



Mapeamento de Áreas Susceptíveis a Incêndios Florestais do Município de Petrópolis – RJ
Map of Areas Susceptible to Forest Fires in the Municipality of Petrópolis– RJ

Leandro de Souza Camargo; Rodrigo Werner da Silva;
Sílvia Santana do Amaral; Aline Pimentel da Silva; Tiago Ferreli & Marcos Paulo Dias da Silva

Centro Estadual de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais,

Rua Carmo Neto, s/n, 20210-051, Cidade Nova, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

E-mails: leandrocamargocartografo@gmail.com; werner.rodrigo@gmail.com;

silvia.ufrj@gmail.com; alinepimenteldasilva@gmail.com; tiagoferreli2@gmail.com; mpds1977@oi.com.br

Recebido em: 24/10/2018 Aprovado em: 20/03/2019

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2019_1_630_641

Resumo

O presente estudo tem como objetivo identificar, para o município de Petrópolis, região serrana do Estado do Rio de Janeiro, áreas com maior susceptibilidade a incêndios florestais, a partir da análise e correlação espacial dos condicionantes: Precipitação, Temperatura, Uso e Cobertura do Solo, Declividade, Hipsometria e Orientação do Relevo; aspectos que potencializam tal fenômeno, sobretudo com a utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e Sensoriamento Remoto (SR). Como tecnologia de integração das variáveis citadas, aplicou-se uma metodologia, gerando-se um mapa que assinalou as regiões de maior predisposição ao surgimento de focos de incêndio, comparando as áreas sinalizadas como críticas aos registros de focos de calor disponibilizado pelo satélite AQUA – MT, período entre 2002 e 2014, sem variação de metodologia para aquisição dos dados, e a classificação atribuída à categoria de susceptibilidade, o qual variou entre Baixa, Média e Alta. O Mapa de Susceptibilidade a Incêndios Florestais produzido indicou alto risco para os distritos de Pedro do Rio e Posse, com 36,94% e 54,20% de seu território classificado com alta susceptibilidade. A análise mensal dos registros de incêndios apontou os meses de Agosto, Setembro e Outubro como os mais propícios ao surgimento de focos de calor, sendo os horários de 13:00h e 14:30h os mais expressivos. O mapa desenvolvido apresentou boa correlação entre as áreas sinalizadas como susceptíveis, quando comparado com os focos de calor registrados, convergindo com as principais áreas de atuação da defesa civil no município.

Palavras-chave: Incêndios Florestais; Mapa de Susceptibilidade; Sistemas de Informações Geográficas

Abstract

The present study aims to identify, for the municipality of Petrópolis, mountainous region of the State of Rio de Janeiro, areas with greater susceptibility to forest fires, based on the analysis and spatial correlation of the conditions: Precipitation, Temperature, Use and Soil Coverage, Declivity, Hypsometry and Relief Orientation; aspects that potentiate this phenomenon, especially with the use of Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (SR). As a technology to integrate the mentioned variables, a methodology was applied, generating a map that indicated the regions of greater predisposition to the appearance of fire outbreaks, comparing the areas marked as critical to the records of heat sources provided by the AQUA- MT, between 2002 and 2014, without variation of methodology for data acquisition, and the classification attributed to the category of susceptibility, which varied between Low, Medium and High. The Forest Susceptibility Map produced indicated a high risk for the districts of Pedro do Rio and Posse, with 36.94% and 54.20% of its territory classified with high susceptibility. The monthly analysis of the fire records pointed to the months of August, September and October as the most favorable to the outbreaks of heat, with the times of 13:00 and 14:30 being the most expressive. The developed map showed a good correlation between the signaled areas as susceptible, when compared to the registered heat sources, converging with the main areas of civil defense performance in the municipality.

Keywords: Forest fires; Susceptibility Map; Geographic Information Systems

1 Introdução

A ocorrência de incêndios florestais, originados por fenômenos naturais e pela presença humana, sobretudo em função da mudança do uso do solo, com o aumento de áreas agricultáveis, cultivo florestal ou pecuária, entre tantos outros fatores, facilita o início e a propagação desses eventos, cujas consequências provocam não apenas impactos ambientais, mas também diferentes e diversas implicações, onde se destacam: a destruição de bens materiais, morte de plantas, a perda de material lenhoso, da biodiversidade e do solo, a depreciação cênica da paisagem, emissões de CO₂, quebra de receitas para o turismo e a economia, perigo de aluviões e enxurradas e a destruição de infraestruturas importantes do espaço urbano e rural, sendo também uma ameaça à saúde e à vida das populações das áreas atingidas, principalmente pelo comprometimento da qualidade atmosférica local e regional. Portanto, tal problemática possui elementos que abrangem diferentes aspectos, os quais se encontram integrados em suas consequências e desdobramentos.

A estimativa da importância dos impactos ambientais relacionados aos incêndios florestais é primordial para poder auxiliar na recomposição do meio afetado e a minimização dos impactos gerados. Soluções para este problema abrangem um conjunto de alternativas, desde o suporte à decisão na coordenação de combate aos incêndios, o mapeamento dos riscos, a gestão dos materiais inflamáveis, o conhecimento meteorológico local (umidade, temperatura, velocidade e direção do vento, precipitação), a gestão dos meios de combate, análises de ocorrências, avaliação dos efeitos dos incêndios, etc. Entre as ações implementadas para este fim, o geoprocessamento tem sido uma ferramenta utilizada para auxiliar no processo de tomada de decisão enquanto sistemas de apoio, sobretudo no sentido de aprimorar o gerenciamento e planejamento do solo, bem como diminuir as consequências danosas de tais eventos. O mapeamento dos riscos, cujo arcabouço teórico mostra sua aplicação em várias partes do mundo (Gai *et al.*, 2011; Adab *et al.*, 2013; Teodoro & Duarte, 2013; Kanga *et al.*, 2014; Ajin *et al.*, 2016; Bacani, 2016; Matin *et al.*, 2017; Said *et al.*, 2017), é útil para o manejo dos incêndios florestais

no sentido de minimizar os riscos e a propagação dessas ocorrências, além de favorecer uma melhor expressão das fragilidades do território, baseado no entendimento do fenômeno e possibilitando ações de combate mais rápidas e eficientes.

Gai *et al.* (2011) utilizaram os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para indicar as áreas de maior vulnerabilidade a ocorrências de incêndios florestais, utilizando como fatores de influência o uso da terra, a topografia e a climatologia na região Beijing, província da China. Adab *et al.* (2013) usaram diferentes índices de incêndios florestais, combinando a umidade da vegetação, declividade, aspecto, altimetria, distância das estradas, e uso do solo, para indicar áreas de maior risco ao surgimento de focos de calor ao norte do Irã, validando os resultados obtidos com focos de calor advindos do sensor MODIS. Matin *et al.* (2017) destacam três fatores como principais precursores na ignição e propagação de incêndios florestais resumidos em disponibilidade de combustíveis, temperatura e fator de ignição. Neste trabalho, foram analisados dados históricos de incidência de incêndios, com o objetivo de explorar os padrões espaciais e temporais de incêndios florestais no Nepal.

Entre as principais variáveis a serem mapeadas para apontar os riscos relacionados e a vulnerabilidade das áreas susceptíveis, destacam-se como fatores condicionantes às ocorrências de incêndios: declividade e altimetria, responsáveis pela propagação; uso do solo, temperatura, precipitação e orientação do relevo – principais percussores da ignição (Chuvienco & Congalton, 1989 ; Dalcumune & Santos, 2005; Venturi & Antunes, 2007; Ferraz & Vettorazzi, 2008; Souza *et al.*, 2009; Prudente, 2010; Kazmierczak, 2015).

Considerando o município de Petrópolis, situado no estado do Rio de Janeiro, especialmente por suas características geobiofisiográficas, sobretudo o relevo, a pluviometria e as áreas de proteção, o objetivo deste trabalho é identificar sua vulnerabilidade às ocorrências de incêndio florestais, através da aplicação de tecnologias digitais de geoprocessamento (SIG e Sensoriamento Remoto), com a construção de um mapa de susceptibilidade, cujas classes, em

diferentes níveis de hierarquia, apontam as principais áreas e suas potencialidades à ocorrência de incêndios florestais, constituindo-se em um importante produto que poderá subsidiar, permitir e facilitar a avaliação, análise e gestão destes fenômenos em escala local.

2 Materiais e Métodos

2.1 Área de Estudo

O município de Petrópolis, Figura 1, está localizado na região serrana do estado do Rio de Janeiro – Brasil (latitude 22°30'17" S e longitude 43°10'42" O), com área de 795,80 km², população de 298.235 habitantes e densidade demográfica de 371.85 hab./km² (IBGE, 2016). O clima é do tipo Cfb (temperado e úmido), com pluviometria média anual acumulada de 1929 mm, segundo os dados advindos do *WorldClim* (2017), período entre 1970-2000. Predomina vegetação remanescente de Mata Atlântica, sobretudo nas unidades de conservação, coexistindo com uma forte presença de culturas e campos antrópicos.

2.2 Metodologia

A metodologia adotada está baseada em cinco abordagens integradas:

a) Condicionantes. Foram consideradas seis variáveis como principais fatores contribuintes para a deflagração dos incêndios florestais, os quais, em períodos de baixo regime de chuvas, contribuem de forma significativa para a ocorrência de um incêndio florestal. São eles: declividade do terreno, forma de ocupação antrópica, temperatura, precipitação, orientação das encostas e hipsometria;

b) Obtenção e preparação dos dados. Os dados obtidos foram adquiridos junto aos órgãos de planejamentos, conforme Tabela 1;

Dado Espacial	Formato	Escala/Resolução	Órgão
Uso e Cobertura do Solo	Vetor	1:100.000	INEA
Temperatura	Matriz	1km ²	WorldClim
Precipitação	Matriz	1km ²	WorldClim
Orientação das Encostas	Vetor	1:100.000	IBGE
Altimetria	Vetor	1:100.000	IBGE
Declividade	Vetor	1:100.000	IBGE

Tabela 1 Relação dos dados obtidos por Formato, Escala/Resolução e Órgão

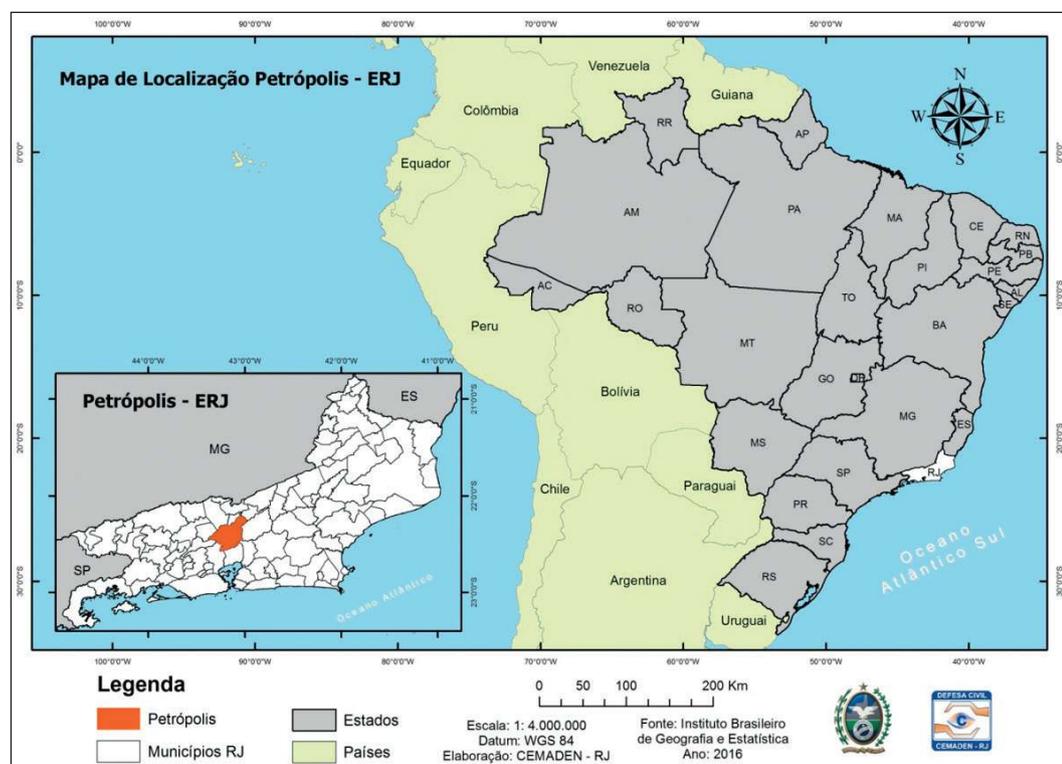


Figura 1 Localização do Município de Petrópolis.

c) Tratamento dos dados e geração dos produtos. Todos os dados agregados em formato vetorial, posteriormente foram convertidos para o formato matricial, gerando os mapas de Uso e Cobertura do Solo, Orientação das Encostas, Altimetria e Declividade. Os dados obtidos em formato matricial foram utilizados para a construção dos mapas de Temperatura e Precipitação;

d) Avaliação dos focos de incêndio. A aquisição e avaliação dos registros de focos de calor detectados pelo satélite AQUA – MT (INPE, 2007), disponíveis em arquivo tabular ou *shapefile*, foram analisados na escala temporal: anual, mensal e horária; cuja análise investigou os anos, meses e horários com maior incidência de queimadas;

e) Validação dos resultados obtidos. Após a conclusão do mapeamento, a validação do produto final foi realizada através da comparação dos focos de calor registrados com o mapeamento das áreas susceptíveis e a apresentação dos resultados à defesa civil municipal. Os focos de calor foram espacializados e sobrepostos às respectivas classes de susceptibilidade: alta, média e baixa. Posteriormente, os valores de células contidos no mapa foram extraídos e comparados com os registros de focos de calor, estabelecendo a precisão das classes de susceptibilidade.

Os procedimentos de edição foram realizados na plataforma computacional *ArcGIS*, da ESRI e construção dos mapas foram realizados no *software Qgis*. O fluxograma da Figura 2 exhibe os procedimentos metodológicos do trabalho.

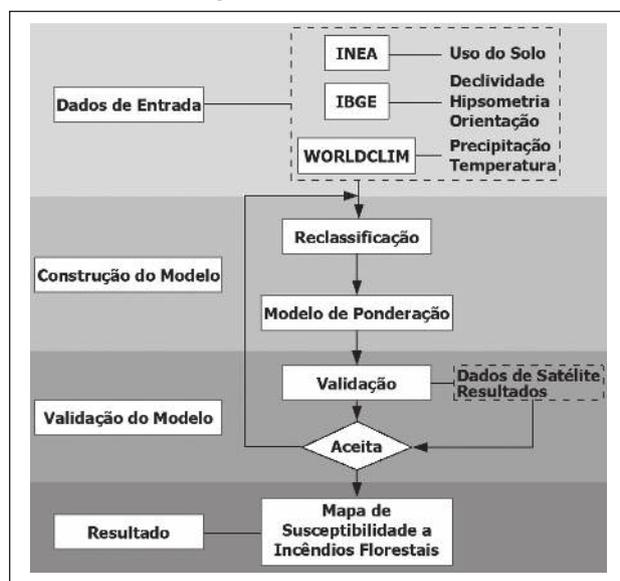


Figura 2 Fluxograma da metodologia aplicada no estudo.

3 Resultados

Do ponto de vista da análise espacial da região e considerando os focos de incêndios no município de Petrópolis, os principais resultados incluem os mapas de declividades, altimetria, orientação das encostas, uso e cobertura do solo, precipitação e temperatura, principais condicionantes que subsidiaram a elaboração do mapa de susceptibilidade aos incêndios florestais do município. A integração desses dados, o mapa de susceptibilidade e suas respectivas análises servem de subsídio para a **determinação de** diretrizes em apoio ao planejamento local sobre os incêndios florestais e seus desdobramentos.

3.1 Declividade

Trata-se de uma variável topográfica que ocasiona elevada propagação das chamas e a direção, facilitando a transferência de calor no sentido do aclave.

O mapa de declividade foi construído a partir de curvas de nível, em formato vetorial e com variação altimétrica de 10 metros. Os dados foram convertidos em MDE's (Modelos Digitais de Elevação) em formato matricial, originando a declividade percentual do terreno, reclassificada conforme metodologia proposta pela EMBRAPA (2006): 0% a 3% (Relevo Plano), 3% a 8% (Relevo Suavemente Ondulado), 8% a 20% (Relevo Ondulado), 20% a 45% (Relevo Fortemente Ondulado), 45% a 75% (Relevo Montanhoso) e acima de 75% (Relevo Fortemente Montanhoso). Cada classe foi ordenada à susceptibilidade de ocorrência de incêndios, conforme Tabela 2. O resultado final é mostrado no mapa da Figura 3.

Classe	Declividade em Classes Percentuais
Baixa	0% a 20%
Média	20% a 45%
Alta	>45%

Tabela 2 Classificação atribuída à categoria de susceptibilidade para declividade.

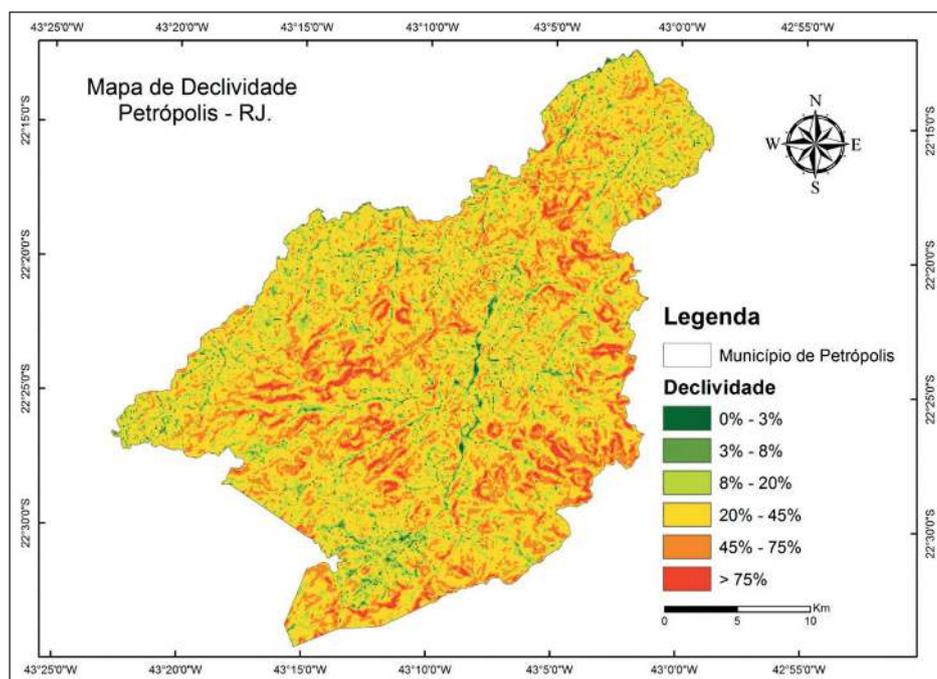


Figura 3 Declividades predominantes na área de estudo.

3.2 Altimetria

Associadas à declividade, elevadas altitudes dificultam o acesso e o combate aos focos de incêndios. Para obter o mapa de altimetria, foram estabelecidas três classes altimétricas, a partir da amplitude hipsométrica, da área de estudo, aplicando-se para cada classe coeficientes de vulnerabilidade associados à susceptibilidade de ocorrência de incêndio florestal, conforme Tabela 3. O mapa altimétrico é mostrado na Figura 4.

Classe	Altimetria
Baixa	60m a 500m
Média	500m a 1400m
Alta	1400m a 2400m

Tabela 3 Classificação atribuída à categoria de susceptibilidade para Altimetria.

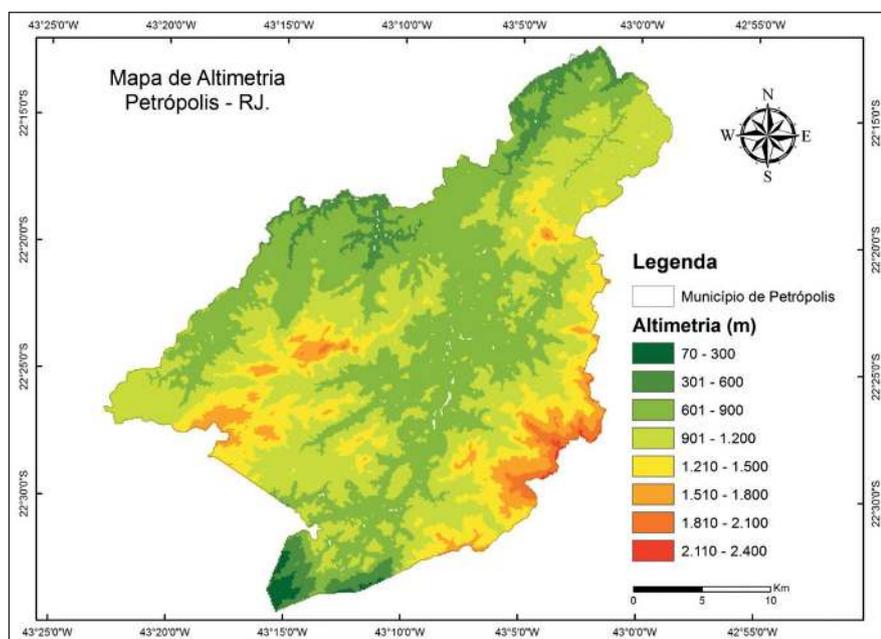


Figura 4 Altitudes predominantes na área de estudo.

3.3 Orientação das Encostas

Segundo Venturi & Antunes (2007), o perigo de ocorrência de incêndios florestais é diretamente proporcional à maior exposição do relevo à incidência solar e, por conseguinte, ao aquecimento mais rápido do material combustível.

A partir da classificação adaptada de Ferraz & Vettorazzi (1998) para o hemisfério Sul, foi determinada a susceptibilidade de incêndio para todas as faces de exposição e suas respectivas classes, gerando o mapa de orientação das encostas conforme Tabela 4 e Figura 4.

Classe	Exposição do Terreno
Baixa	Sudeste, Sul e Sudoeste
Média	Leste e Nordeste
Alta	Noroeste, Oeste e Norte

Tabela 4 Classificação Atribuída à Categoria de Susceptibilidade para Exposição do Terreno.

3.4 Uso e Cobertura do Solo

Através do mapa de uso e cobertura do solo (INEA, 2010), foi identificada a biomassa existente na área de estudo, cujas categorias (descritas na tabela 5), segundo Chuvieco & Congalton (1989), Dalcumune & Santos (2005), Ferraz & Vettorazzi (2008) e Kazmierczak (2015), são consideradas os principais contribuintes para a deflagração dos Incêndios Florestais. O mapa da figura 6 mostra o uso e cobertura do solo da região.

Classe	Combustibilidade
Nula	Água/Afloramento Rochoso
Baixa	Ocupação Urbana
Média	Floresta/Vegetação Secundária em Estágio Inicial/ Agricultura (café)/Agricultura
Alta	Pastagem/Pastagem em Várzea

Tabela 5 Classificação atribuída à categoria de susceptibilidade para biomassa

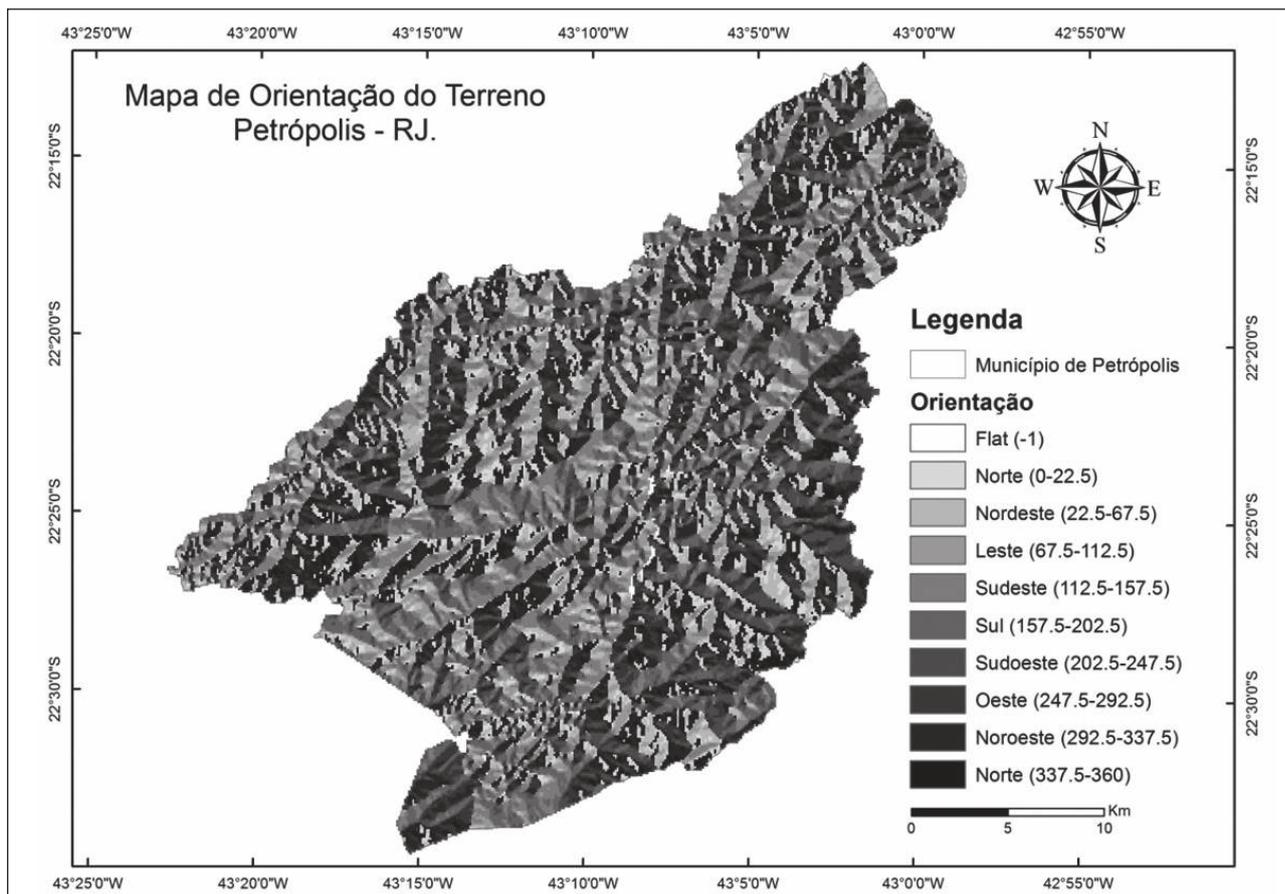


Figura 5 Orientação das encostas predominantes na área de estudo

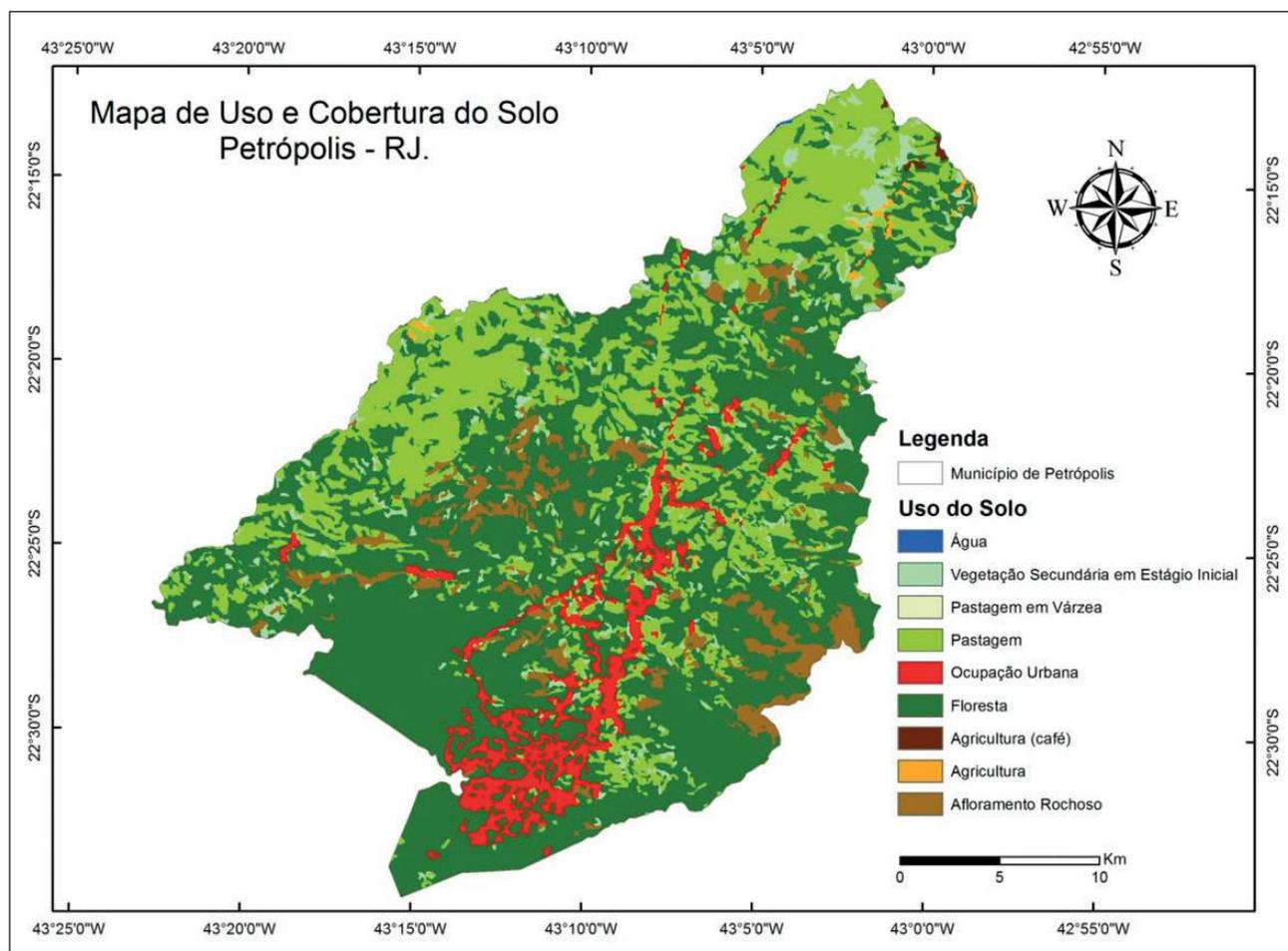


Figura 6 Uso e cobertura do solo na área de estudo.

3.5 Precipitação

A quantidade de chuvas afeta a umidade do material combustível e a temperatura do ar. De acordo com Kazmierczak (2015), 15 mm de chuvas distribuídas de forma homogênea durante 48 horas bastam para saturar os materiais combustíveis mortos, reduzindo assim a ocorrência de incêndios.

Para avaliar a precipitação média acumulada, foram consideradas as precipitações mensais, segundo série histórica de 1970 a 2000, cujos dados geraram o mapa de precipitação anual e a partir do qual foi efetuada a classificação de susceptibilidade aos incêndios florestais, conforme a distribuição pluviométrica descrita na Tabela 6. A Figura 7 mostra a distribuição da precipitação na região.

Classe	Precipitação
Baixa	1800 mm a 2115 mm
Média	1725 mm a 1800 mm
Alta	1600 mm a 1725 mm

Tabela 6 Classificação atribuída à categoria desusceptibilidade para precipitação.

3.6 Temperatura

A temperatura média do ar interfere de forma indireta no aparecimento e propagação do fogo, uma vez que afeta a umidade relativa, associado ao grau de inflamabilidade do material combustível. Para avaliar a temperatura média anual, foram consideradas as temperaturas mensais segundo série histórica de 1970 a 2000, gerando o mapa de temperatura média anual (Figura 8). Posteriormente, foi efetuada

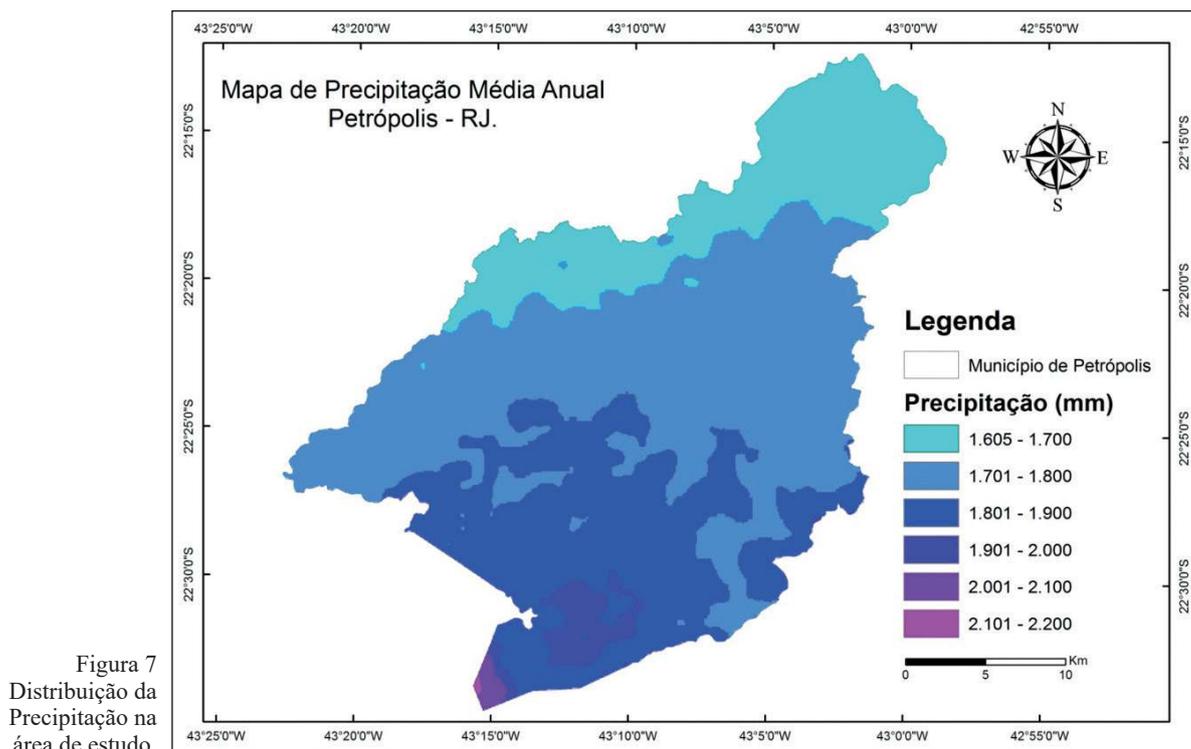


Figura 7
Distribuição da
Precipitação na
área de estudo.

a classificação da susceptibilidade de incêndios florestais, conforme a distribuição térmica descrita na Tabela 7.

Classe	Temperatura
Baixa	12 °C a 18 °C
Média	16 °C a 19 °C
Alta	20 °C a 22 °C

Tabela 7 Classificação atribuída à categoria de susceptibilidade para temperatura

3.7 Mapa de Susceptibilidade a Incêndios Florestais

A construção do mapa de susceptibilidade baseou-se na integração dos condicionantes elencados, a partir da aplicação de um modelo de ponderação, adaptado de Prudente (2010), o qual indica os níveis de influência de cada condicionante na ocorrência de incêndios florestais, conforme equação (1). O modelo de ponderação, realizado para a integração das condicionantes, resultou dos arquivos em formato matricial, multiplicados pelo seu peso específico, sendo posteriormente somados por sobreposição, produzindo o mapa de susceptibilidade de incêndios florestais.

$$\text{Susceptibilidade} = 30U + 15T + 25P + 10D + 10A + 10E \quad (1)$$

Em que:

U = coeficiente de susceptibilidade à incêndios florestais segundo o uso da terra;

T = coeficiente de susceptibilidade à incêndios florestais segundo a temperatura;

P = coeficiente de susceptibilidade à incêndios florestais segundo a precipitação;

D = coeficiente de susceptibilidade à incêndios florestais segundo a declividade;

A = coeficiente de susceptibilidade à incêndios florestais segundo a altimetria;

E = coeficiente de susceptibilidade à incêndios florestais segundo a orientação das encostas.

Os valores obtidos pelo somatório dos mapas-base variaram entre 70 a 300. Com isso, o mapa de Susceptibilidade a Incêndios Florestais para o município de Petrópolis – RJ (figura 9) foi reclassificado para delimitar três classes potenciais à ocorrência de incêndios: 1 - Baixa (70 a 170); 2 - Média (170 a 225)

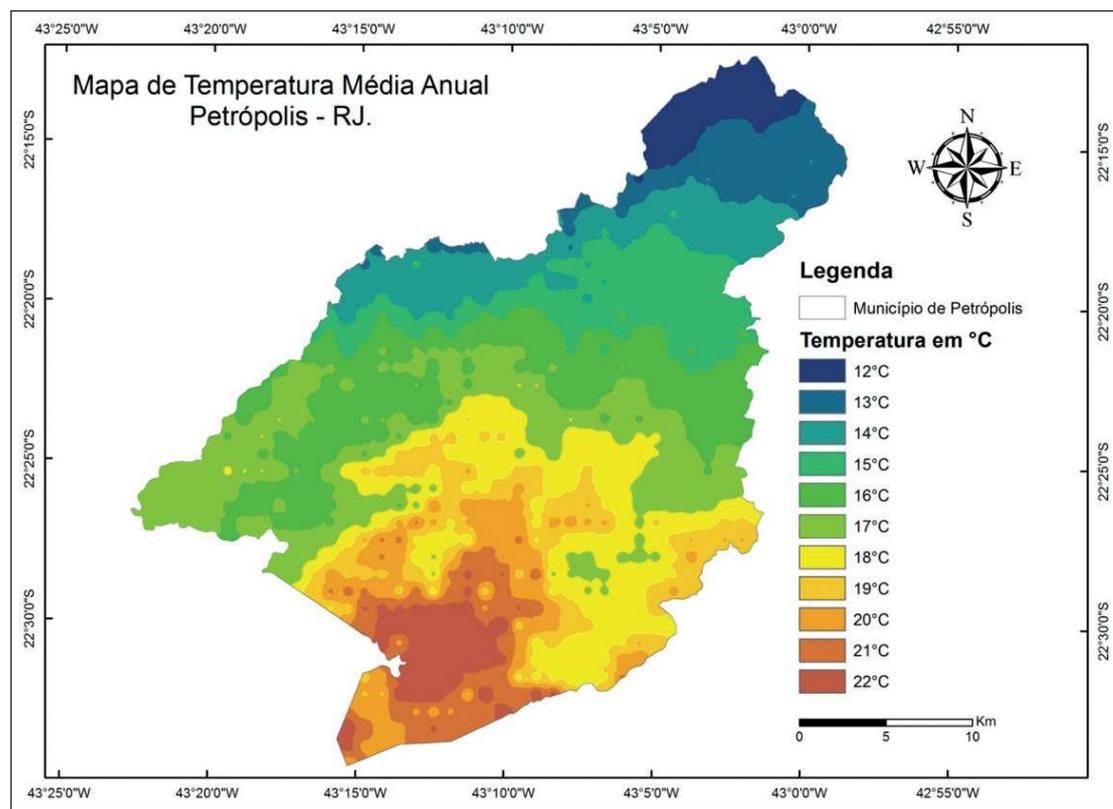


Figura 8
Temperaturas predominantes na área de estudo.

e 3 - Alta (225 a 300); a partir da amplitude calculada pelas quebras naturais de classe, com o objetivo de agrupar valores semelhantes e maximizar as diferenças entre classes. Para a determinação do percentual de área estimado, o mapa produzido foi transformado de coordenadas geográficas (latitude e longitude) para coordenadas métricas (UTM, E e N), utilizando o Sistema de Referência SIRGAS 2000, fuso 23S e meridiano central 45, com fator de deformação de escala $k = 0.9996$, o que denotou a estimativa de área para cada classe de susceptibilidade proposta.

4 Discussão

As declividades indicam que 78% da área de estudo são compostas por terrenos montanhosos e/ou escarpado, refletindo elevada probabilidade de propagação de chamas, simultaneamente dificultando o acesso aos locais para o combate aos focos de calor.

A altimetria do terreno destaca que as maiores altitudes compreendem áreas onde estão situadas as

unidades de conservação do município, e em conjunto com a elevada declividade proporcionam grande dificuldade de acesso aos focos de calor, dificultando as ações de combate aos incêndios florestais.

As faces das encostas orientadas para Norte (N), Noroeste (NW) e Oeste (W) ocupam 37 % do território. As faces sinalizadas recebem maior quantidade de energia radiante por unidade de tempo e área, refletindo em maior secagem do material combustível, aumentando o risco de ignição e propagação.

O uso e cobertura do solo indicam que 26% de seu território são compostos por Pastagem/Pastagem em Várzea, representando elevado potencial de inflamabilidade; 6% de Água/Afloramento Rochoso, indicando probabilidade nula de incêndios; 6% de Ocupação Urbana; e 62% de Floresta/Vegetação Secundária em Estágio Inicial/Agricultura (café)/Agricultura, indicando respectivamente áreas sob e pouca influência de atividades humanas.

O mapa de precipitação anual sinaliza uma diminuição do total pluviométrico acumulado, ao deslocar-se da região sul-sudoeste, entre 1925 mm e

Mapeamento de Áreas Susceptíveis a Incêndios Florestais do Município de Petrópolis – RJ

Leandro de Souza Camargo; Rodrigo Werner da Silva; Silvia Santana do Amaral; Aline Pimentel da Silva; Tiago Ferrelli & Marcos Paulo Dias da Silva

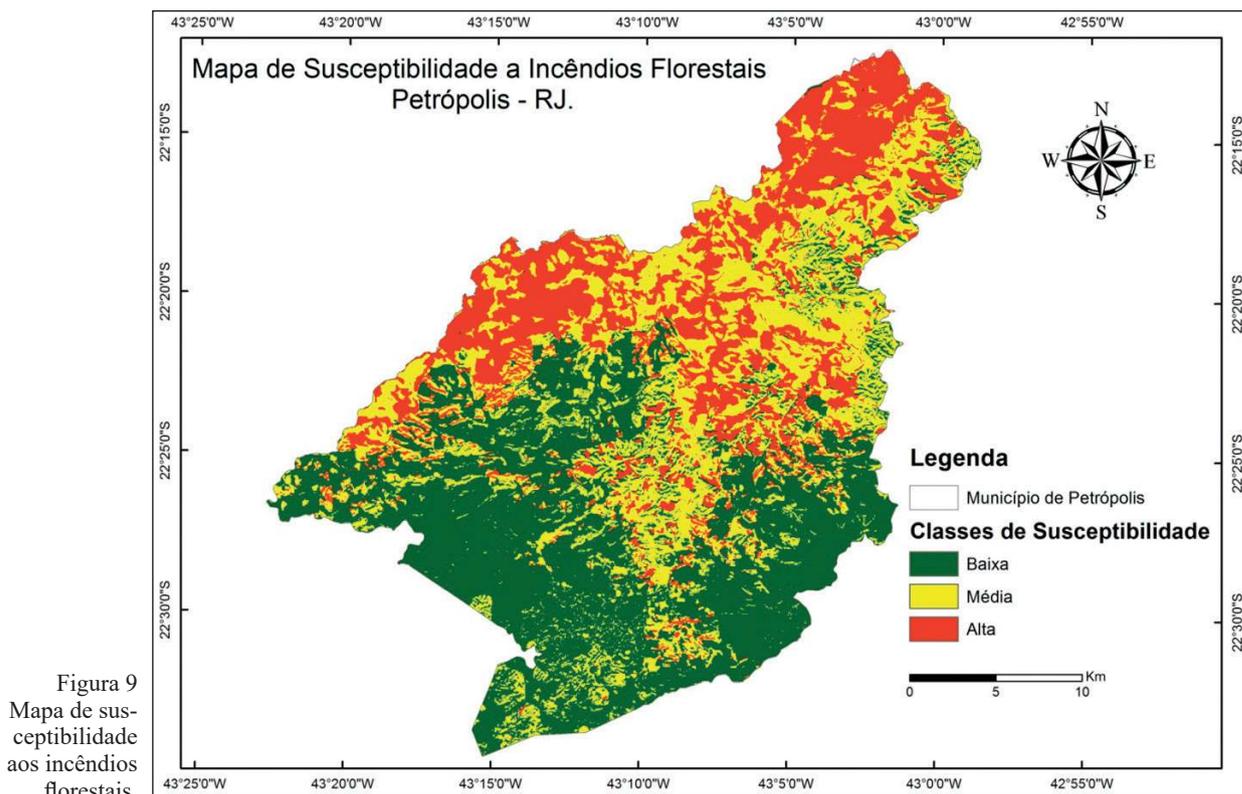


Figura 9 Mapa de susceptibilidade aos incêndios florestais.

2125 mm; 20% da área de estudo para região norte e noroeste, entre 1600 e 1680 mm, correspondendo a um percentual de 29% da respectiva região e acarretando na diminuição da umidade do material combustível, fator que representa maior risco de combustão.

O mapa de temperatura média anual indica que 36,4% do território apresentam temperaturas entre 20°C e 22°C, diminuindo o teor de umidade do combustível, o que favorece os processos de queima.

O mapa de susceptibilidade aos incêndios florestais do município de Petrópolis – RJ foi ainda separado por distritos (figura 10), gerando uma estimativa de área em quilômetros quadrados, com percentual equivalente para cada classe de susceptibilidade. De tal modo, os distritos de Pedro do Rio e Posse representaram a maior porção do território susceptível a este tipo de evento.

A maior ocorrência de focos de incêndio concentrou-se nos anos de 2007, 2011 e 2014, sendo 2014 o ano de maior representatividade, com aproximadamente 103 focos. Considerando 12 meses de

observação, Agosto (59 focos), Setembro (96 focos) e Outubro (132 focos) obtiveram maior concentração de focos de calor, quando comparados com os demais meses do ano.

A análise diária e horária dos focos de incêndio para o trimestre (Tabela 8) demonstrou haver maior concentração dos focos entre o 21º ao 31º dia para o mês de Agosto, com distribuição uniforme para o mês de Setembro e um predomínio agrupamento de eventos entre o 11º ao 20º dia para o mês de Outubro, evidenciando-se o horário entre 13:30h – 13:59h como crítico.

Focos de Incêndio					
Análise Diária			Análise Horária		
1º ao 10º	11º ao 20º	21º ao 31º	13h – 13:29h	13:30h – 13:59h	14h – 14:30h
Agosto					
5	14	40	7	42	10
Setembro					
32	32	32	19	59	18
Outubro					
9	120	3	51	72	9

Tabela 8 Análise Horária e Diária para os meses de Agosto, Setembro e Outubro.

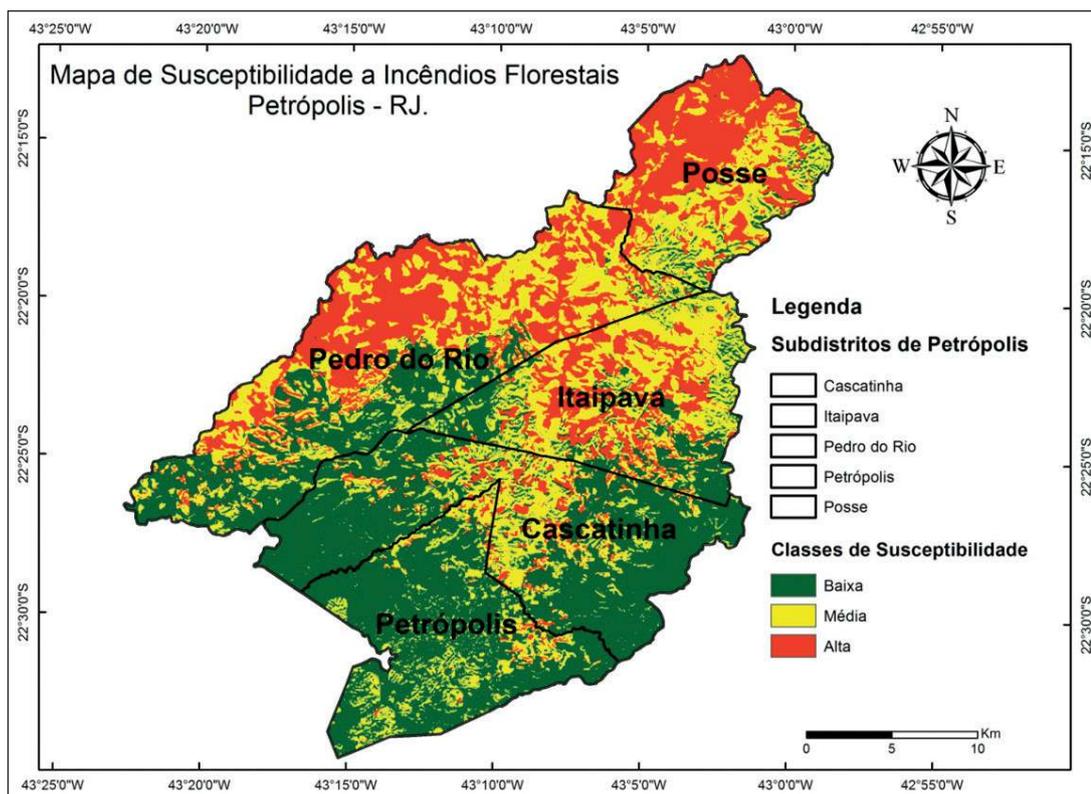


Figura 10
Mapa de Susceptibilidade a Incêndios Florestais, separado por distritos.

As relações entre os focos de calor e o mapa de susceptibilidade, especificamente para cada distrito: Petrópolis, Itaipava, Cascatinha, Posse e Pedro do Rio, são descritas na Tabela 9, onde esta aborda as classes de susceptibilidade à ocorrência de incêndios florestais, a área estimada em quilômetros quadrados, em valores absolutos e percentuais, além da concentração dos focos de calor.

5 Conclusões

As variáveis usadas como condicionantes aos eventos de incêndios florestais indicam que uma parcela significativa do município é propensa aos eventos de incêndio florestal.

Os dados analisados destacam os anos de 2007, 2011 e 2014 como os mais propensos ao surgimento de focos de calor, considerando 12 anos de observação, com o ano de 2014 registrando expressivo número de ocorrências. Considerando os 12 meses do ano, Agosto, Setembro e Outubro são os meses que acumulam maior número de ocorrências registradas, com maior densidade de eventos no mês

Distritos			Relação entre os Focos de Incêndio Classes de Susceptibilidade	
Petrópolis			Período 2002 - 2014	
Classes	Área (km ²)	%	1*	2*
Baixa	103,27	77,58%	11	57,89%
Média	26,95	20,25%	7	36,84%
Alta	2,88	2,17%	1	5,19%
Itaipava			Período 2002 - 2014	
Baixa	33,81	25,56%	21	27,63%
Média	62,7	47,40%	33	43,42%
Alta	35,76	27,04%	22	28,95%
Cascatinha			Período 2002 - 2014	
Baixa	129,64	71,49%	32	57,14%
Média	39,97	22,04%	18	32,14%
Alta	11,73	6,47%	6	10,72%
Pedro do Rio			Período 2002 - 2014	
Baixa	67,65	28,33%	34	29,05%
Média	82,95	34,73%	50	42,74%
Alta	88,22	36,94%	33	28,21%
Posse			Período 2002 - 2014	
Baixa	7,16	6,59%	2	5,26%
Média	42,67	39,22%	20	52,63%
Alta	58,97	54,20%	16	42,11%

Tabela 9 Relação entre os focos de Incêndio e Classes de Susceptibilidade por Distritos. 1* Número de Focos de Incêndio detectados pelo sensor AQUA-MT; 2* Percentual de Focos estimado por classe de Susceptibilidade.

de Outubro, com criticidade no horário entre 13:30h – 13:59h, na passagem diurna do satélite AQUA – MT.

O mapeamento de risco apresentou convergência entre os focos de calor registrados e as ações da defesa civil municipal, destacando os distritos de Pedro do Rio e Posse como os mais vulneráveis aos eventos de incêndio, devido à proporção de sua área classificada com alta susceptibilidade e concentração de focos de calor em seus territórios.

Os resultados obtidos foram apresentados aos gestores estaduais, municipais, equipes técnicas e operacionais, bem como ao 15º GBM, que os consideraram convergentes com as operações de combate a incêndios verificados pelos órgãos de resposta local, de modo a corroborar com o produto cartográfico gerado.

Portanto, consideramos que este estudo não seja a única fonte de avaliação de áreas suscetíveis a incêndios florestais e sim mais uma ferramenta de contribuição para a gestão pública, no sentido de orientar a minimização de desastres desta natureza.

6 Agradecimentos

Agradecemos ao DSc. Corbiniano Silva, Major BM Marques e todo quadro operacional do Cemaden – RJ pelas elevadas contribuições a este trabalho.

7 Referências

- Adab, H.; Kanniah, K.D. & Solaimani, K. 2013. Modeling forest fire risk in the northeast of Iran using remote sensing and GIS techniques. *Natural hazards*, 65(3): 1723-1743.
- Ajin, R.S.; Loghini, A.M.; Vinod, P.G. & Jacob, M.K. 2016. Forest Fire Risk Zone Mapping Using RS and GIS Techniques: A Study in Achankovil Forest Division, Kerala - India. *Journal of Earth, Environment and Health Sciences*, 2(3): 109-115.
- Bacani, V.M. 2016. Geoprocessing Applied to Risk Assessment of Forest Fires in the Municipality of Bodoquena, MS - Brasil. *Revista Árvore*, 40(6): 1003-1011.
- Chuvieco, E. & Congalton, R.G. 1989. Application of Remote Sensing and Geographic Information Systems to Forest Fire Hazard Mapping. *Remote Sensing of Environment*, 29: 147-159.
- Dalcumune, M.A.B & Santos, A.R.D. 2005. Mapeamento de Índice de Risco de Incêndio Para a Região da Grande Vitória/ES, Utilizando Imagens do Satélite LANDSAT Para o Ano de 2002. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, Goiânia, 2005. Anais, Goiânia, INPE, p. 1485-1492.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2006. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília, Distrito Federal. 306 p.
- Ferraz, S.F.B. & Vettorazzi, C.A. 1998. Mapeamento de Risco de Incêndio Florestais por Meio de Sistema de Informações Geográficas (SIG), SP-Brasil. *Scientia Florestalis*, 53: 39-43.
- Fick, S. E. & Hijmans, R. J. 2017. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal Of Climatology*, 37 (12): 4302-4315.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2016. *Bases Cartográficas e Contínuas*. Disponível em: <<https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa218986>>. Acesso em: Junho de 2017.
- Gai, C., Weng, W. & Yuan, H. 2011. GIS-Based Forest Fire Risk Assessment and Mapping. In: 4th INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON COMPUTATIONAL SCIENCES AND OPTIMIZATION, 4, Yunnan, 2011. Conference paper, China, IEEE, p. 1240-1244
- INEA - Instituto Estadual do Ambiente. 2010. *O Estado do Ambiente - Indicadores do Rio de Janeiro 2010*. Rio de Janeiro - Brasil. Disponível em <<http://www.inea.rj.gov.br/Portal/index.html>>. Acesso em: Junho de 2017.
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2007. *Banco de Dados de Queimadas*. São José dos Campos – São Paulo. Disponível em <<https://prodwww-queimadas.dgi.inpe.br/bdqueimadas>>. Acesso em: Junho de 2017.
- Kanga, S.; Sharma, L.K.; Pandey, P.C. & Nathawat, M.S. 2014. GIS Modeling Approach for Forest Fire Risk Assessment and Management. *J. Adv. Rem. Sen. GIS Geography*, 2(1): 30-44.
- Kazmierczak, M.L. 2015. Sensoriamento Remoto para Incêndios Florestais. In: SAUSEN, T.M. & LACRUZ, M.S.P. (eds.). *Sensoriamento remoto para desastres*. Editora Oficina de Textos, p. 142-168.
- Matin, M.A.; Chitale, V.S.; Murthy, M.S.; Uddin, K.; Bajracharya, B. & Pradhan, S. 2017. Understanding Forest Fire Patterns and Risk in Nepal Using Remote Sensing, Geographic Information System and Historical Fire Data. *International Journal of Wildland Fire*, 26(4): 276-286.
- Prudente, T.D. 2010. *Geotecnologias aplicadas ao mapeamento de risco de incêndio florestal no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros e área de entorno*. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Dissertação de Mestrado, 114p.
- Said, S.N.M.B.M.; Zahran, E.S.M.M. & Shams, S. 2017. Forest Fire Risk Assessment Using Hotspot Analysis in GIS. *The Open Civil Engineering Journal*, 11: 786-801.
- Souza, L.G.; Sousa, G.M.; Coura, P.H.F.; Fernandes, M.C. & Menezes, P.M.L. 2009. Avaliação de Modelos Digitais de Elevação para Estudos Geoecológicos no Maciço da Pedra Branca – RJ. *Anuário do Instituto de Geociências*, 32(1): 21-33.
- Teodoro, A.C. & Duarte, L. 2013. Forest Fire Risk Maps: a GIS Open Source Application—a Case Study in Northwest of Portugal. *International Journal of Geographical Information Science*, 27(4): 699-720.
- Venturi, N.L. & Antunes, A.F.B. 2007. Determinação de Locais Ótimos para Implantação de Torres de Vigilância para Detecção de Incêndios Florestais por Meio de Sistema de Informações Geográficas, PR – Brasil. *Revista Floresta*, 37(2): 159-173.