

CAPÍTULO 11

MODELAGEM DE RISCO DE INCÊNDIOS EM FLORESTAS NATURAIS COM O USO DE GEOTECNOLOGIAS

**Ronie Silva Juvanhol
Nilton Cesar Fiedler
Alexandre Rosa dos Santos**

1 Introdução

O fogo é um agente de grande impacto na modificação de florestas naturais e plantios florestais. Representa uma grave ameaça a fauna e flora local, compromete a qualidade dos corpos d'água, ocasiona perdas significativas de madeira e um alto custo operacional para o seu combate. De acordo com as estatísticas sobre florestas em 47 países (que representam 53,9% de áreas de floresta do mundo) pela Organização de Alimentos e Agricultura das Nações Unidas, a área média de incêndio a cada ano foi de $6,73 \times 10^6$ ha entre 1881 a 1990, correspondendo por 0,47% de áreas florestais mundiais (KONG et al., 2003).

A frequente ocorrência de incêndios é uma das razões para a degradação das florestas no Brasil. De 1983 a 2002, foram registrados 23088 ocorrências de incêndios florestais e área queimada de 485788,5ha (SOARES et al., 2006). No estado do Espírito Santo, nos anos de 2007 a 2012, foram registrados mais de 2500ha de área queimada no interior e no entorno de áreas protegidas, ocasionando redução dos fragmentos florestais e perda da biodiversidade, principalmente em Unidades de Conservação estaduais (TEBALDI et al., 2013). Assim, cada vez mais os gestores florestais têm percebido a importância de desenvolver metodologias para monitorar e conhecer os fatores potenciais que influenciam a ocorrência de incêndios.

A análise de fatores que condicionam a sua ocorrência, distribuição espacial e temporal, são importantes pois quando reunidos e integrados, permitem identificar quais as áreas mais problemáticas servindo assim de suporte na discussão de ações que possibilitem a redução do risco, numa perspectiva de prevenção. Também permite determinar o grau do risco de incêndios com base na sua localização. Desta forma, é um instrumento potencial de apoio na tomada de decisões e estratégias de combate.

Segundo Chuvieco e Congalton (1989), Ferraz e Vettorazzi (1998) o zoneamento de risco de incêndios florestais pode ser obtido por meio da sobreposição de vários mapas temáticos que representam os fatores de risco e da interação ponderada entre esses fatores em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) pela efetiva capacidade de modelagem computacional. Cada fator então representa um atributo da área que

condiciona algum risco para o início e propagação do fogo. Os fatores físicos (orientação do relevo, declividade e altitude), biológicos (tipo de vegetação), socioeconômicos (proximidade a estradas e residências) e climáticos (precipitação, temperatura, vento e umidade relativa) podem ser utilizados como se apresenta em estudos desenvolvidos por Cardille et al. (2001), Yang et al. (2007), Catry et al. (2009) e Juvanhol (2014).

A interação ponderada entre os fatores é um componente importante na correta determinação das 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 problemas, sendo possível identificar as alternativas prioritárias para o objetivo considerado. Proposto por Saaty em 1977, o método AHP – *Analytic Hierarchy Process* destaca-se como uma importante técnica de tomada de decisão multicriterial para definição de pesos aos fatores.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi determinar áreas de risco de incêndio florestal com aplicação do método AHP em SIG, em uma importante área florestal remanescente de floresta natural no estado do Espírito Santo, Brasil.

2 Metodologia

2.1 Área de estudo

Reconhecida como Patrimônio Natural da Humanidade em 1999 pela UNESCO, a Reserva Natural Vale (RNV) é um dos 14 centros de alta diversidade e endemismo do Brasil e uma das áreas de conservação mais bem protegidas da América do Sul (GENTRY et al., 1997; PEIXOTO e SILVA, 1997). Apresenta a segunda maior reserva de Mata dos Tabuleiros ou Zona Costeira (Hiléia Baiana) do estado do Espírito Santo (MARTIN et al., 1993), com 22 mil hectares, localizada ao Norte do estado, nos municípios de Linhares, Sooretama e Jaguaré, entre as coordenadas geográficas de 18°58' e 19°16' de latitude Sul e 39°50' e 40°7' de longitude Oeste. A área de entorno que condiciona a faixa de monitoramento e proteção da reserva é representada por 3km de raio que perfaz toda a extensão da reserva e pequena parte da Reserva Biológica (REBIO) de Sooretama com limite na rodovia federal BR-101. A área total do estudo apresenta aproximadamente 68 mil hectares (Figura 1).



Figura 1. Localização da área de estudo.

O clima da região é do tipo Awi de Köppen, tropical quente e úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Os dados do posto agrometeorológico da reserva indicam uma precipitação pluviométrica média anual de 1200mm e temperatura média de 23,3°C (ROLIM, 2006).

A vegetação está localizada nos domínios da Floresta Ombrófila Densa (IBAMA, 2004), sendo classificada como Floresta Estacional Perenifólia, que representa uma tipologia intermediária entre a primeira e a Floresta Estacional Semidecidual (JESUS e ROLIM, 2005).

2.2 Fatores relevantes ao risco de incêndio florestal

Com base nos princípios da particularidade regional foram selecionados três tipos de fatores de risco de incêndio florestal na área de estudo: biológico (uso e ocupação da terra), físico (orientação do relevo e declividade) e socioeconômico (densidade populacional e proximidade a residências e rede de estradas).

2.2.1 Uso e ocupação da terra

Diferentes tipos de vegetação têm diferentes combustibilidades. Para o mapeamento do uso e ocupação da terra foi utilizada as aerofotos digitais da região de estudo, dos anos 2007-2008, disponibilizadas pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA).

O mapeamento foi obtido por meio da digitalização da ortofoto, em escala de 1:35.000 e resolução espacial de 1m, no aplicativo computacional *ArcGIS/ArcINFO* 10.2 A digitalização via tela foi feita por meio das técnicas de fotointerpretação (interpretação visual das imagens) na escala de 1:1.500. Em caso de dúvidas, procedeu-se uma ampliação do campo visual da imagem até uma escala de 1:5.000 para interpretação da

variável mapeada e posterior digitalização. Para verificação da classe mapeada foram ainda realizadas visitas a campo e coletados pontos com o aparelho *GPS Garmin 60 CSX*.

A sensibilidade da vegetação ao fogo está relacionada com a sua composição, estágio de desenvolvimento e tipo de manejo. O uso e apropriação dos recursos naturais da região se dão em diversas modalidades (Figura 2a). As áreas de entorno da reserva foram desmatadas e ocupadas, em sua maioria por monoculturas de café, cana-de-açúcar, pecuária de baixa densidade, fruticultura, em grandes propriedades. Quatro formações vegetais naturais estão presentes: 1) Floresta alta, destaca-se por apresentar árvores de maior porte que atingem até 40m de altura; 2) Floresta de mussununga que reveste as áreas da floresta alta, com árvores de menor porte, em geral menores que 20m; 3) Áreas inundadas, podendo ser encontrados trechos permanentemente inundados (brejo e floresta de brejo) ou alagamentos periódicos (floresta ciliar). Em ambos os casos, sempre existe um curso d'água no entorno destas formações ou percorrendo seu interior; 4) Campos nativos, destacam-se pelo predomínio de herbáceas e lenhosas não arbóreas estabelecido em solo arenoso. O solo é coberto por serapilheira e em alguns pontos, onde a camada de serapilheira é ausente, ocorrem populações de briófitas formando turfas.

2.2.2 Topografia

A topografia é um importante fator físico entre os fatores de risco de incêndio, que está relacionado com o comportamento do vento e que afeta a propensão do fogo (RAJEEV et al., 2002). A topografia pode afetar o surgimento e a propagação do incêndio florestal, por meio da mudança de fluxo de ar e microclima local (ZANG et al., 2003). Compreende principalmente a altitude, declividade e orientação do relevo. Os mapas de orientação do relevo (Figura 2b) e declividade (Figura 2c) foram obtidos por meio de um Modelo Digital de Elevação (MDE), proveniente de uma imagem matricial de radar ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*), com resolução espacial de 30m.

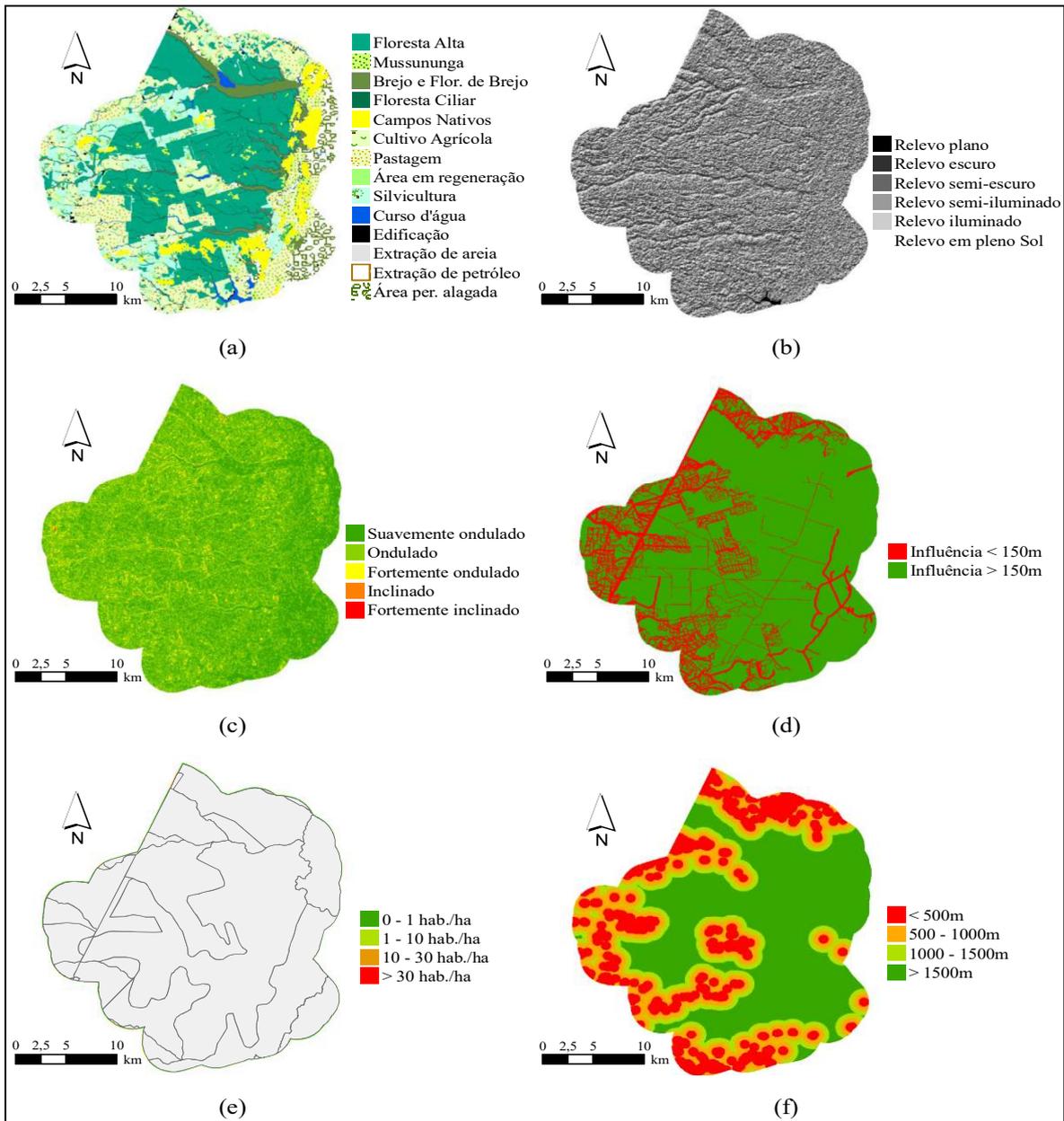


Figura 2. Mapa das variáveis relevantes ao risco de incêndio florestal. (a) Uso e ocupação da terra; (b) Orientação do relevo; (c) Declividade; (d) Proximidade a estradas; (e) Densidade populacional; (f) Proximidade a residências.

O efeito da orientação do relevo sobre o risco de incêndio é explicado pelo menor ou maior energia solar que a vegetação recebe em função da inclinação do terreno, pelo estado fisiológico da vegetação e o horário do dia em que a radiação incide sobre a mesma. Em função das condições de iluminação solar, a variável orientação do relevo foi classificada em 6 categorias: Relevo plano, Relevo escuro (Sul (157,5°-202,5°), Sudeste (112,5°-157,5°) e Sudoeste (202,5°-247,5°)), Relevo semi-escuro (Leste (67,5°-112,5°), Relevo semi-iluminado (Nordeste (22,5°-67,5°)), Relevo iluminado (Oeste (247,5°-292,5°) e Noroeste (292,5°-337,5°)) e Relevo em pleno Sol (Norte (337,5°-22,5°)).

Com grande importância na orientação do fogo e no aumento da velocidade de propagação das chamas, as áreas com declives acentuados têm maior potencial de risco a incêndios florestais do que as áreas com declives suaves. Para representar o grau de risco ao incêndio florestal, a variável declividade foi classificada em 5 categorias: Suavemente ondulado (0-5°), Ondulado (5°-15°), Fortemente ondulado (15°-25°), Inclinado (25°-35°) e Fortemente inclinado (>35°).

2.2.3 Fatores socioeconômicos

Os padrões espaciais de ocorrência de fogo estão fortemente associados com o acesso humano à paisagem natural. A concentração urbana na cidade de Sooretama e a proximidade a residências nas zonas rurais e rede de estradas são fatores a conduzir a distribuição espacial das pessoas que compromete a integridade dos recursos da reserva.

As estradas mapeadas foram classificadas em duas categorias: rodovia e estradas rurais. A rodovia é definida pelas estradas pavimentadas com duas ou mais faixas de rodagem e dois sentidos de tráfego, representada na área de estudo pela BR-101, que percorre no sentido Norte-Sul por praticamente todo o litoral Leste brasileiro; e a BR-342, que liga o Sudoeste do estado da Bahia à Sooretama, no estado do Espírito Santo, passando pelo Nordeste do estado de Minas Gerais. As estradas rurais foram definidas como estradas não pavimentadas e classificadas em estradas principais, estradas secundárias, estradas de acesso e vias internas. As estradas principais foram consideradas como estradas com bom padrão de construção com uma faixa de rodagem e largura da plataforma superior a 5m. As estradas secundárias foram consideradas pelas estradas responsáveis pela divisão da paisagem. As estradas de acesso foram consideradas pelas estradas que dão acesso ao interior da paisagem e as vias internas foram consideradas como estradas internas que percorrem o limite da RNV.

A cada categoria da malha viária foi usado um *buffer* para estabelecer uma área de influência das estradas sobre o início do fogo florestal. A área de influência em torno das estradas foi estabelecida em uma escala de 25 a 150m, em concordância com Chuvieco e Congalton (1989), Pew e Larsen (2001), em função do maior deslocamento de veículos e pessoas. Desta forma, as rodovias e estradas principais foram consideradas de maior influência ao risco de incêndio sendo empregado um *buffer* de 150 e 100m, respectivamente. Nas estradas secundárias foi empregado um *buffer* de 50m e nas estradas de acesso e vias internas um *buffer* de 25m.

O mapa proximidade a estradas (Figura 2d) foi obtido pela distância euclidiana sendo rotulado em 2 categorias: área sob influência (< 150m) e (>150m).

Conceitualmente, o algoritmo de Euclides descreve a distância mais próxima em linha reta, entre dois pontos, a partir do centro da célula de origem da imagem matricial para o centro da célula vizinha. Em um plano, a distância entre os pontos de $D_{AB}(X_a, Y_a)$ e (X_b, Y_b) é dada pelo Teorema de Pitágoras.

A densidade populacional (número de pessoas por unidade de área) é o resumo mais comum da distribuição da população no espaço geográfico sendo determinada pela Equação 1 (DEICHMANN, 1996).

$$D_i = P_i/A_i \quad (\text{eq.1})$$

Em que,

D_i : densidade populacional em unidade de área i ;

P_i : correspondente população; e

A_i : área de terra da unidade.

A unidade de área i usada foi definida pelos limites censitários indicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) por meio do CENSO 2010, disponibilizado no sítio <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/?nivel=st>. Para representar a associação espacial da densidade populacional na área de estudo ao risco de ocorrência de incêndio florestal, o mapa de densidade populacional (Figura 2e) foi classificado em 4 categorias: 0-1 hab./ha, 1-10 hab./ha, 10 – 30 hab./ha e > 30 hab./ha.

A proximidade a residências (Figura 2f) indicada como de grande importância na distribuição de incêndios florestais foi obtida pela distância euclidiana e rotulado em 4 categorias: < 500m, 500 – 1000m, 1000 – 1500m e > 1500m.

2.3 Implementação do modelo

As diferentes classes nos mapas temáticos foram rotuladas separadamente com base em sua sensibilidade ao incêndio florestal como muito alto, alto, moderado, baixo ou nulo.

A fim de alcançar conclusões eficazes por meio da computação em análise SIG, a informação descritiva foi necessária para ser convertido em um índice de risco de incêndio florestal e um sistema de ranking ou peso (Tabela 1). O peso mais alto indica que a classe apresenta um elevado grau de influência sobre o risco de incêndio. Em seguida, os pesos apropriados das variáveis foram designados usando o método AHP.

Tabela 1. Pesos e classificação atribuídos para as variáveis

Nº	Variável	Classe	Ranking (peso)	Sensibilidade ao Fogo
1	Uso e Ocupação da Terra	Campos nativos	7	Muito alto
		Pastagem	6	Alto
		Cultivo agrícola	6	Alto
		Área em regeneração	5	Alto
		Silvicultura	5	Alto
		Extração de petróleo	4	Moderado
		Extração de areia	4	Moderado
		Área periodicamente alagada	3	Moderado
		Floresta de mussununga	3	Moderado
		Brejo e floresta de brejo	2	Baixo
		Edificação	2	Baixo
		Floresta alta	1	Baixo
Floresta ciliar	1	Baixo		
Curso d'água	0	Nulo		
2	Densidade populacional	0 + 1 hab./ha	1	Baixo
		1 + 10 hab./ha	3	Moderado
		10 – 30 hab./ha	5	Alto
		> 30 hab. Há	7	Muito alto
3	Proximidade a residências	< 500m	7	Muito alto
		500 – 1000m	5	Alto
		1000 – 1500m	3	Moderado
		> 1500m	2	Baixo
4	Declividade	Suavemente ondulado (0 – 5°)	1	Baixo
		Ondulado (5° – 15°)	2	Baixo
		Fortemente ondulado (15° – 25°)	3	Moderado
		Inclinado (25° – 35°)	5	Alto
		Fortemente inclinado (> 35°)	7	Muito alto
5	Orientação do relevo	Plano	0	Nulo
		Sul, Sudeste e Sudoeste	1	Baixo
		Leste	2	Baixo
		Nordeste	3	Moderado
		Noroeste e Oeste	5	Alto
		Norte	7	Muito alto
6	Proximidade a estradas	Influência < 150m	7	Muito alto
		Influência > 150m	0	Nulo

Proposto por Saaty em 1977, o método AHP se apresenta como um método de análise multicritério em que os julgamentos dos critérios individuais são determinados por meio da síntese dos agentes de decisão, uma medida global para cada alternativa, que prioriza ou classifica as variáveis em estudo segundo uma hierarquia de importância. A escolha do grau de importância de cada variável na matriz de comparação par-a-par ou matriz de decisão está associado à observação em campo, pelo levantamento bibliográfico e na experiência do especialista. Os pesos são determinados por uma escala de julgamentos variando de 1 quando os critérios são de mesma importância a 9 para importância absoluta de um critério sobre o outro. Na forma geral, se a importância de um critério de X_i em relação a X_j é a_{ij} , em seguida, X_j em relação a X_i deve ser $1/a_{ij}$. A matriz de comparação registra a importância percebida relativa de cada critério

com cada outro critério e permite que os tomadores de decisão obtenham um conjunto de relação em escala de pesos para os critérios individuais. Por fim, uma relação de consistência (RC) é calculada para determinar se a avaliação foi bem-sucedida ou não. Uma RC inferior a 0,1 indica boa consistência. Se ele indica inconsistência na comparação de pares deve ser reavaliado. Detalhados cálculos matemáticos podem ser encontrados em Saaty (1977). Por meio do método utilizado no suporte à tomada de decisão foi possível construir a matriz de comparação pareada e determinar os pesos de cada fator, bem como a relação de consistência para a matriz (Tabela 2).

Tabela 2. Matriz de comparação pareada e respectivos pesos dos fatores de influência ao risco de incêndio florestal na área de estudo

Fatores	DEC	ORI	DEPO	USO	PRES	PES	Pesos
DEC	1	1	1/3	1/5	1/7	1/7	0,0421
ORI	1	1	1/3	1/3	1/5	1/5	0,0519
DEPO	3	3	1	1/3	1/3	1/3	0,1087
USO	5	3	3	1	1/2	1/2	0,1903
PRES	7	5	3	2	1	1	0,3035
PES	7	5	3	2	1	1	0,3035
RC	0,0190						

(DEC) Declividade, (ORI) Orientação do relevo, (DEPO) Densidade populacional, (USO) Uso e ocupação da terra, (PRES) Proximidade a residências, (PES) Proximidade a estradas.

Todos os mapas temáticos (variáveis) foram então integrados pela ferramenta overlay em ambiente SIG e o índice de risco de incêndio florestal foi calculado (Eq. 2). Com isso cada pixel (célula) do mapa final (Figura 3) resultante representa a soma dos valores do mesmo pixel em cada plano de informação, ordenado de acordo com seu peso.

$$RIF=0,3035.PES_i+0,3035.PRES_j+0,1903.USO_k+0,1087.DEPO_l+0,0519.ORI_m+0,0421.DEC_n \quad (eq.2)$$

Em que,

RIF: índice de risco de incêndio florestal;

PES_i: variável proximidade a residências, com i = 4 classes;

PRES_j: variável proximidade a estradas, com j = 2 classes;

USO_k: variável uso e o ocupação da terra, com k = 14 classes;

DEPO_l: variável densidade populacional, com l = 4 classes;

ORI_m: variável orientação do relevo, com m = 6 classes; e

DEC_n: variável declividade, com n = 5 classes.

3. Resultados e discussão

O risco de incêndio florestal determinado pela combinação das variáveis estudadas apresentou área de risco alto, especialmente nas proximidades a estradas e residências. O entorno da reserva apresenta risco moderado para ocorrência e propagação dos incêndios florestais. As áreas de baixo risco estão associadas à floresta natural de tabuleiros, onde o acesso humano é gerenciado ou relativamente limitado (Figura 3).

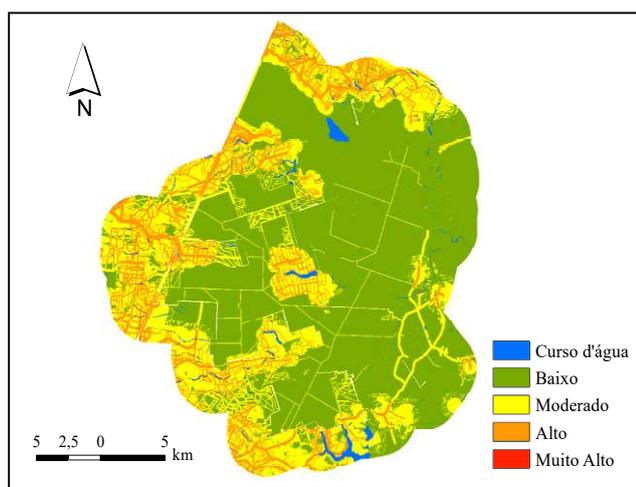


Figura 3. Mapa de zona de risco de incêndio florestal na área de estudo.

Segundo Soto (2012), Badia Perpinya e Pallares Barbera (2006) as proximidades com as estradas e mudanças de comportamento e estilo de vida (por exemplo, aumento de atividades de recreação e urbanização em áreas florestais) são os principais fatores a conduzir a distribuição espacial das pessoas em áreas de floresta e aumentar os eventos de incêndios. Rodríguez Silva et al. (2010) estudando a influência das estradas na distribuição espacial dos incêndios encontrou valores semelhantes para as frequências de incêndios em diferentes distâncias a estradas para os diferentes tipos de rodovias. Syphard et al. (2007) verificaram que a frequência de incêndios foi bem modelado na Califórnia (EUA) por fatores como densidade populacional e distância da interface floresta e meio urbano. Estas alterações indicam uma mudança potencial na natureza do risco de incêndio na área de estudo pela urbanização das zonas rurais e rede de estradas.

A Tabela 3 se refere aos resultados das zonas de risco de fogo e a proporção correspondente de risco de incêndio. Os locais de risco baixo predominam na área de estudo com 60,12% (40710,869ha), seguida dos locais de risco moderado com 26,79% (18140,670ha) e risco alto com 11,57% (7833,33ha). As áreas sob risco alto são as áreas onde o fogo pode ser involuntariamente causado por atividades humanas, e onde o fogo

pode ser evitado adotando medidas de prevenção. O mapa de zona de risco de incêndio revela-se útil para os gestores, pois permite a criação de uma adequada infraestrutura de combate a incêndios para as áreas mais propensas a danos pelo fogo, a fim de prevenir e reduzir a probabilidade dos incêndios florestais.

Tabela 3. Classificação de zonas de risco de fogo e área correspondente em risco

Classe de Zona de Risco de Fogo	Grau de Risco de Fogo	Área (ha)	Proporção para área de estudo (%)
0	Nulo (Curso d'água)	1025,100	1,514
1	Baixo ($0 < RIF \leq 2$)	40710,869	60,124
2	Moderado ($2 < RIF \leq 4$)	18140,670	26,791
3	Alto ($4 < RIF \leq 6$)	7833,330	11,569
4	Muito alto ($RIF > 6$)	1,529	0,002

Uma característica interessante do modelo é que ele explica o fato importante de que mesmo se um tipo de vegetação tem um baixo risco, a probabilidade de um incêndio florestal ocorrer pode ser moderada devido aos demais fatores combinados.

Em um regime de fogo antrópico, a dinâmica da vegetação é um importante determinante de ocorrência de incêndios. As principais fisionomias em áreas de risco alto são destacadas pelo cultivo agrícola (3514,95ha), silvicultura (1657,83ha) e pastagem (1097,58ha). Cabe destacar ainda que a floresta natural da reserva encontra-se sob ameaça do fogo em consideráveis extensões de floresta alta (559,87ha) e campos nativos (180,84ha), como observado na Tabela 4.

Tabela 4. Principais classes de uso e ocupação da terra sob risco alto na área de estudo

Classe de uso e ocupação da terra	Área total (ha)	Área em risco alto (ha)	Proporção para área total (%)
Cultivo agrícola	7974,34	3514,95	44,08
Silvicultura	7091,82	1657,83	23,38
Pastagem	8302,73	1097,58	13,22
Floresta alta	25387,3	559,87	2,21
Área em regeneração	1223,28	436,89	35,71
Edificação	264,31	185,21	70,07
Campos nativos	3846,14	180,84	4,70
Área periodicamente alagada	5840,28	128,79	2,21
Brejo e Floresta de brejo	2944,87	26,50	0,90
Floresta de mussununga	2186,21	22,48	1,03
Floresta ciliar	1873,98	19,30	1,03

Para os planos de proteção em uma região de grande potencial de risco de incêndio, uma atividade importante de manejo florestal na área seria a de se evitar que as bordas dos talhões florestais de produção tenham contato direto com áreas de pastagens adjacentes ou mesmo com as margens de rodovias que são geralmente dominadas por

gramíneas, as quais, por sua natureza, são fortemente susceptíveis ao fogo. Isso pode ser concretizado, garantindo-se que as bordas dos talhões florestais sejam sempre protegidas por faixas permanentes compostas por espécies arbóreas. Estas vias permanentes têm um efeito, não apenas de melhorar o aspecto da paisagem, mas também de proteção, por sua vez impedindo a propagação do fogo, mantendo sempre o sub-bosque com mais umidade.

As abordagens de modelagem espacial empregadas em SIG fornecem ferramentas úteis para integrar dados socioeconômicos e biofísicos não só para analisar as características de risco de início do fogo, mas também para explicar os padrões de distribuição de risco do fogo. Em área de floresta natural com predição a alto risco, medidas como a fiscalização por patrulhamento motorizado, a alocação de recursos de combate em pontos estratégicos, construção de aceiros preventivos e a construção de estradas de acesso rápido aos locais de risco são importantes mecanismos de proteção e auxílio ao combate ao fogo.

Finalmente, embora os resultados específicos não sejam esperados para estender-se a outras regiões, a modelagem multicritério pelo método AHP pode ser utilizada em outras áreas e integrados segundo a hierarquia de importância na influência ao início e propagação do fogo florestal.

4 Conclusões

- Os resultados obtidos apresentam um modelo eficiente para estimar o risco de incêndio florestal sendo o método AHP uma importante técnica de tomada de decisão para analisar a influência de diferentes variáveis sobre o risco de incêndio na área de estudo.
- O uso de geotecnologias se mostrou como uma ferramenta adequada para a integração dos fatores em que permite avaliar a possível mudança do risco de ocorrência de fogo em resposta para qualquer tipo de tratamento proposto e mudanças na paisagem.
- O mapa de zonas de risco de incêndio florestal pode ser usado para orientação na gestão do fogo e como base para estratégias de prevenção de incêndios.

5 Referências bibliográficas

- BADIA-PERPYNIA, A.; PALLARES-BARBERA, M. 2006. Spatial distribution of ignitions in Mediterranean periurban and rural areas: the case of Catalonia. **International Journal of Wildland Fire**, 15 (2): 187-196.
- CARDILLE, J. A.; VENTURA, S. J.; TURNER, M. A. 2001. Environmental and social factors influencing wildfires in the upper Midwest, United States. **Ecological Applications**, 11 (1): 111-127.
- CATRY, F. X.; REGO, F. C.; BACAO, F. L.; MOREIRA, F. 2009. Modeling and mapping wildfire ignition risk in Portugal. **International Journal of Wildland Fire**, 18:1-11.
- CHUVIECO, E.; CONGALTON, R. G. 1989. Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping. **Remote Sensing of Environment**, 29 (2): 147-159.
- DEICHMANN, U. 1996. **A review of spatial population database design and modeling**. Santa Barbara: National Center for Geographic Information and Analysis. 58p.
- FERRAZ, S. F. de B.; VETTORAZZI, C. A. 1998. Mapeamento de risco de incêndios florestais por meio de sistema de informações geográficas (SIG). **Scientia Forestalis**, 53: 39-48.
- GENTRY, A.; HERRERA-MACBRYDE, O.; HUBER, O.; NELSON, B. W.; VILLAMIL, C. B. 1997. Regional overview: South America. In: **Centres of plant diversity: A guide and strategy for their conservation**. The Americas. WWF/IUCN. Cambridge.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Sistema nacional de prevenção e combate aos incêndios florestais – PREVFOGO**. Brasília, DF, 2000. 53p.
- JESUS, R. M. de; ROLIM, S. G. 2005. Fitossociologia da Mata Atlântica de Tabuleiro. **Boletim técnico da Sociedade de Investigações Florestais**, Viçosa, 19: 1-149.
- JUVANHOL, R. S. **Modelagem da vulnerabilidade à ocorrência e propagação de incêndios florestais**. 2014. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES.
- KONG, F.; LI, X.; ZHAO, S. YIN, H. 2003. Research advance in forest restoration on the burned blanks. **Journal of Forestry Research**, 14 (2): 180-184.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M. 1993. As flutuações de nível do mar durante o quaternário superior e a evolução geológica de “deltais” brasileiros. **Boletim. IG-USP**. Publicação. Especial, São Paulo, 15: 1-186.
- PEIXOTO, A. L.; SILVA, I. M. 1997. Tabuleiro forests of northern Espírito Santo, Southeastern Brazil. In: **Centres of plant diversity: A guide and strategy for their conservation**. The Americas. WWF/IUCN. Cambridge.
- PEW, K. L.; LARSEN, C. P. S. 2001. GIS analysis of spatial and temporal patterns of human-caused wildfires in the temperate rain forest of Vancouver Island, Canada. **Forest Ecology and Management**, 140 (1): 1-18.
- RAJEEV, K. J.; SAUMITRA, M.; KUMARAN, D. R. et al. 2002. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, (4): 1-10.
- RODRÍGUEZ SILVA, J. G.; CASTILLO, M.; MOLINA, J.; HERRERA, M. et al. 2010. Aplicación y adaptación del modelo SEVEIF para la evaluación socioeconómica del impacto de incendios forestales em la Provincia de Valparaíso, Chile. **Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID)**. 52p.
- ROLIM, S. G. **Modelos e mecanismos de sucessão secundária na Floresta Atlântica em Linhares (ES)**. 2006. 168 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. 1977. **Journal of Mathematical Psychology**, 15 (3): 234-281.
- SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; SANTOS, J. F. Evolução do perfil dos incêndios florestais em áreas protegidas no Brasil, de 1983 a 2002. (**Nota Técnica**).
- SOTO, M. E. C. 2012. The identification and assessment of areas at risk of forest fire using fuzzy methodology. **Applied Geography**, 15: 199-207.
- SYPHARD, A. D.; CLARKE, K. C.; FRANKLIN, J. 2007. Simulating fire frequency and urban growth in southern California coastal shrublands, USA. **Landscape Ecology**, 22 (3): 431-445.
- TEBALDI, A. L. C.; FIEDLER, N. C.; JUVANHOL, R. S.; DIAS, H. M. 2013. Ações de prevenção e combate aos incêndios florestais nas unidades de conservação estaduais do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, 20 (4) 538-549.
- YANG, J.; HE, H. S.; SHIFLEY, S. R.; GUSTAFSON, E. J. 2007. Spatial patterns of modern period human-caused fire occurrence in the Missouri Ozark Highlands. **Forest Science**, 53 (1), 1-15.
- ZHANG, G.; LIU, F.; YANG, Z. 2003. Study of Guangzhou's forest fire hazardous areas based on RS and GIS. **Journal of Central South Forestry University**, 23 (4): 62-66.