

# Zoneamento de risco de incêndios florestais para a fazenda experimental Edgardia – Botucatu (SP), através de sistemas de informações geográficas

Fire risk zoning in forest for the experimental farm Edgardia – Botucatu (SP) using a geographic information system

Donizeti Aparecido Pastori Nicolete<sup>1</sup>  
Célia Regina Lopes Zimback<sup>2</sup>

## Resumo

O presente trabalho teve como objetivo a utilização de Sistemas de Informações Geográficas para a elaboração de mapas das áreas que apresentam riscos de ocorrência de incêndios florestais para a Fazenda Experimental Edgardia da UNESP, *Campus* Botucatu. Foram selecionados cinco fatores de risco para a área de estudo e, utilizando uma técnica de tomada de decisão denominada Processo Hierárquico Analítico, seus respectivos pesos foram determinados, sendo, fator Cobertura e Uso do Solo (peso 0,36), fator Proximidade com Estradas (peso 0,36), fator Declividade (peso 0,15), fator Face de Exposição do Terreno (peso 0,10) e fator Altimetria (peso 0,03). Após a sobreposição dos cinco fatores obteve-se o mapa com as áreas de risco incêndios florestais, onde se observa que 69,24% da área possui risco moderado de incêndios e 21,52% da área possui risco alto, sendo estas as classes mais significativas em termos de área ocupada.

## Palavras-chave

Incêndios florestais  
Proteção florestal  
Zoneamento de risco  
Sistemas de informações geográficas (SIG)

## Abstract

This study mapped areas at forest fire risk in experimental farm Edgardia, Botucatu city, São Paulo State. Using a geographic information system individual risk maps for factors risk land use and cover, proximity of roads, slope, aspect and altimetry were elaborated and through a technique decisions-making called Precess Analytical Hierarchy their respective weights were determined, being 0.36, 0.36, 0.15, 0.10, 0.03 respectively. After the overlay of factors were obtained the zoning of forest fire risk, where observe that 69.24% of area contains moderate risk of fires and 21.52% area possesses high risk, which area classes most significant in terms of area occupied.

## Key words

Forest fires  
Forest protection  
Risk zoning  
Geographic information systems (GIS)

1 Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP *campus* de Botucatu, engenheiro florestal, mestrando em Agronomia (Irrigação e Drenagem). Botucatu, São Paulo, Brasil. dnicolete@gmail.com. Fazenda Experimental Lageado, Rua José Barbosa de Barros, nº1780, Botucatu/SP, CEP 18603-970.

2 Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP *campus* de Botucatu, professor adjunto. Botucatu, São Paulo, Brasil. czimback@gmail.com. Fazenda Experimental Lageado, Rua José Barbosa de Barros, nº1780, Botucatu/SP, CEP 18603-970.

## 1 | Introdução

Nas últimas décadas houve um aumento da preocupação com relação à preservação dos recursos naturais. Isso devido ao intenso avanço das ações antrópicas sobre áreas que apresentam importante papel na conservação da biodiversidade e geração de serviços ambientais. Nesse contexto, os incêndios florestais são considerados um dos grandes responsáveis pela degradação da cobertura florestal (MELO; DURIGAN, 2010), principalmente em ecossistemas muito sensíveis e fragmentos isolados por áreas urbanas e culturas agrícolas (MEDEIROS; FIEDLER, 2004).

Diversas medidas vêm sendo adotadas para auxiliar na prevenção e combate de incêndios florestais, dentre elas, os zoneamentos de áreas de risco têm ganhado destaque. Estes zoneamentos possibilitam visualizar o arranjo espacial das áreas com maior probabilidade de ocorrência de incêndios, facilitando a tomada de decisão quanto à distribuição de recursos e equipamentos destinados à prevenção e supressão do fogo (FERRAZ; VETTORAZZI, 1998; BATISTA, 2000; RIBEIRO et al., 2008).

Segundo Ferraz e Vettorazzi (1998) e Batista (2000) o zoneamento de risco de incêndios florestais pode ser obtido através da sobreposição de vários mapas temáticos que representam os fatores de risco e da interação ponderada entre esses fatores em um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Cada fator então representa um atributo da área que condicionam algum risco para início e propagação do fogo, dentre eles há aqueles referentes às características da vegetação, como a cobertura florestal e o uso do solo por atividades agropecuárias e os inerentes às condições topográficas, como declividade e face de exposição do terreno (SOARES; BATISTA, 2007).

A ponderação entre os fatores é um elemento importante na correta delimitação de áreas de risco. Ferramentas que possibilitem avaliar diversos fatores simultaneamente, atribuir pesos e valores a eles, dando prioridade a diferentes alternativas, facilitam a tomada de decisão. A análise multicriterial é um método de análise por combinação de fatores para resolução de problema, sendo possível identificar as alternativas prioritárias para o objetivo considerado (FRANCISCO et al., 2007). Dentre os métodos

de análise multicriterial destaca-se o Processo Hierárquico Analítico (PHA) como uma importante ferramenta para definição de pesos aos fatores (SAATY 1980; MALCZEWSKI, 2004).

O objetivo deste trabalho foi a elaboração do zoneamento de risco de incêndios florestais para a fazenda experimental Edgardia da UNESP, *campus* Botucatu, através de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), auxiliando nas tomadas de decisão quanto ao planejamento das atividades ligadas ao manejo dos recursos naturais.

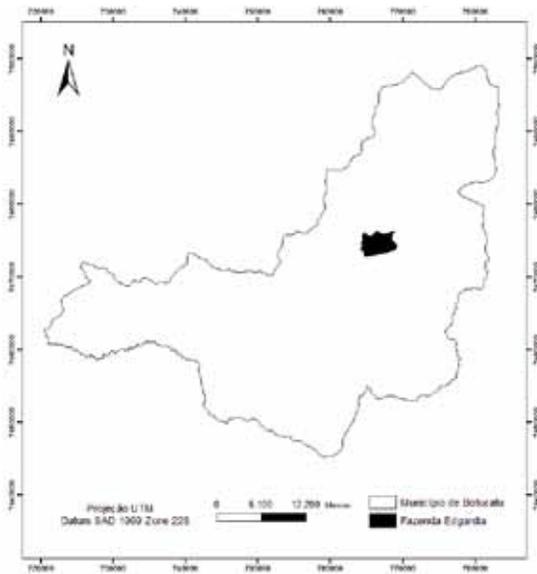
## 2 | Material e métodos

O município de Botucatu está localizado na região central do Estado de São Paulo, ocupando uma área de 1.522 km<sup>2</sup> sendo o quarto município do Estado em área territorial.

A área de estudo abrange a Fazenda Experimental Edgardia circunscrita nas coordenadas geográficas 22° 47' 30" a 22° 50' de latitude S, e 48° 26' 15" a 48° 22' 30" de longitude W, situada no município de Botucatu, de propriedade da UNESP, com uma distancia aproximada de 8 km do centro de Botucatu (Figura 1).

O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, clima temperado quente (mesotérmico), apresentando chuvas no verão e secas no inverno e a temperatura média do mês mais quente é superior a 22 °C (CUNHA; MARTINS, 2009).

As principais fisionomias florestais que ocorrem na área são: Floresta Estacional Semidecidual e Cerradão (Savana Florestada), além de áreas em processo de regeneração natural, os principais usos do solo são por pastagens, culturas agrícolas, além de áreas de várzea. Os fragmentos florestais que ocorrem na área são muito importantes no contexto do município de Botucatu e da região, uma vez que estão situados na Área de Proteção Ambiental (APA) de Botucatu existindo a da possibilidade de ligação, com outros remanescentes, através de corredores de vegetação natural (JORGE; SARTORI, 2002).



**Figura 1:** Localização da fazenda experimental Edgardia no município de Botucatu.

**Fonte:** Elaboração dos autores.

## 2.1 Mapas de fatores de risco

Os fatores de risco definidos para a área de estudo foram: uso e cobertura do solo, proximidade com estradas, declividade, face de exposição do terreno e altimetria. As classes Tabela 1. Classificação de risco quanto ao uso do solo

Classes	Uso do Solo	
	Combustibilidade da Vegetação	Pontuação
Cerradão	Alta	20
Pastagem	Alta	20
Floresta Estacional Semidecidual	Média	10
Agricultura	Média	10
Arroz em Várzea	Baixa	5
Várzea	Baixa	5
Corpo d'água	Nula	0
Solo	Nula	0

Fonte: Adaptado de Ribeiro et. al. (2008)

## Proximidade com Estradas

A rede viária é a base para qualquer atividade, pois condiciona o acesso à determinada área e, também, o escoamento da produção, no caso de uma atividade econômica. No meio rural a falta de planejamento e de manutenção das

internas a cada fator foram padronizadas para uma escala comum de 0 a 25 pontos de acordo com o risco que oferecem para o início e propagação do fogo, sendo o (zero) para risco nulo, 5 (cinco) para risco baixo, 10 (dez) para risco moderado, 15 (quinze) para risco alto, 20 (vinte) para risco muito alto e 25 (vinte e cinco) para risco extremo.

## Uso e Cobertura do Solo

O conhecimento sobre o uso do solo é de fundamental importância para se determinar o risco de ocorrência de incêndios, onde cada tipo de floresta terá uma propensão maior ou menor aos incêndios, devido principalmente aos seus aspectos ecofisiológicos e de material combustível. A representação do uso do solo também contribui para a determinação das atividades econômicas que têm potencial para o aumento do risco.

O fator uso e cobertura do solo foi obtido através de interpretação visual das imagens do satélite SPOT, onde foram vetorizados polígonos sobre cada classe de uso. Em seguida o mapa foi reclassificado de acordo com o risco de cada classe (Tabela 1).

estradas vem causando sérios danos a cursos d'água através de processos erosivos. Além disso, o fato de condicionar o acesso de pessoas também reflete um risco de incêndios florestais, já que 70% dos casos registrados no Paraná tiveram como provável causa os incendiários (SANTOS et al., 2006). O mapa de

proximidade de estradas foi obtido através do mapa de malha viária da fazenda, onde conforme proposto por Ribeiro et al., (2008) foi gerado um buffer de cinquenta metros de distância das estradas, a área interna do *buffer* foi considerada com influência e a área externa sem influência (Tabela 2).

**Tabela 2:** Classificação de risco quanto a proximidade com estradas

Proximidade com estradas		
Classes	Descrição	Pontuação
Até 50m	Com influência	25
Acima de 50m	Sem Influência	0

Fonte: Adaptado de Ribeiro et al.(2008).

### Declividade

Um dos conceitos mais básicos que se tem sobre o fogo é que ele se propaga mais rapidamente nos aclives do que nos declives e à medida que o grau de inclinação aumenta a velocidade de propagação também aumenta. Esse fato pode ser explicado por vários motivos (SOAREZ; BATISTA 2007):

- O fogo aquece o material combustível localizado na parte superior do aclive com maior intensidade;

- O ar quente encaminha-se para a parte superior do terreno e o ar fresco é aspirado pela parte inferior, renovando o suprimento de oxigênio na zona de combustão;

- Recebendo mais calor e secando-se mais rapidamente, o material combustível da parte superior entra em combustão mais violentamente.

O mapa de declividade foi obtido a partir do modelo digital de elevação (MDE), onde foi possível gerar um mapa de superfície no formato *raster* contendo as áreas de declividade para a fazenda. Em seguida este foi reclassificado de acordo com o risco de cada classe (Tabela 3).

**Tabela 3:** Classificação de risco quanto à declividade.

Declividade		
Classes	Fator de Propagação	Pontuação
0 a 15%	1,0	5
15 a 25%	1,05	10
25 a 35%	1,10	15

35 a 45%	1,15	20
45 a 50%	1,20	25

Fonte: adaptado de Soarez e Batista (2007).

### Face de Exposição do Terreno

Ao sul do equador os raios solares incidem mais diretamente sobre faces voltadas para o norte e, conseqüentemente, transmite mais calor para essa exposição do que para qualquer outra (SOAREZ; BATISTA 2007). Como a face norte recebe mais energia, ela terá maior temperatura e menor umidade relativa, assim o material combustível secará mais rapidamente, tornando o ambiente mais propenso aos incêndios.

A direção predominante do vento também constitui uma variável importante na propagação do fogo. Após iniciado o fogo, o vento ajuda na propagação, transportando calor e fagulhas e inclinando as chamas para áreas ainda não atingidas pelo fogo (VENTURI; ANTUNES, 2007).

O mapa de face de exposição do terreno foi obtido a partir do modelo digital de elevação (MDE) e posteriormente reclassificado de acordo com o risco de cada classe (Tabela 4).

**Tabela 4:** Classificação de risco quanto à exposição do terreno.

Face de exposição do terreno		
Classes	Descrição	Pontuação
Norte	Maior incidência solar	25
Leste/Sul	Maior incidência dos ventos	25
Oeste	Menos incidência solar e ventos	5

Fonte: Elaboração dos autores.

### Altimetria

Baixas elevações têm a tendência de apresentar estações de risco de incêndios mais longas que altas elevações. Topos de montanha e fundos de vale apresentam diferentes condições para a ocorrência de incêndios florestais durante o dia. Devido às correntes de vento, a temperatura e umidade referente a cada um dos



Fatores	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	Pesos
F <sub>1</sub>	1	1	3	5	9	0,36
F <sub>2</sub>	1	1	3	5	9	0,36
F <sub>3</sub>	1/3	1/3	1	2	7	0,15
F <sub>4</sub>	1/5	1/5	1/2	1	7	0,10
F <sub>5</sub>	1/9	1/9	1/7	1/7	1	0,03

**TC=0,05**

**Notas:** TC = Taxa de Consistência; F<sub>1</sub> = Fator Uso e Cobertura do Solo; F<sub>2</sub> = Fator Proximidade com Estradas; F<sub>3</sub> = Fator Declividade; F<sub>4</sub> = Fator Face de Exposição do Terreno; F<sub>5</sub> = Fator Altimetria.

**Fonte:** Elaboração dos autores.

A taxa de consistência (TC) obtida para a matriz foi de 0,05 (valor menor que 0,10), indicando que os valores de comparação entre os fatores foram gerados aleatoriamente, não havendo a necessidade de reorganização da matriz.

Os fatores que apresentaram maior peso foram Uso e Cobertura do Solo e Proximidade com Estradas, onde para ambos foi obtidos o peso de 0,36, os fatores Declividade e Face de Exposição obtiveram os pesos 0,15 e 0,10, respectivamente e o fator Altimetria foi o que apresentou o menor peso (0,03).

Essa ponderação tem influência direta sobre a espacialização das áreas de risco de incêndios florestais a serem geradas pela análise, espera-se nesse caso que as áreas de risco mais altas estejam próximas às estradas e em locais onde se tem como cobertura do solo as classes cerradão (Savana Arbórea) e pastagens, pois são referentes aos fatores que receberam o maior peso.

### **3.2 Zoneamento de risco de incêndios florestais**

A integração dos cinco planos de informação (fatores) resultou em um mapa base que representa em cada ponto (pixel), a soma ponderada de cada um dos fatores, permitindo uma análise precisa da situação de cada zona de risco, sendo uma importante ferramenta no auxílio às tomadas de decisões para o manejo dos recursos florestais presentes na fazenda experimental Edgardia.

O termo “incêndio florestal” é utilizado para definir um fogo que se propaga livremente, queimando todo o material vegetal existente em um ambiente, seja ele com floresta ou não (RIBEIRO et al., 2008). Assim, o mapa de riscos

de incêndios florestais obtidos neste zoneamento apresenta o risco de ocorrência de fogo mesmo em uma área de pastagem ou agricultura. O mapa de zoneamento de risco de incêndios florestais para a fazenda experimental Edgardia está apresentado na Figura 3.

As áreas referentes a cada classe de risco estão distribuídas da seguinte forma: a classe de risco baixo apresenta uma área de trinta e dois hectares (ha), o que representa 2,64% da área total da fazenda; a classe de risco moderado apresenta uma área de 841,3 ha, representando 69,24% da área, sendo essa classe a mais significativa em termos de área ocupada; a classe de risco alto apresenta 261,5 ha, representado 21,52% da área total, sendo essa a segunda mais importante em termos de área ocupada; a classe referente ao risco muito alto está distribuída em 72,5 ha, representando 5,96% do total; e a classe risco extremo apresenta uma área de 7,8 ha, sendo 0,64% do total. Assim, essa última é a menos representativa em termos de área ocupada, no entanto é a mais significativa em nível de risco.

As maiores atenções devem ser dadas às áreas onde o risco foi classificado como alto, muito alto e extremo, onde se deve ter um planejamento quanto à construção de aceiros e outras práticas preventivas e uma logística para acesso e combate, se necessário.

A etapa mais sensível da avaliação foi a atribuição de pesos aos fatores, pois como relatado por Ferraz e Vetorazzi (1998) a existência de um banco de dados com registros históricos de ocorrências de incêndios poderia auxiliar de uma maneira mais precisa na identificação da real contribuição de um determinado atributo da área no início e propagação do fogo, como a fazenda experimental Edgardia não possui tais

registros a definição dos fatores e seus pesos ficou restrita a dados da literatura. Ainda segundo Ferraz e Vetorazzi (1998) o zoneamento de risco de incêndios florestais deve estar sempre associada a outros métodos preventivos, como os índices de perigo de incêndios,

sendo a Formula de Monte-Alegre, conforme Soares e Batista (2007), um índice robusto capaz de determinar a chance de ocorrência de um incêndio para um determinado dia ou conjunto de dias, levando em consideração as condições meteorológicas.

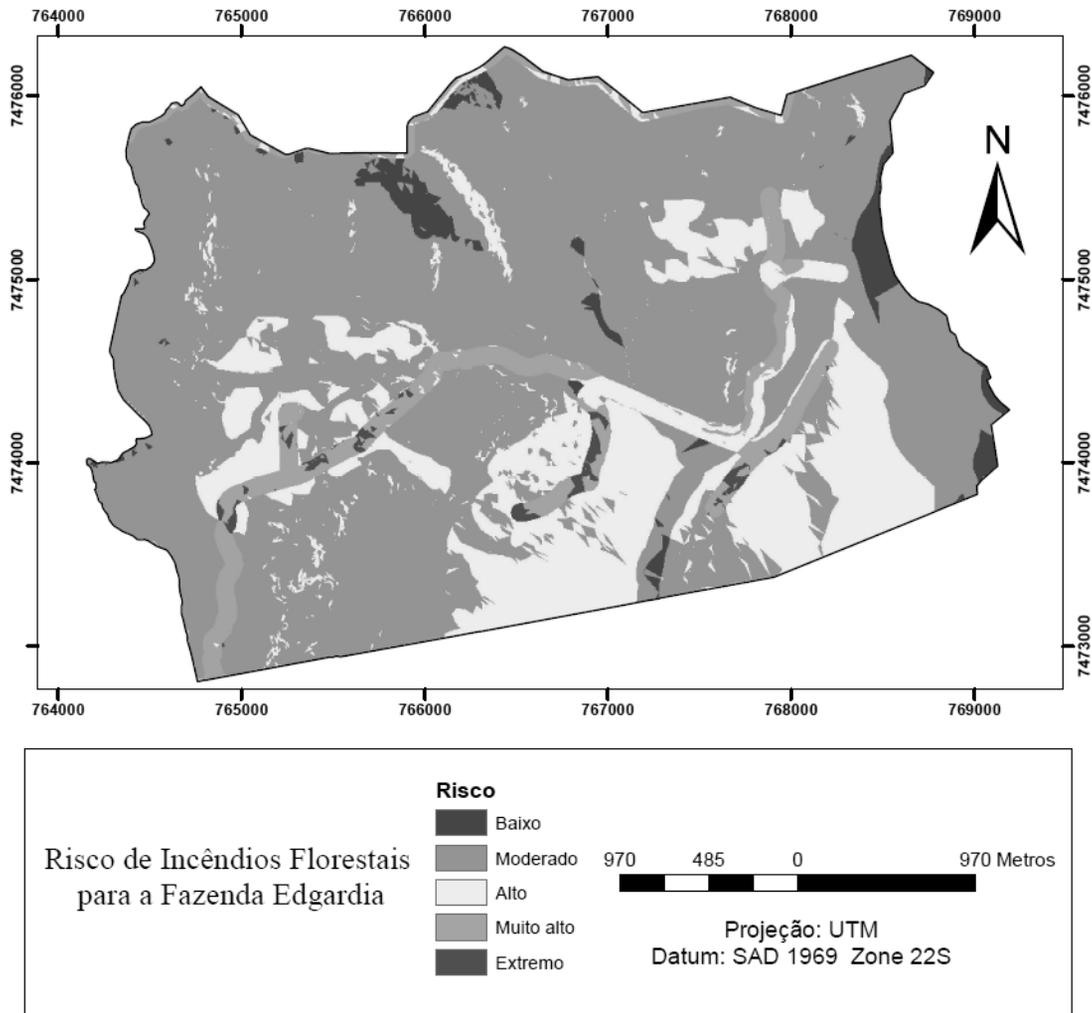


Figura 3. Espacialização das classes de risco de incêndios florestais para a fazenda experimental Edgardia.

Fonte: Elaboração dos autores.

## 4 | Conclusões

A partir dos resultados obtidos com a realização desse trabalho, foi possível concluir que:

- A fazenda Edgardia apresenta grande parte de sua área com risco moderado de ocorrência de incêndios florestais (69,24%), apresenta também uma área significativa com risco alto (21%);
- O uso de sistemas de informações geo-

gráficas se mostrou como uma ferramenta adequada para a integração de fatores com o objetivo de gerar um mapa de risco de incêndios florestais;

- O uso do mapa contendo o zoneamento das áreas de risco de incêndios florestais, aliado com a geração e o acompanhamento dos índices de perigo, é um material importante para o planejamento das ações preventivas e de combate a incêndios florestais, garantindo assim a conservação dos fragmentos.

## Agradecimentos

Ao programa PIBIC/CNPq – Reitoria/UNESP pela bolsa de iniciação científica e ao GEPAG – Grupo de Estudos e Pesquisas Agrárias Georreferenciadas do Departamento de Recursos Naturais da FCA pelo apoio e infraestrutura.

## Referências bibliográficas

BATISTA, A. C. Mapas de risco: uma alternativa para o planejamento de controle de incêndios florestais. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 30, n. 1, 2, 45-54, jun-dez. 2000.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manoel, SP. **IRRIGA, BOTUCATU**, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009.

FERRAZ, S. F. B.; VETTORAZZI, C. A. Mapeamento de risco de incêndios florestais por meio de sistema de informações geográficas. **Scientia Forestalis**, n. 53, n. 1, p. 39-48, 1998.

FRANCISCO, C. E. S. et al. Espacialização de análise multicriterial em SIG: prioridades para recuperação de áreas de Preservação Permanente. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 2643-2650.

JORGE, L. A. B.; SARTORI, M. S. Uso do solo e análise temporal da ocorrência de vegetação natural na Fazenda Experimental Edgárdia, em Botucatu-SP. **Revista Árvore**, n. 26, v. 5, p. 582-592, 2002.

MALCZEWSKI, J. **GIS-based land-use suitability analysis**: a critical overview. *Progress in Planning*, New York, n. 62, p. 3-65, 2004.

MEDEIROS, M. B.; FIEDLER, N. C. Incêndios florestais no parque nacional da Serra Da Canastra: desafios para a conservação da biodiversidade. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 14, n. 2, p. 157-168, 2004.

MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Impacto do fogo e dinâmica da regeneração da comunidade vegetal em borda de Floresta Estacional Semidecidual (Gália, SP, Brasil). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 37-50, jan.-mar. 2010.

RIBEIRO, Luciene et al. Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a fazenda Experimental do Canguri, Pinhais (PR). **Revista Floresta**, Curitiba, Pr, v. 38, n. 3, p.561-572, jun.-set. 2008.

SAATY, T. *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill, 1980. 287 p.

SANTOS, J. F.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Perfil dos incêndios florestais no Brasil em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 36, n. 1, p. 93-100, jan-abr. 2006.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios Florestais: Controle, Efeitos e Uso do Fogo**. Curitiba, PR: UFPR, 2007. 264 p.

VENTURI, N. L.; ANTUNES, A. F. B. Determinação de locais ótimos para implantação de torres de vigilância para detecção de incêndios florestais por meio de sistemas de informações geográficas. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 37, n. 2, p.159-173, mai.-ago. 2007.

VETTORAZZI, C. A. **Avaliação multicritérios, em ambiente SIG, na definição de áreas prioritárias à restauração florestal visando à conservação de recursos hídricos**. 2006 151 f. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, USP, 2006.