

## Geotecnologias aplicadas na identificação de áreas suscetíveis ao fogo no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros

Tatiana Diniz Prudente<sup>1</sup>  
Roberto Rosa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Uberlândia - UFU  
Instituto de Geografia – Av. João Naves de Ávila, 2121- Campus Santa Mônica  
CEP: 38408-100 - Uberlândia - MG, Brasil  
tatyprudente@yahoo.com.br  
rrosa@ufu.br

**Abstract.** The research aimed to use geotechnologies to identify susceptible areas to fire in the Chapada dos Veadeiros National Park and the surrounding area. The study area presents 2376,73km<sup>2</sup> and it's located in UTM zone 23S, between the coordinates 177422 – 248096 mE and 8420578 – 8473325 mN, in the state of Goiás. We created the following thematic maps: land use and vegetation cover, hypsometry, slope, orientation of slopes, proximity to roads and urban areas. For each thematic map, we created a susceptibility map to fire, with classes ranging from high, to moderate and low. The areas considered as having a high susceptibility to fire presented the following conditions: occupied with Park Savanna, Grassy-Woody Savanna and Cultivated Pasture; lower altitudes than 1200m; greater slopes than 40%; strands with orientation toward the north, northeast and northwest; areas near roads, trails outside the parks and urban areas. The results showed that in relation to the land use and vegetation cover, the park and the surrounding area have presented 87,79% of its area in the upper class of susceptibility to fire. The areas with altitudes up to 1200m represent 65,22% of the area and indicate a high susceptibility to fire and the slopes greater than 40% are 6,10% and also indicate high susceptibility to fire. Regarding the orientation of the slopes, 40,20% of the area has a high susceptibility to fire. Regarding the proximity to roads and urban areas, the study area has 4,05% in the upper class of susceptibility to fire.

**Palavras-chave:** remote sensing, geoprocessing, Cerrado, forest fire, sensoriamento remoto, geoprocessamento, Cerrado, incêndio florestal.

### 1. Introdução

No Brasil, grande parte das Unidades de Conservação (UCs) vem sendo atingidas por incêndios florestais. A ocorrência de grandes incêndios pode ser considerada uma grave ameaça para a conservação da biodiversidade e manutenção de processos ecológicos.

Ainda que em alguns biomas brasileiros, em especial no Cerrado, grande parte das espécies depende do fogo para reprodução e crescimento, várias pesquisas indicam que a alta frequência de queimadas está além do limite de suporte dos ambientes naturais, e isso se caracteriza como um risco à conservação de áreas nativas, com implicações como perda de viabilidade de populações e extinções locais de espécies endêmicas (IBAMA, 2007).

Assim, esta pesquisa tem como objetivo utilizar geotecnologias na identificação de áreas suscetíveis ao fogo no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV) e área de entorno.

Por conseguinte, vale ressaltar que atualmente as geotecnologias têm sido ferramentas indispensáveis para qualquer pesquisador e planejador que age no espaço, permitindo a visualização e a distribuição de fenômenos, facilitando a tomada de decisões. Deste modo, a determinação da suscetibilidade ao fogo com a utilização das geotecnologias torna-se um instrumento imprescindível para auxiliar no planejamento da prevenção e combate a incêndios.

A área de estudo compreende o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV) e área de entorno, possui 2376,73km<sup>2</sup> e está localizada a nordeste do estado de Goiás, na zona UTM 23S, entre as coordenadas 177422 – 248096mE e 8420578 – 8473325mN, englobando parte dos municípios de Alto Paraíso de Goiás, Cavalcante e Colinas do Sul (Figura 1).

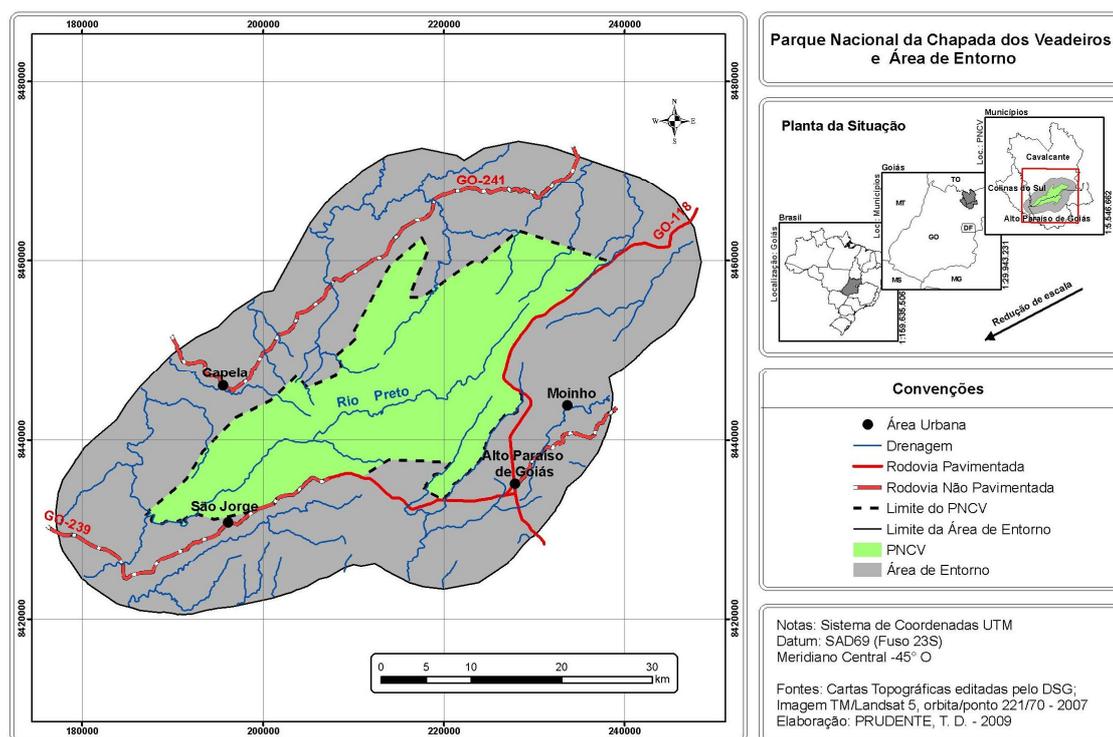


Figura 1. Localização do PNCV e área de entorno.

Além do PNCV, consideramos neste estudo, a área de entorno, num raio de 10km. A Resolução nº 013 de 06 de dezembro de 1990 do CONAMA dispõe sobre normas referentes ao entorno das UCs, visando à proteção dos ecossistemas ali existentes. Essa resolução define uma faixa de 10km nas áreas circundantes das UCs, com a finalidade de protegê-las, sendo que as atividades desenvolvidas nesta zona que possam afetar a biota deverão ser licenciadas pelo órgão ambiental competente com parecer da equipe técnica da UC.

## 2. Metodologia de Trabalho

Para a realização desta pesquisa foram utilizados os seguintes materiais:

- Trabalhos acadêmicos, livros, artigos, tutoriais, entre outros;
- Cartas topográficas SD.23-V-C-IV (Araí), SD.23-V-C-V (Cavalcante), SD.23-Y-A-I (Alto Paraíso de Goiás), SD.23-Y-A-II (Flores de Goiás), escala 1:100.000, levantadas e editadas pela Diretoria de Serviço Geográfico do Ministério do Exército - DSG;
- Imagens TM/Landsat 5, órbita/ponto 221/70, bandas 2, 3 e 4, obtidas em 2007;
- Modelo Digital de Elevação da missão SRTM;
- *Softwares*: Word, Excel, ENVI 4.0, ArcGIS 9.3;

Inicialmente elaborou-se a base cartográfica do PNCV e área de entorno, contendo o limite do parque, drenagem, estradas e trilhas, com auxílio do *software* ArcGIS 9.3, sendo que a partir do limite do parque foi feito um *buffer* de 10km referente à área de entorno.

Foram pesquisados diversos fatores preponderantes à ignição ou à propagação do fogo em áreas de Cerrado. Assim, foi possível selecionar os fatores mais propícios na área de estudo, sendo, deste modo, elaborados os seguintes mapas temáticos: uso da terra e cobertura vegetal, hipsometria, declividade, orientação das encostas, proximidade de estradas e áreas urbanas.

Para cada mapa temático, foi elaborado um mapa de suscetibilidade ao fogo, com classes variando entre alta, moderada e baixa.

O mapa de uso da terra e cobertura vegetal foi elaborado a partir de imagem de satélite Landsat 5, obtida em 2007. A imagem foi georreferenciada com auxílio das ferramentas do

*software* ENVI 4.0. A interpretação e mapeamento foram realizados no *software* ArcGIS 9.3, levando em consideração os elementos básicos de análise e interpretação: tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização. As classes mapeadas estão relacionadas no Quadro 1, de acordo com a legenda do Sistema Brasileiro de Classificação da Vegetação do Brasil (IBGE, 1992) e a classificação de Ribeiro e Walter (1998).

<b>Região Fitoecológica</b>	<b>Nível de Formação</b>	<b>Descrição (Ribeiro e Walter, 1998)</b>	<b>Classes</b>
Floresta Estacional Semidecidual (F)	Aluvial	Mata-de-galeria Mata ciliar	Fa
Savana (S)	Arborizada	Cerrado Denso Cerrado Típico	Sa
	Parque	Cerrado Ralo Cerrado Rupestre Campo Sujo Campo Rupestre Vereda	Sp
	Gramíneo-lenhosa	Campo Limpo Campo Rupestre Vereda	Sg
Áreas Antrópicas	Agropecuária	Pastagem Cultivada	Ap
	Outras áreas antrópicas	Influência Urbana	Iu

Quadro 1. Classes de uso da terra e cobertura vegetal.

Fonte: IBGE (1992); Ribeiro e Walter (1998).

O conhecimento do uso da terra e cobertura vegetal é de fundamental importância para análise do risco de incêndio, uma vez que o tipo de cobertura vegetal influencia o comportamento do fogo de várias formas. Assim, as classes de uso da terra e cobertura vegetal receberam pesos de acordo com sua suscetibilidade ao fogo (Tabela 1).

Tabela 1. Classes, níveis de suscetibilidade ao fogo e coeficientes de uso da terra e cobertura vegetal.

<b>Uso da Terra e Cobertura Vegetal</b>	<b>Suscetibilidade ao Fogo</b>	<b>Coeficientes</b>
Fa	Baixa	1
Sa	Moderada	2
Sp	Alta	3
Sg	Alta	3
Ap	Alta	3
Iu	Baixa	1

Org.: PRUDENTE, T. D., 2009.

As classes Savana Parque (Sp), Savana Gramíneo-Lenhosa (Sg) e Pastagem Cultivada (Ap) receberam peso alto de suscetibilidade ao fogo porque são compostas por tipos de vegetação que apresentam grande quantidade de estrato herbáceo e de gramíneas que, quando secam, são a fonte principal de combustível.

Os mapas de hipsometria, declividade e orientação das encostas foram gerados a partir dos dados *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), utilizando as ferramentas do *software* ArcGIS 9.3.

A altitude é uma variável ambiental que influencia o risco de incêndio devido à sua relação com a umidade relativa do ar. Isso se deve ao fato de que, com o aumento da altitude, observa-se um decréscimo da temperatura e, conseqüentemente, um valor elevado de umidade relativa (SALAS; CHUVIECO, 1994 apud RIBEIRO et al., 2008).

Assim, o mapa hipsométrico representa indiretamente a umidade do material combustível e consequentemente a redução do risco de incêndio. Dessa forma, a Tabela 2 apresenta as classes hipsométricas, com seus respectivos pesos e níveis de suscetibilidade ao fogo.

Tabela 2. Classes, níveis de suscetibilidade ao fogo e coeficientes de hipsometria.

Hipsometria	Suscetibilidade ao Fogo	Coeficientes
< 600m	Alta	3
600 – 900m	Alta	3
900 – 1200m	Alta	3
1200 – 1500m	Moderada	2
> 1500m	Baixa	1

Fonte: Adaptado de Ribeiro et al. (2008) e Oliveira et al. (2004).  
Org.: PRUDENTE, T. D., 2009.

As áreas com maior declive são consideradas de maior suscetibilidade porque a transferência de calor é facilitada no sentido do aclave, aumentando a velocidade de propagação do incêndio. A Tabela 3 relaciona o grau de inclinação do terreno em função da sua influência na propagação do fogo.

Tabela 3. Classes, níveis de suscetibilidade ao fogo e coeficientes de declividade.

Declividade	Suscetibilidade ao Fogo	Coeficientes
0 – 6%	Baixa	1
6 – 12%	Baixa	1
12 – 20%	Moderada	2
20 – 40%	Moderada	2
> 40%	Alta	3

Fonte: Adaptado de Chuvieco e Congalton (1989).  
Org.: PRUDENTE, T. D., 2009.

Ribeiro et al. (2008), ressaltaram que a exposição de um terreno é fator essencial na probabilidade de ocorrência e propagação de um incêndio. No Hemisfério Sul, os raios solares incidem mais diretamente sobre faces voltadas para o norte, transmitindo maior quantidade de calor para essa exposição do que para as outras faces. A face oeste é a segunda a receber maior quantidade de energia, seguida da face leste e a face sul é a que menos recebe radiação.

As condições de suscetibilidade ao fogo em função da orientação das encostas estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Classes, níveis de suscetibilidade ao fogo e coeficientes de orientação das encostas.

Orientação das Encostas	Suscetibilidade ao Fogo	Coeficientes
Relevo Plano / Sul / Sudeste / Sudoeste	Baixa	1
Leste / Oeste	Moderada	2
Norte / Nordeste / Noroeste	Alta	3

Fonte: Adaptado de Ribeiro et al. (2008) e Santos (2007).  
Org.: PRUDENTE, T. D., 2009.

Para elaboração do mapa de proximidade de estradas, foram criados raios de influência de 200m no entorno das estradas e trilhas que cortam a área de estudo, sendo que cada estrada ou trilha recebeu um peso conforme o fluxo de pessoas e veículos que nela transitam. Para elaboração do mapa de proximidade de áreas urbanas foram criados raios de influência de

1000m no entorno de áreas urbanas, considerando-se que quanto maior a distância menor a probabilidade de início de um incêndio. A Tabela 5 apresenta os pesos e níveis de suscetibilidade ao fogo, relacionados à proximidade de estradas e áreas urbanas.

Tabela 5. Classes, níveis de suscetibilidade ao fogo e coeficientes de proximidade de estradas e áreas urbanas.

Proximidade de Estradas e Áreas Urbanas	Suscetibilidade ao Fogo	Coefficientes
Rodovias, Trilhas fora do parque e Área Urbana	Alta	3
Estradas Vicinais e Trilhas dentro parque	Moderada	2
Fora da área de influência	Baixa	1

Org.: PRUDENTE, T. D., 2009.

Considerou-se com suscetibilidade alta ao fogo as áreas no entorno das rodovias devido ao fluxo intenso de veículos que nelas transitam. Para as trilhas fora do parque, considerou também suscetibilidade alta, presumindo que impactos humanos nesses caminhos são mais difusos. O entorno das áreas urbanas também foi considerado de alta suscetibilidade por serem áreas de fácil acesso e onde apresenta grande concentração de pessoas.

Em contrapartida, as trilhas dentro do parque foram consideradas com suscetibilidade moderada devido ao fato de seu acesso ser somente com um guia credenciado no parque. O entorno das estradas vicinais também foi considerado como tendo suscetibilidade moderada, por ter geralmente, tráfego de moradores locais. As regiões fora da área de influência das estradas foram consideradas como tendo baixa suscetibilidade ao fogo.

### 3. Resultados e Discussão

A Figura 2 ilustra os mapas de suscetibilidade ao fogo referentes aos seguintes fatores: uso da terra e cobertura vegetal, hipsometria, declividade, orientação das encostas e proximidade de estradas e áreas urbanas.

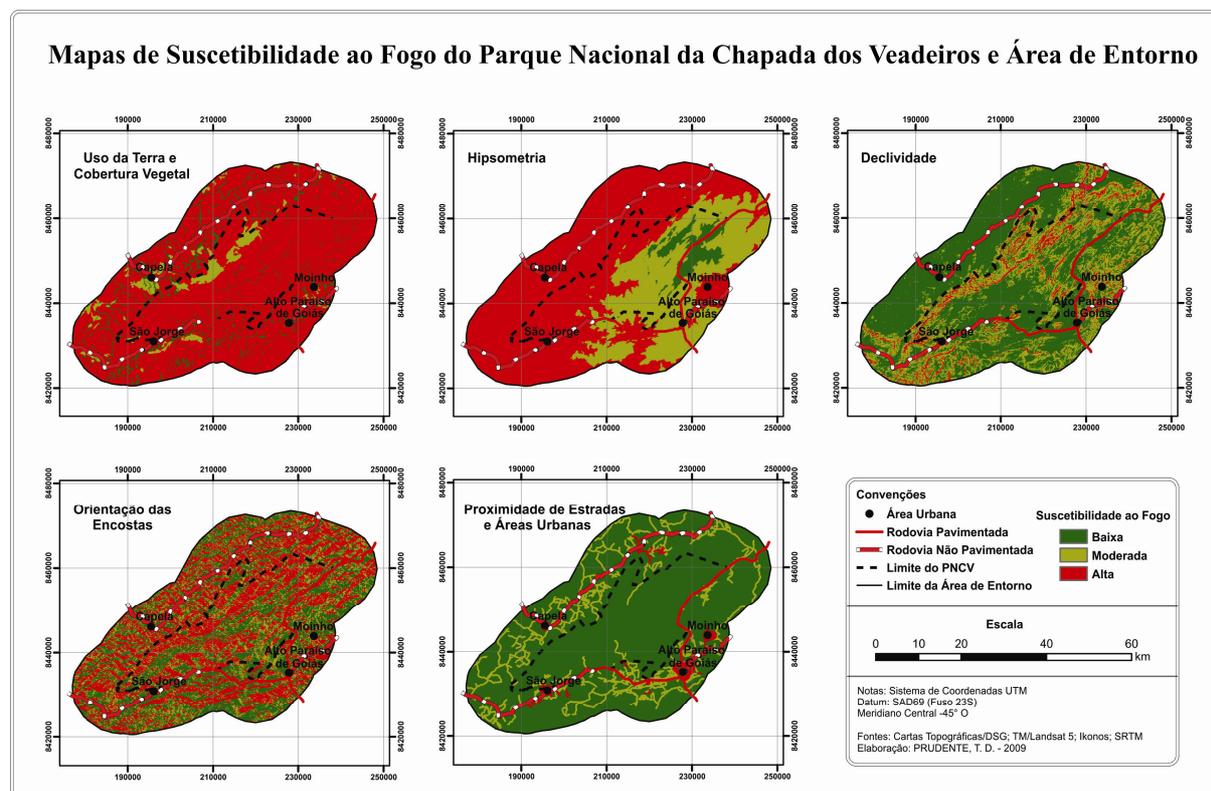


Figura 2. Mapas de suscetibilidade ao fogo do PNCV e área de entorno.

Cada categoria foi classificada como suscetibilidade baixa, moderada ou alta, conforme Tabelas 1 a 5.

O conhecimento do uso da terra e cobertura vegetal representa a vulnerabilidade ao fogo de acordo com as características de cada uso. A Tabela 6 enumera a área ocupada pelas classes de uso da terra e cobertura vegetal em km<sup>2</sup> e suas respectivas porcentagens.

Tabela 6. Área ocupada pelas classes de uso da terra e cobertura vegetal.

Uso da Terra e Cobertura Vegetal	Km <sup>2</sup>	%	Suscetibilidade ao Fogo
Fa	164,02	6,90	Baixa
Sa	121,55	5,11	Moderada
Sp	1535,40	64,60	Alta
Sg	391,92	16,49	Alta
Ap	159,19	6,70	Alta
Iu	4,65	0,20	Baixa
<b>Total</b>	<b>2376,73</b>	<b>100,00</b>	

Org.: PRUDENTE, T. D., 2009.

Observa-se na tabela acima que a área é predominantemente ocupada por Savana Parque (Sp) representando 64,60% da área de estudo, seguido por Savana Gramíneo-Lenhosa (Sg) que ocupa 16,49%. A classe Floresta Estacional Semidecidual Aluvial (Fa) abrange 6,90% e a classe Savana Arborizada (Sa) abrange 5,11%. Já a Área com Influência Urbana (Iu) ocupa apenas 0,20% da área de estudo, referentes às áreas urbanas de Alto Paraíso de Goiás, São Jorge, Moinho e Capela.

As classes Savana Parque (Sp), Savana Gramíneo-Lenhosa (Sg) e Pastagem Cultivada (Ap) são as categorias que apresentam alta suscetibilidade ao fogo e justam perfazem 87,79%.

O mapa hipsométrico indica indiretamente o conteúdo de umidade do material combustível, influenciando a taxa de propagação dos incêndios, sendo que baixas elevações têm a tendência de apresentar estações de risco mais longas que altas elevações.

A área de estudo caracteriza-se por uma grande variação de altitude, apresentando áreas com elevações de 439m até 1670m. A Tabela 7 apresenta a área ocupada por cada categoria.

Tabela 7. Área ocupada pelas classes de hipsometria.

Hipsometria	Km <sup>2</sup>	%	Suscetibilidade ao Fogo
< 600m	656,68	27,63	Alta
600 – 900m	312,23	13,14	Alta
900 – 1200m	581,22	24,45	Alta
1200 – 1500m	724,23	30,47	Moderada
> 1500m	102,37	4,31	Baixa
<b>Total</b>	<b>2376,73</b>	<b>100,00</b>	

Org.: PRUDENTE, T. D., 2009.

Observa-se que as áreas com altitudes até 1200m representam 65,22% da área de estudo e indica alta suscetibilidade ao fogo. Altitudes entre 1200 a 1500m representam 30,47% da área e indica suscetibilidade moderada. E altitudes maiores que 1500m representam 4,31% da área de estudo e indicam baixa suscetibilidade ao fogo.

A declividade do terreno está associada à velocidade, direção e propagação do fogo. A área de estudo apresenta desde relevo plano até áreas com relevo acidentado. Os valores da área das classes de declividades (km<sup>2</sup> e %) estão enumerados abaixo, na Tabela 8.

Tabela 8. Área ocupada pelas classes de declividade.

<b>Declividade</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>%</b>	<b>Suscetibilidade ao Fogo</b>
0 – 6%	980,07	41,24	Baixa
6 – 12%	542,76	22,84	Baixa
12 – 20%	341,27	14,36	Moderada
20 – 40%	367,63	15,47	Moderada
> 40%	145,00	6,10	Alta
<b>Total</b>	<b>2376,73</b>	<b>100,00</b>	

Org.: PRUDENTE, T. D., 2009.

Analisando os dados da tabela acima, verifica-se que declividades menores que 12% ocupam 64,07% da área de estudo e indicam baixa suscetibilidade ao fogo. Declividades entre 12% e 40% ocupam 29,83% da área e indica suscetibilidade moderada. Já as declividades maiores que 40% ocupam 6,10% da área e indicam alta suscetibilidade ao fogo.

A orientação das encostas também indica indiretamente o conteúdo de umidade do material combustível devido às condições de iluminação pelo sol, influenciando assim, a taxa de propagação dos incêndios. No Hemisfério Sul, os raios solares incidem mais diretamente sobre faces voltadas para o norte. A Tabela 9 apresenta os valores ocupados por cada classe.

Tabela 9. Área ocupada pelas classes de orientação das encostas.

<b>Orientação das Encostas</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>%</b>	<b>Suscetibilidade ao Fogo</b>
Relevo Plano / Sul / Sudeste / Sudoeste	842,07	35,43	Baixa
Leste / Oeste	579,28	24,37	Moderada
Norte / Nordeste / Noroeste	955,38	40,20	Alta
<b>Total</b>	<b>2376,73</b>	<b>100,00</b>	

Org.: PRUDENTE, T. D., 2009.

Conforme se observa, a área de estudo apresenta 35,43% de sua área, em relação à orientação das encostas, na classe baixa de suscetibilidade ao fogo, 24,37% na classe moderada e 40,20% na classe alta.

Outro fator que contribui para ocorrência de incêndios é a proximidade de estradas e áreas urbanas, ressalta-se que esse fator não determina o comportamento dos incêndios, mas é um provável local de início. A área de estudo é cortada pelas rodovias GO-118, GO-239 e GO-241, por estradas vicinais e trilhas. As áreas urbanas presentes na área são referentes à Alto Paraíso de Goiás, São Jorge, Moinho e Capela. Na Tabela 10, podem-se verificar as medidas em km<sup>2</sup> das áreas classificadas no mapa.

Tabela 10. Área ocupada pelas classes de proximidade de estradas e áreas urbanas.

<b>Proximidade de Estradas e Áreas Urbanas</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>%</b>	<b>Suscetibilidade ao Fogo</b>
Rodovias, Trilhas fora do parque e Área Urbana	96,22	4,05	Alta
Estradas Vicinais e Trilhas dentro parque	334,71	14,08	Moderada
Fora da área de influência	1945,80	81,87	Baixa
<b>Total</b>	<b>2376,73</b>	<b>100,00</b>	

Org.: PRUDENTE, T. D., 2009.

Assim, observa-se na Tabela 10, que em relação à proximidade de estradas e áreas urbanas, a área de estudo apresenta 81,87% com baixa suscetibilidade ao fogo, 14,08% com moderada suscetibilidade e 4,05% com alta suscetibilidade.

#### 4. Conclusões

De acordo com os dados pesquisados e analisados, foram consideradas como tendo alta suscetibilidade ao fogo, as áreas do PNCV e entorno que apresentaram as seguintes

condições: a) ocupadas com as classes de uso da terra e cobertura vegetal Savana Parque (Sp), Savana Gramíneo-Lenhosa (Sg) e Pastagem Cultivada (Ap); b) altitudes até 1200m; c) declividades acima de 40%; d) orientação das encostas voltadas para o norte, nordeste e noroeste; e) áreas próximas a rodovias, trilhas fora do parque e áreas urbanas.

Os resultados obtidos mostraram que em relação ao uso da terra e cobertura vegetal, o PNCV e entorno apresentam 87,79% da sua área na classe alta de suscetibilidade ao fogo. As áreas com altitudes até 1200m representam 65,22% da área de estudo e indica alta suscetibilidade ao fogo e as declividades maiores que 40% ocupam 6,10% da área e também indicam alta suscetibilidade ao fogo.

Em relação à orientação das encostas, 40,20% da área são voltadas para o norte, nordeste e noroeste que apresentam alta suscetibilidade ao fogo. Já em relação à proximidade de estradas e áreas urbanas, o PNCV e entorno apresentam apenas 4,05% da sua área na classe alta de suscetibilidade ao fogo.

A metodologia desenvolvida pode ser aplicada em diferentes áreas de interesse, a partir de informações geográficas básicas que, manipuladas adequadamente, resultam em um consistente banco de dados.

Assim, pode-se afirmar que os mapas de suscetibilidade ao fogo são instrumentos eficazes e repletos de informações que podem contribuir no controle e combate ao fogo em unidades de conservação, possibilitando a análise espacial, o que facilita a tomada de decisões e elaboração de ações estratégicas de prevenção.

### **Agradecimentos**

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudos.

### **Referências**

- Chuvieco, E.; Congalton, R.G. Application of Remote Sensing and Geographic Information Systems to Forest Fire Hazard Mapping. **Remote Sensing of Environment**, v. 29, p. 147-159, 1989.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 13, de 6 de dezembro de 1990. Dispõe sobre normas referentes às atividades desenvolvidas no entorno das Unidades de Conservação. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=110>>. Acesso em: 16 jun. 2008.
- IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatório de Ocorrência de Incêndios em Unidades de Conservação Federais 2006**. Brasília. 2007. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/prevfogo>>. Acesso em: 28 nov. 2008.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE (Série Manuais Técnicos em Geociências, n. 1), 1992. 92p. (ISBN 85-240-0427-4)
- Oliveira, D. S.; Batista, A. C.; Soares, R. V.; Grodzki, L.; Vosgerau, J. Zoneamento de Risco de Incêndios Florestais para o Estado do Paraná. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 2, p.217-221, mai./ago. 2004.
- Ribeiro, J. F.; Walter, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. cap. 3, p. 87-166.
- Ribeiro, L.; Koproski, L. P.; Stolle, L.; Lingnau, C.; Soares, R. V.; Batista, A. C. Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a Fazenda Experimental do Canguiri, Pinhais (PR). **Revista Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 3, p. 561-572, jul./set. 2008.
- Santos, A. R. **ArcGIS 9.1 total: Aplicações para Dados Espaciais**. Vitória: FUNDAGRES, 2007. 226 p.