testemunha (8,32 mg dm⁻³), resultado que vai de encontro com o relato de Viro (1974), no qual a queima praticamente dobrou a quantidade de fósforo solúvel daquele estudo. É provável que o fogo tenha liberado este nutriente da vegetação queimada e da MO mineralizada, tendo sido então depositado e incorporado ao solo. Para Soares & Batista (2007), a mineralização dos nutrientes após uma queimada os libera para absorção imediata pelas plantas subsequentes, embora muitos dos elementos solúveis possam ser lixiviados através do perfil do solo ou mesmo levados pelas enxurradas.

Assim, alguma cultura florestal ou agrícola poderia ter sido beneficiada com a liberação do fósforo, caso tivesse sido feito o plantio, qualquer que seja o ciclo de produção. É sabido da alta dependência nutricional do eucalipto por este nutriente (Silveira et al., 2001). Não se pode deixar de alertar, entretanto, que o uso intensivo do fogo controlado, como em culturas anuais, poderia afetar a capacidade de recuperação do solo.

Reitera-se que estes resultados permitiram evidenciar algumas tendências, com base em uma amostra composta para cada tratamento. Para que as afirmações pudessem ser confirmadas a nível probabilístico, haveria a necessidade de estudos com maior número de repetições.

Efeito sobre a vegetação

A análise quantitativa do número de indivíduos nos tratamentos procurou evidenciar as espécies que puderam se

beneficiar do calor da queimada, em processos de quebra de germinação de sementes, ou, a identificação das espécies que foram danificadas pela ação do fogo.

Aparentemente, a ação do fogo não prejudicou o desenvolvimento da *Richardia brasiliensis*, *Echinochloa* sp, *Gnaphalium purpureum*, *Baccharis dracunculifolia*, da *Erechtites hieraciifolius* e de *Cyperus* cf. *meyenianus* (Tabela 3), pois tanto o solo queimado como o não queimado apresentaram plântulas germinadas, em maior ou menor número. A espécie mais frequente (*Duranta vestita*), comumente chamada de baga-de-pomba, apresentou 25 plântulas germinadas no solo não queimado, e 29 no solo queimado.

Faz-se necessária a quantificação da proporção de sobrevivência de plantas adultas entre populações de diferentes espécies vegetais, especialmente em relação aos efeitos de longo prazo do fogo (Whelan, 1995). Para os resultados aqui encontrados, há indícios de que a *Cyperus luzulae*, conhecida como capim-de-botas, teve pouca tolerância ao fogo. Isto porque, muito embora tenham sido contadas 23 plantas nas bandejas do solo testemunha, as amostras do solo queimado não apresentaram indivíduos desta espécie. A sua não ocorrência também pode ter ocorrido em função da baixa amostragem, o que leva a crer a necessidade de repetição de estudos sobre o efeito do fogo para esta espécie.

Também é importante verificar o número de espécies encontradas em cada tratamento, a fim de mostrar provável perda de diversidade da vegetação exposta à ação do fogo. Assim, outras espécies foram pouco frequentes e ocorreram apenas nas bandejas no solo testemunha, a saber, a *Cardamine bonariensis*, a *Physalis angulata* e a *Sonchus oleraceus*. Por outro lado, Plantas de *Oxalis* sp, e *Galinsoga* sp. foram contabilizadas apenas nas bandejas de solo exposto à queimada, mesmo que em baixas frequências.

É provável que as maiores perdas de diversidade de plantas sejam constatadas em áreas queimadas consecutivamente,

Tabela 3. Espécies identificadas na amostragem dos tratamentos**Table 3.** Species identified in the treatments sampling

Família	Espécie	Nº. Indivíduos	
		Solo não queimado	Solo queimado
Poaceae	<i>Echinochloa</i> sp	9	2
Asteraceae	<i>Gnaphalium purpureum</i> L.	12	11
Asteraceae	<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	5	5
Asteraceae	<i>Erechtites hieraciifolius</i> (L.) Raf. ex DC.	1	6
Verbenaceae	<i>Duranta vestita</i> Cham.	25	29
Cyperaceae	<i>Cyperus</i> cf. <i>meyenianus</i> Kunth	1	2
Cyperaceae	<i>Cyperus</i> cf. <i>luzulae</i> (L.) Rottb. ex Retz.	23	0
Brassicaceae	<i>Cardamine bonariensis</i> Pers.	1	0
Solanaceae	<i>Physalis angulata</i> L.	2	0
Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	1	0
Oxalidaceae	<i>Oxalis</i> sp	0	2
Asteraceae	<i>Galinsoga</i> sp	0	1

pois as plantas não teriam tempo hábil para semear o solo com novas sementes (Whelan, 1995). Em linhas gerais, pode-se afirmar que o fogo na intensidade mensurada não causou efeitos expressivos na diversidade da vegetação. Foram contabilizadas nove espécies nas bandejas com solo queimado, e onze espécies no grupo exposto ao fogo. Em valores médios por bandeja, a diferença de 40,5 plantas contabilizadas na testemunha, para 31,5 plantas, provavelmente não caracterizou um efeito deletério da ação do fogo, na diversidade destas plantas herbáceas.

Todavia, é recomendado o desenvolvimento de novos testes que busquem confirmar estes resultados, a partir de maior número de repetições por tratamento. Melo et al. (2007) avaliaram a diversidade de uma área exposta à ação do fogo, e mencionam que na área não atingida a densidade foi de 257 sementes m⁻² e na área queimada, de 97 sementes m⁻². Estes encontraram quarenta espécies na área não queimada e 26 espécies na área queimada.

Os resultados aqui apresentados sugerem que uma queima controlada de baixa intensidade, realizada para limpar a área antes do plantio, não afetaria a capacidade germinativa do banco de sementes do solo. Por isso, atividades de manejo integrado de plantas infestantes deveriam ser conduzidas no sistema, pelo ponto de vista de produção florestal, devido à competição direta de ervas daninhas, que podem comprometer um plantio dada a concorrência por água, luz e nutrientes.

Levando em conta a competição indireta que as ervas daninhas podem ocasionar em um sistema produtivo (alelopatia), é também provável que uma queima controlada não prejudicaria as raízes remanescentes daninhas, e poderia liberar substâncias fitotóxicas no solo, pois o fogo precisaria de um alto período de residência no solo para influenciar

estes processos. Soares & Batista (2007) mencionam que o uso do fogo prescrito para evitar a alelopatia foi apenas recentemente reconhecido como estratégia de manejo de plantas daninhas, uma vez que interfere na atividade microbiana do solo e na mineralização da matéria orgânica de certos ecossistemas.

CONCLUSÕES

A queima controlada na intensidade utilizada diminuiu o teor de matéria orgânica e aumentou a quantidade do fósforo, potássio e sódio no solo.

A queima controlada na intensidade utilizada não impediu a germinação de sementes da vegetação estudada.

A queima controlada na intensidade utilizada não causou perda de diversidade na vegetação estudada.

LITERATURA CITADA

- Batista, A.C.; Biondi, D. Avaliação da inflamabilidade de *Ligustrum lucidum* Aiton (Oleaceae) para uso potencial em cortinas de segurança na região sul do Brasil. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.4, n.4, p.435-439, 2009. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v4i4a11>
- Batista, A.C.; Soares, R.V. Manual de prevenção e combate a incêndios florestais. Curitiba: Fupref, 2003. 50p.
- Bonfim, V. R.; Ribeiro, G. A.; Silva, E.; Braga, G. M. Diagnóstico do uso do fogo no entorno do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB), MG. Revista Árvore, v.27, n.1, p.87-94, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622003000100012>
- Byram, G.M. Combustion of forest fuels. In: Davis, K.P. (Ed.). Forest fire: control and use. New York: Mc Graw Hill, 1959. p.77-84.
- Danthu, P.; Ndongo, M.; Diaou, M.; Thiam, O.; Sarr, A.; Dedhiou, B.; Vall, A.O.M. Impact of bush fire on germination of some West African acacias. Forest Ecology and Management. v.173, n.1-3, p.1-10. 2001. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00822-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00822-2)
- Grodzki, L. Efeitos do fogo na temperatura do solo. In: Soares, R.V.; Batista, A.C.; Nunes, J.R.S. (Eds.). Incêndios florestais no Brasil: o estado da arte. Curitiba: FUPREF, 2009. p.109-132.
- Heringer, I.; Jacques, A.V.A. Adaptação das plantas ao fogo: enfoque na transição floresta-campo. Ciência Rural, v.31, n.6, p.1085-1090, 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782001000600028>
- Jacques, A.V.A. A queima das pastagens naturais – efeitos sobre o solo e a vegetação. Ciência Rural, v.33, n.1, p. 177-181, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782003000100030>
- Lorenzi, H. Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional. 6.ed. Nova Odessa, SP: Plantarum, 2006. 339p.
- Malavolta, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- Melo, A.C.G.; Durigan, G.; Gorenstein, M.R. Efeito do fogo sobre o banco de sementes em faixa de borda de

- Floresta Estacional Semidecidual, SP, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*. v.21, n.4, p.927-934, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062007000400017>
- Silveira, R.L.V.A.; Higashi, E.N.; Sgarbi, F.; Muniz, M.R.A. Seja o doutor do seu eucalipto. *Informações Agronômicas*, n.93, p.1-23, 2001.
- Smith, D.M.; Larson, B.C.; Kelty, M.J.; Ashton, P.M.S. *The practice of silviculture: Applied Forest Ecology*. 9.ed. New York: John Wiley & Sons, 1997. p.195-233.
- Soares, R.V.; Batista, A.C. *Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo*. Curitiba: FUPEF, 2007. 250p.
- Viro, P.J. Effects of forest fire on soil. In: Kozłowski, T.T.D.; Ahlgren, C.E. (Eds.). *Fire and ecosystems*. New York: Academic Press, 1974. 542p.
- Whelan, R.J. *The ecology of fire*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 346p. (Cambridge Studies in Ecology).
- Wright, H.A.; Bailey, A.W. Prescribed burning. In: Wright, H.A.; Bailey, A.W. (Eds.). *Fire ecology: United States and Southern Canada*. New York: John Wiley & Sons, 1982. p.387-447.