

Zoneamento de Risco de Incêndios Florestais em Áreas Naturais Protegidas: o Parque Nacional de São Joaquim/SC, Brasil

Julia de Farias¹, Michel Tadeu R. N. de Omena², Ana Luiza Castelo Branco Figueiredo², Verardo Liesenberg¹ & Marcos Benedito Schimalski¹

Recebido em 27/05/2020 – Aceito em 03/01/2021

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina/UEDESC, Brasil. <juliadefarias2009@hotmail.com, veraldo.liesenberg@udesc.br, marcos.schimalski@udesc.br>

² Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/ICMBio, Brasil. <michel.omena@icmbio.gov.br, ana.figueiredo@icmbio.gov.br>

RESUMO – Incêndios em unidades de conservação impactam o meio ambiente, com consequências danosas para a biodiversidade, sendo uma das principais preocupações para os seus gestores. Esses eventos podem ser prevenidos com o emprego de técnicas de Geoprocessamento e dados espaciais referentes aos temas: presença humana, cobertura e uso da terra, ventos predominantes, declividade, orientação de encostas e material combustível. Calculando-se pesos diferentes, considerando-se o tipo e a influência das variáveis mencionadas, nós criamos um mapa de zoneamento de risco de incêndio florestal para o Parque Nacional de São Joaquim, em Santa Catarina, Brasil. O Parque está inserido no bioma Mata Atlântica e os seus tipos de vegetação são: Mata de Araucárias e de Encostas, Matilhas Nebulares e Campos de Altitude. Para o seu mapa de zoneamento, foram definidas seis classes de risco de incêndios (extremo, muito alto, alto, moderado, baixo e nulo). Concluiu-se que 43,91% do Parque está nas classes de risco alto e muito alto, e que 2,54% estão em nível extremo. A variável que mais influenciou a definição das classes foi presença humana. Ainda que medidas de prevenção de incêndios ainda não tenham sido tomadas por falta de recursos com base no mapa de zoneamento proposto, entendemos que os gestores de UCs de características semelhantes ao PNSJ poderiam aplicar este método para identificar as suas áreas críticas, sobretudo para fins de ocorrência de incêndios florestais.

Palavras-chave: ZRIF; parques nacionais; SIG.

Forest Fire Risk Zoning in Natural Protected Areas: São Joaquim National Park/ Santa Catarina, Brazil

ABSTRACT – Fires in Protected Areas impact the environment, which brings damaging consequences to biodiversity, being one of the major worries to their managers. How can these events be avoided? By applying geoprocessing techniques and spatial data relative to the topics: human presence, vegetation cover and land use, prevailing winds, slopes, hill orientation, and fuel material. Calculating different weights according to type and influence of the afore mentioned variables, we created a forest fire risk zoning map for Parque Nacional de São Joaquim, Santa Catarina, Brazil. The Park is inserted in the Atlantic Forest biome and its vegetation types are Araucaria forest, rainforest, nebulous woods, and grasslands, and for its zoning map, six fire risk classes were defined (extreme, very high, high, moderate, low, and none). We concluded that 43,91% of the Park is in the high or very high-risk grades while 2,54% is at extreme risk. The variable that most influenced the definition of classes was human presence. Even though fire prevention measures have not been taken due to the lack of resources, following the proposed zoning map, we understand that Protected Area's managers of similar characteristics to PNSJ should apply this method to identify their critical areas related to the occurrence of forest fires.

Keywords: ZRIF; national parks; GIS.

Zonificación de Riesgo a Incendios Forestales en Áreas Naturales Protegidas: Parque Nacional São Joaquim/ Santa Catarina, Brasil

RESUMEN – Los incendios en las unidades de conservación impactan al medio ambiente, lo que trae consecuencias nocivas para la biodiversidad, siendo una de las mayores preocupaciones de sus gestores. ¿Cómo se pueden evitar estos eventos? Aplicando técnicas de geoprocetamiento y datos espaciales relativos a los temas: presencia humana, cobertura y uso del suelo, vientos dominantes, pendientes, orientación de colinas y material combustible. Al calcular diferentes pesos según el tipo e influencia de las variables antes mencionadas, creamos un mapa con zonas de riesgo de incendio forestal para el Parque Nacional de São Joaquim, Santa Catarina, Brasil. El Parque está insertado en el bioma de Mata Atlántica y sus tipos de vegetación son Bosque de Araucarias y Laderas, Bosques Nebulares y Campos de Altitud; y para su mapa de zonas de riesgo se definieron seis clases de riesgo de incendio (extremo, muy alto, alto, moderado, bajo y ninguno). Concluimos que el 43,91% del parque se encuentra en los grados de alto o muy alto riesgo, mientras que el 2,54% está en riesgo extremo. La variable que más influyó en la definición de clases fue la presencia humana. Si bien no se han tomado medidas de prevención de incendios por falta de recursos, siguiendo el mapa de zonas de riesgo propuesto, entendemos que los administradores de unidades de conservación con las características similares al PNSJ deben aplicar este método para identificar sus áreas críticas relacionadas con la ocurrencia de incendios forestales.

Palabras llave: ZRIF; parques nacionales; SIG.

Introdução

Os incêndios florestais são uma das ameaças às áreas naturais protegidas (ANPs), causando uma grande preocupação para os seus gestores (Schulze *et al.*, 2018). Os danos gerados pelos incêndios florestais podem impactar o meio ambiente: a fauna, a funga e a flora; e as atividades econômicas; afetando propriedades rurais, o turismo e a vida humana (Strand *et al.*, 2018). Esses danos dependem das condições existentes, principalmente da tipologia e cobertura da terra, combustível e clima (Soares & Batista, 2007). Na Austrália, a seca, as mudanças climáticas e as alterações do uso da terra foram condições determinantes para os megaincêndios florestais de 2019-2020, colocando em risco 832 espécies de vertebrados pela perda de habitat, sendo 21 espécies ameaçadas de extinção (Ward *et al.*, 2020).

No Brasil, as ANPs foram organizadas a partir da promulgação da Lei Federal nº 9.985 de 2000, que estabeleceu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), separando Parques, Florestas, Reservas e outras ANPs em um grupo chamado unidades de conservação (UCs), para diferenciá-las de terras indígenas e quilombolas (Brasil, 2000). As UCs são divididas em dois grandes grupos: proteção integral e uso sustentável.

É evidente que as áreas de proteção integral requerem uma atenção maior quanto a conservação e, conseqüentemente, a perda de cobertura vegetal por incêndios, no caso das terrestres. Porém, as UCs de uso sustentável, ainda que menos restritivas quanto a proteção, conservam também áreas inestimáveis para a natureza, com destaque para as Reservas Extrativistas que garantem a manutenção não só da natureza, mas do modo de vida de populações tradicionais, como seringueiros e babaqueiros. Nessa Lei Federal, destaca-se a categoria dos Parques Nacionais por ser a unidade de conservação mais representativa do sistema federal, com 74 unidades, entre os quais está o Parque Nacional do Jaú, na região amazônica, com 2.368.000 hectares (ICMBio, 2020), com problemas recorrentes de incêndios florestais.

Ainda que as UCs sejam importantes para a gestão do território nacional e da conservação da natureza, é comum sofrerem com a falta de recursos financeiros e humanos. Assim, priorizar estratégias que otimizem os poucos recursos se faz vital para os seus gestores.

A área deste estudo é o Parque Nacional de São Joaquim (PNSJ), localizado no estado de Santa Catarina. Até 2006, essa UC não tinha propriedades regularizadas (públicas já desapropriadas), e os proprietários particulares faziam uso do fogo como prática para renovação de pastagem; a partir de 2007 as primeiras fazendas foram sendo desocupadas, o gado foi retirado e a prática, extinta (Castilho *et al.*, 2014).

Os gestores dessa UC então começaram a acompanhar as ocorrências de incêndios no Parque e tentaram anteriormente a esse estudo uma iniciativa semelhante (Araki *et al.*, 2016), porém, em 2016, ocorreu uma redefinição de limites, tornando aquela iniciativa sem efeito. Assim, entre 2018 e 2019, com os limites enfim resolvidos, buscou-se responder aos anseios dos gestores: há uma solução rápida e eficiente para delimitar as áreas prioritárias para proteção quanto aos incêndios florestais?

A área do PNSJ está inserida no bioma Mata Atlântica e apresenta tipos diferentes de cobertura da terra, desde áreas de floresta natural: Mata de Araucárias (Floresta Ombrófila Mista/FOM), Campos de Altitude, Matinhas Nebulares e Matas de Encosta (Floresta Ombrófila Densa – FOD) (Castilho *et al.*, 2014), a áreas de agricultura e reflorestamento de exóticas em propriedades particulares e, por isso, com diferentes índices de flamabilidade, podendo assim tornar-se um modelo preditivo bastante próximo da realidade das unidades brasileiras semelhantes, ou mesmo internacionais, nas mesmas condições.

Nesse contexto, cabe destacar que os incêndios florestais são afetados pelas complexas interações entre vegetação, clima, relevo e atividades antrópicas ao longo do tempo. Em escala regional, o clima determina o teor de umidade do material combustível e a quantidade de biomassa, em função disso, é o principal controlador das características dominantes dos incêndios, bem como do tipo de vegetação encontrado (Chuvieco & Congalton, 1989). Além disso, cobertura e uso da terra e o relevo afetam a frequência, velocidade de propagação e tamanho das áreas queimadas (Ferraz & Vettorazzi 1998). Por outro lado, as atividades humanas têm influências sobre as características dos incêndios, alterando frequência, área queimada e o padrão de distribuição das ocorrências (Wang *et al.*, 2015).

Segundo Oliveira (2002), os zoneamentos de risco de incêndios florestais (ZRIF) são elementos básicos para o planejamento da proteção de áreas florestais. Eles proporcionam uma visualização da distribuição espacial do risco de incêndio em toda a área protegida e

possibilitam uma adequação dos recursos e equipamentos destinados a prevenção e combate de incêndios, de acordo com o nível de risco de cada região. Infelizmente não existem estudos sobre risco de incêndios florestais na região do PNSJ e os estudos publicados referem-se, em sua maioria, a florestas plantadas.

A análise criteriosa de cada variável associada ao risco de incêndios permite o estabelecimento de graus de risco, de acordo com a sua influência sobre a ignição e propagação do fogo. A definição dos níveis de risco (pesos) para cada variável é a parte mais importante e de maior dificuldade na elaboração dos mapas, por isso optou-se por acompanhar o estudo de Oliveira (2002), adaptando-se as classes de cobertura de terra quando necessário. A etapa final do zoneamento é a sobreposição dos diversos mapas elaborados para a delimitação de áreas, de acordo com o nível de risco, em função da somatória ponderada dos riscos parciais de cada variável previamente analisada (Batista, 2000).

O conhecimento de áreas críticas, previsto em um mapa de zoneamento de risco de incêndios, permite um planejamento preventivo e monitoramento das áreas mais susceptíveis a incêndios florestais em UCs (Liz, 2014). Assim sendo, o objetivo deste estudo é demonstrar como os gestores do PNSJ, empregando dados espaciais associados a técnicas de Geoprocessamento, podem criar um mapa de zoneamento de risco de incêndios florestais, para conseguirem visualizar as áreas mais vulneráveis a propagação de incêndios.

Material e Métodos

Área de estudo

O PNSJ está localizado na encosta da serra catarinense e abrange os municípios de Urubici, Grão Pará, Lauro Muller, Orleans e Bom Jardim da Serra (Figura 1) e possui 49.800 hectares de área (Brasil, 2016). As altitudes ortométricas no parque variam entre 350 e 1822 metros. A área apresenta dois tipos de clima, segundo Koppen: temperado marítimo úmido (Cfb) nas áreas de maior altitude e temperado úmido (Cfa) nas áreas de menor altitude.

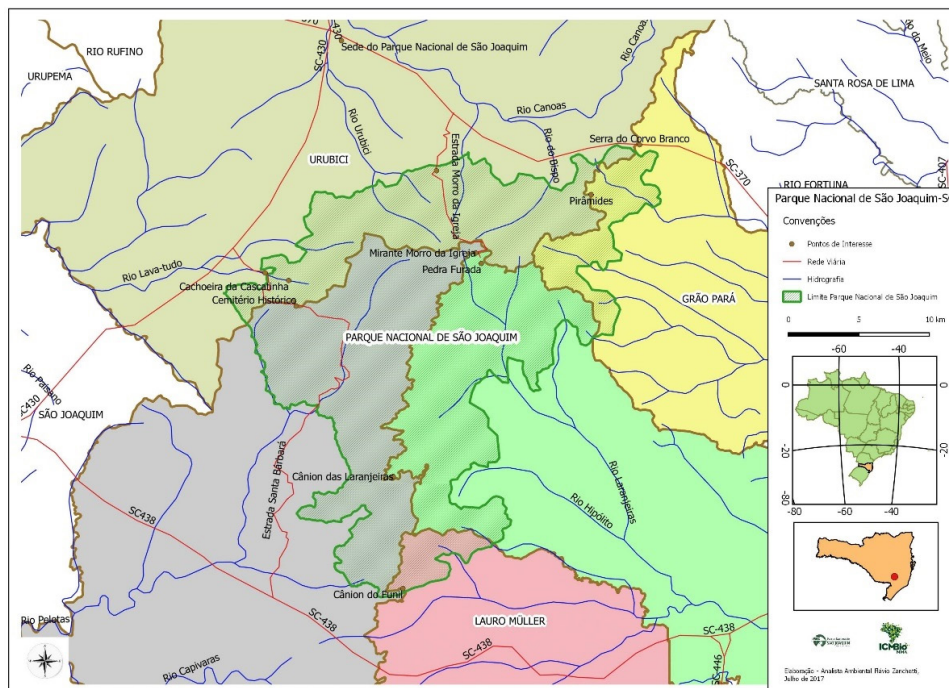


Figura 1 – Mapa de localização do Parque Nacional de São Joaquim, em Santa Catarina, Brasil (ICMBio, 2018).

Historicamente, nos municípios de Urubici e Bom Jardim da Serra concentra-se a maioria dos focos de incêndios e queimas de campo, devido à prática cultural de queima de campos/pastagens para renovação das pastagens naturais para a criação de gado (Araki *et al.*, 2016).

Materiais

Para a elaboração do ZRIF do PNSJ, foram utilizados os seguintes dados e materiais:

- Digital Terrain Models (DTM – Modelos Digitais do Terreno) obtidos a partir das ortoimagens digitais derivadas do recobrimento aéreo do estado de Santa Catarina, realizados nos anos de 2010 e 2011. Os DTM foram baixados do banco de dados da antiga Secretaria Estadual de Desenvolvimento Sustentável, atual Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDE). Além disso, a resolução espacial dos DTM é de um metro. Para facilitar o processamento e generalizar o relevo, a resolução espacial foi reamostrada para 5m, empregando o algoritmo Spline. O processamento dos dados foi implementado no ArcGis® 10.4, empregando as ferramentas: Spatial Analyst e Image Classification;

- registros meteorológicos mensais de direção e velocidade dos ventos da estação Automática de Lages, mais próxima do Parque Nacional, no período entre 30/04/2009 e 31/10/2011, obtidos do banco de dados meteorológico do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018);

- base cartográfica contemplando: o perímetro, as estradas, os cursos d'água e as nascentes em formato vetorial do tipo shapefile do PNSJ, fornecido pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio, 2018);

- limites dos municípios obtidos a partir das malhas digitais municipais do IBGE (2018);

- aplicativo ArcGIS 10.4 (ESRI, 2016) e com as extensões Spatial Analyst, 3D Analyst e Image Classification.

Procedimentos utilizados para a elaboração do ZRIF

Inicialmente, foi criado um banco de dados geográfico contendo os temas mencionados, foram produzidos mapas temáticos preliminares do risco de incêndio para cada parâmetro considerado no zoneamento, seguindo a metodologia proposta por Oliveira (2002) e Liz (2014).

Depois foram confeccionados mapas de risco de incêndios referentes às variáveis: presença humana, ventos predominantes, material combustível, declividade, cobertura e uso da terra, e orientação das encostas. Cada variável teve um peso estimado correspondente ao grau de influência no risco de incêndio florestal. Optou-se por usar um GSD (Ground Sample Distance) de 5m compatível com a precisão vertical do DTM que tem acurácia de 1m (SDE, 2011) e utilizou-se a técnica de álgebra de mapas do próprio ArcGIS com sobreposição ponderada. Os mapas de risco preliminares foram integrados, utilizando-se um modelo ponderado da soma das variáveis proposto por Oliveira (2002) e Liz (2014).

Os mapas de declividade do terreno, orientação das encostas e ventos predominantes foram calculados a partir do modelo digital do terreno (Digital Terrain Model – DTM). Para classificar a cobertura e uso da terra, foram empregadas as ortoimagens do recobrimento aéreo de Santa Catarina (SDE, 2011) e associadas com imagens orbitais da plataforma Sentinel 2 para o ano de 2019. As imagens Sentinel 2 com resolução espacial de 10m foram obtidas no site da SentinelHub da Agência Espacial Europeia (ESA, 2019). Na sequência, foi elaborado o mosaico para as imagens aéreas (Ortoimagens: número de imagens = 16) e, posteriormente, para as imagens de sensoriamento (Sentinel 2 = número de imagens 5). A classificação da cobertura da terra a partir das imagens aéreas associou as técnicas de segmentação (algoritmo mean shift), classificação supervisionada orientada

a objeto e fotointerpretação. A partir do mapa temático referente à cobertura da terra em formato vetorial, foi necessário atualizar as informações, pois as imagens aéreas foram obtidas nos anos 2010 e 2011. Para isso, os vetores de cobertura da terra foram sobrepostos a imagem de satélite e, mediante edição vetorial manual, procedeu-se a atualização e correção da classificação automática.

A Tabela 1 resume a avaliação do risco de incêndio, considerando-se a declividade do terreno e a orientação deste quanto a exposição solar no PNSJ. O risco de incêndio pode ser maior ou menor, de acordo com a relação entre essas duas variáveis. Para cada valor de declividade e orientação, foi atribuído um risco de incêndio florestal e um coeficiente (Oliveira, 2002). Posteriormente, para prosseguimento da análise, foi elaborado um mapa de risco para declividade, e outro para orientação das encostas. Considerando que áreas com maiores declividades são mais suscetíveis a propagação do fogo devido à transferência de calor facilitada no sentido do aclave, aumentando a velocidade de propagação do incêndio e pelo mesmo motivo considera-se áreas planas com risco nulo. Evidentemente que em uma análise apenas quanto a declividade, quando se tem outros fatores associados, essa avaliação é diferente, por isso é que, ao se propor um mapa de zoneamento de risco de incêndios, diversas variáveis são analisadas conjuntamente, pois as interações entre elas podem potencializar ou diminuir a propagação de incêndio.

Tabela 1 – Classificação do risco de incêndio florestal em função da orientação das encostas (azimute da exposição) e declividade.

Orientação das encostas	Sentido da orientação	Declividade (%)	Risco	Coeficiente
337,5° a 22,5°	N	46	Extremo	5
247,5° a 337,5°	NW	36-45	Muito Alto	4
22,5° a 67,5°	NE	26-35	Alto	3
67,5° a 112,5°	E	16-25	Moderado	2
247,5°	SE/SW	5-15	Baixo	1
157,5° a 205,5° 112,5° a 157,5 e 202,5°	S	0-4	Nulo	0

Fonte: Adaptado de Oliveira (2002).

Destaca-se que, no hemisfério sul, as encostas orientadas para o Sul (S) são classificadas de risco baixo a nulo, devido a menor incidência de raios solares. Contrariamente, as encostas expostas ao norte (N) e noroeste (NW) recebem maiores incidências de raios solares, logo aumentando assim o risco de incêndios (Ferraz & Vettorazzi, 1998). Também a declividade é uma variável topográfica importante pela sua elevada capacidade de propagação das chamas no sentido do aclave (Assis *et al.*, 2014).

O vento é um dos fatores mais importantes na determinação do comportamento do fogo. Ele afeta a taxa de secagem do combustível, aumenta o suprimento de oxigênio, influencia o pré-aquecimento de combustíveis e pode transportar faíscas causando pontos de incêndio em áreas ainda não atingidas. Fortes ventos podem inclinar a coluna de convecção em direção ao solo, permitindo rápido pré-aquecimento e secagem de combustíveis à frente do fogo e permitindo que o fogo se propague mais rapidamente naquela direção. O principal resultado do vento é que influencia ambos, a taxa e a direção de propagação do fogo (Soares & Batista, 2007).

De acordo com os dados da estação meteorológica automática de Lages/SC do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), foi possível associar a predominância de ventos para a região do Parque, bem como as características de cada vento, descritas na Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação e características dos ventos predominantes.

Sentido dos ventos	Característica dos ventos	Coefficiente
N	Ventos com características aparentemente mais secas	2
NW/SE	Ventos com características aparentemente mais úmidas	1
Outros	Ventos com menor frequência	0

Fonte: Adaptado de Oliveira (2002).

Com uma investigação sobre a relação entre os ventos predominantes, a umidade relativa, a temperatura do ar e a precipitação, procurou-se identificar as características desses ventos a partir de registros meteorológicos diários (48 registros por dia). Na sequência, foi feita uma associação entre as encostas e a direção dos ventos, como sugerem Chuvieco e Congalton (1989).

O mapa de cobertura e uso da terra foi elaborado a partir da fotointerpretação e da classificação das imagens digitais aéreas e orbitais. A classificação da cobertura e uso da terra foi realizada com técnicas de classificação supervisionada orientada a objetos na imagem Sentinel 2. A etapa inicial consiste em segmentos que agrupam pixels similares (*mean sift*). O algoritmo de classificação empregado foi o de “Random Forest”. A classificação resultante foi corrigida manualmente e sobreposta as ortoimagens do recobrimento aéreo de SC e a partir do conhecimento do local foram atualizados os usos da terra.

Linhas delimitando as diferentes classes foram criadas. A partir dessas linhas de entorno, foram atribuídos raios (*buffers*) de influência. Conforme a classe e utilizando os parâmetros propostos por Oliveira (2002), foi possível delimitar a presença humana no entorno do parque.

Por meio da análise do mapa de cobertura e uso da terra, foi possível identificar as áreas presentes no Parque e classificá-las em: floresta natural, campos naturais, agricultura, solo exposto, plantio de *Pinus sp.*, rios, benfeitorias (casas, galpões, galinheiros e estruturas semelhantes) e estradas. (Tabela 3).

Tabela 3 – Classificação da cobertura e uso da terra associada aos ventos predominantes e risco de incêndio resultante para o Parque Nacional de São Joaquim.

Cobertura e Uso da Terra	Risco	Coefficiente
Plantio de <i>Pinus sp.</i>	Extremo	5
Floresta natural	Muito Alto	4
Campos naturais	Alto	3
Agricultura	Moderado	2
Solo exposto	Baixo	1

Fonte: Adaptado de Oliveira *et al.* (2004).

A classificação de risco de incêndio florestal para carga de material combustível foi estimada de acordo com as sugeridas nas referências bibliográficas. Não foram observados biomassa ou estágios sucessionais da vegetação, e assim a carga de material combustível foi distribuída em seis classes (Tabela 4). De acordo com os experimentos de Oliveira (2002), considerou-se que a carga de material combustível pode variar de zero a valores maiores ou iguais a 60Mg/ha, e assim para cada classe foi atribuído um grau de risco e um coeficiente. Exceto para a classe *Pinus sp.*, que teve sua carga de material combustível calculada pela seguinte equação (Oliveira, 2002):

Equação 1

$$W = ((1,690201 \cdot \ln I - 0,495039)^2 + (7,19864 - 0,000112 \cdot I^3 - (12,016474 / \sqrt{I}))^2)$$

Onde:

W: Valor da carga de material combustível para cultivo de *Pinus sp.*

I: Idade do talhão em questão

Considerando-se o conhecimento prévio da área do Parque, definiu-se a idade média de 12 anos para os plantios comerciais. Aplicando-se esse valor (I) na Equação 1, obtêm-se 123,30Mg/ha. Assim, a partir dessas considerações, obteve-se a carga média de combustível para a cobertura da terra existente no PNSJ e a classificação de acordo com essa carga apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 – Classificação do risco de incêndio florestal, de acordo com a carga de material combustível para o Parque Nacional de São Joaquim, Santa Catarina, Brasil.

Carga de material combustível (Mg/ha)	Risco	Coefficiente
Acima de 60	Extremo	5
40 – 59	Muito alto	4
20 – 39	Alto	3
1,1 – 19,9	Moderado	2
1	Baixo	1
0 – 0,9	Nulo	0

Fonte: Oliveira, 2002.

Para a análise da presença humana no PNSJ, foram atribuídos pesos de influência para os mapas de benfeitorias, rios e estradas, considerando-se uma faixa (buffer) de influência de 30m (Ferraz & Vetotorazzi, 1998). Mesmo valor para os cursos d'água, por serem internos (dão origem aos rios não – navegáveis que fluem de dentro para fora do PNSJ), florestas naturais, campos naturais e solo exposto. E uma área de influência humana (buffer) de 100m para *Pinus sp.*, agricultura e para florestas naturais confrontantes com o Parque.

A rede hidrográfica de referência foi obtida do banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2019), tendo sido considerado para o zoneamento a correlação da declividade com a dificuldade de acesso a determinados pontos dos rios, ou seja, declividades maiores que 20° seriam de relevo forte ondulado, difícil acesso e até inacessíveis, portanto, locais sem influência no risco de incêndio (Souza, 2019).

Por fim, classificou-se o risco de incêndio em seis classes (Tabela 5): extremo, muito alto, alto, moderado, baixo e nulo.

Tabela 5 – Coeficientes conforme o grau de risco de incêndio.

Grau de risco	Coefficientes
Nulo	0
Baixo	1
Moderado	2
Alto	3
Muito alto	4
Extremo	5

Fonte: Batista et al., 2002.

Resultados e Discussão

O atual órgão gestor das UC federais no Brasil, o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, mantém sistemas de detecção de focos de calor por satélite e programas de prevenção e combate a incêndios florestais. No entanto, esse estudo propõe uma opção preventiva, buscando servir de base para a otimização dos recursos no PNSJ e em casos semelhantes.

Apartir da integração e interpretação dos mapas temáticos: presença humana, ventos predominantes, material combustível, declividade, cobertura e uso da terra e orientação das encostas; determinamos as variáveis a serem reclassificadas em uma escala de concordância com o grau de risco variando de 0 a 5 (Tabela 5), com uma resolução espacial de 5m. Não foram considerados dados microclimáticos pela falta de informações referentes a estes dados.

As áreas de maiores declividades são consideradas de maior suscetibilidade ao fogo, devido à transferência de calor que é facilitada no sentido do aclave, aumentando a velocidade de propagação do incêndio (Aguiar et al., 2015). Assim, considerando-se somente declividade, 10,79% da área do PNSJ estaria sob risco muito alto, porém, analisando a cobertura e uso da terra do PNSJ, apenas 1,24% da área estaria em risco “muito alto”. Além disso, a taxa de propagação do fogo pode ser aumentada pela velocidade do vento (Batista et al., 2014).

As classes de risco, bem como a sua representatividade em área e em porcentagem são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Classes de risco de incêndios para o Parque Nacional de São Joaquim, Santa Catarina, Brasil.

Risco	Área (ha)	Representatividade (%)
Nulo	22,6700	0,05%
Baixo	5337,8675	10,75%
Moderado	21219,3225	42,75%
Alto	15815,2575	31,87%
Muito alto	5975,4075	12,04%
Extremo	1261,2675	2,54%
Total	49631,7925	100,00%

Fonte: Os autores.

Na Lei Federal nº 13.273/2016, que redefiniu os limites do PNSJ, a área total da UC seria de 49.800ha (Brasil, 2016), porém, no shapefile oficial da UC, a área total é diferente, pouco mais de 49.600ha. E assim, estudos anteriores, como o de Araki e colaboradores (2016), não tiveram aplicação prática que pudesse servir de base para esse novo estudo. A Figura 2 apresenta a distribuição espacial do risco de incêndios, distribuídas por classes de risco dentro do PNSJ.

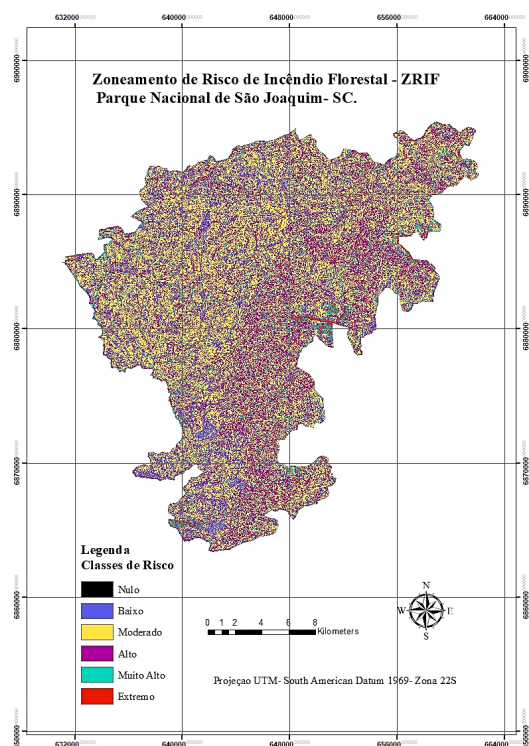


Figura 2 – Mapa de Zoneamento de Risco de Incêndios Florestais (ZRIF) do Parque Nacional de São Joaquim, Santa Catarina, Brasil.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota-se que 43,91% da área do PNSJ está sob risco alto e muito alto, e que 2,54% sob risco extremo e, assim como nos Parques Nacionais da Serra da Capivara e da Serra das Confusões, existe um período crítico para a ocorrência de incêndios (Da Silva Filho & Carneiro, 2019). Ao contrário de outros estudos que utilizam interpretação de imagens para avaliações posteriores da ocorrência de incêndios como o feito nos Parques e UCs de Brasília (Santos *et al.*, 2019), nosso estudo busca a antecipação aos acontecimentos e depois com a implantação de ações de gestão minimizar as ocorrências de incêndios. No caso do PNSJ, principalmente com medidas preventivas e de monitoramento nas áreas com as seguintes características: faces nortes (N), noroeste (NW) e oeste (W), com ocorrência de plantio de Pinus e manejo de pastagens e agricultura. Essa informação é importante para que os gestores possam planejar, por exemplo, a instalação de torres de observação de para prevenção de incêndios florestais (Moreira *et al.*, 2020).

A localização das regiões mais susceptíveis auxilia no mapeamento de risco e intervenção mais eficaz, para melhor proteger as áreas mais sujeitas a ocorrência de incêndios. Permite-se assim o planejamento para épocas de maior incidência de focos de incêndios, propiciando aos funcionários do Parque estruturar um programa de prevenção e combate.

As ferramentas de um Sistema de Informações Geográficas (GIS) viabilizam a detecção de locais de maior risco de incêndios florestais, o que a torna uma eficiente ferramenta no controle e monitoramento das áreas mais susceptíveis ao surgimento de fogo, otimizando as ações de prevenção e combate a incêndios.

Conclusão

O resultado do zoneamento de risco de incêndios florestais para PNSJ apresentou que a maior parte do Parque se encontra em áreas com risco moderado (42,75%) e alto (32,87%), e sugere atenção especial dos gestores para outros locais que apresentaram risco muito alto e extremo, 12,04% e 2,54%, respectivamente.

O método aplicado nesta pesquisa possibilitou, de forma rápida e eficiente, atualizar o ZRIF do PNSJ.

Assim, foi possível espacializar os locais com maior risco de incêndios florestais no PNSJ e fornecer aos gestores informações sobre os locais apropriados para planejamento e gestão do risco.

Agradecimentos

Aos servidores Paulo Santi Cardoso da Silva e Gustavo Nabrzecki, do Parque Nacional de São Joaquim, ao programa de bolsas de iniciação científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e aos professores do Centro de Ciências Agroveterinárias de Lages da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

Referências

- Aguiar RD, Santos LFM, Matricardi EAT & Batista IX. Zoneamento de risco de incêndios florestais no Parque nacional da Chapada dos Veadeiros – GO. *Enciclopédia Biosfera*, 11(21): 1943 - 1957, 2015.
- Alves MVG, Batista AC, Soares RV, Koehler HS & Pereira JF. Modelagem de umidade do material combustível, baseada em variáveis meteorológicas. *Revista Floresta*, 39: 167-174, 2009.
- ANA. Hidroweb – Dados hidrológicos. Agência Nacional de Águas. < <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>. Acesso em: 11/01/2019.
- Araki EK, Omena MTRN, Santos PS, Taniwaki MH, Schimanski MB. Zoneamento do risco de incêndio florestal para o Parque Nacional de São Joaquim – SC. *Biodiversidade Brasileira*, 6(2), 173-186, 2016.
- Assis FRV, Mendonça IFC, Silva JER & Lima JR. Uso de geotecnologias na locação espacial de torres para detecção de incêndios florestais no semiárido nordestino. *Floresta*, 44(1): 133-142, 2014.
- Batista AC. Mapas de risco: uma alternativa para o planejamento de controle de incêndios florestais. *Floresta*, 30(1): 45-54, 2000.
- Batista AC, Oliveira DS & Soares RV. 2002. Zoneamento de risco de incêndios florestais para o Estado do Paraná. Curitiba, FUPEF do Paraná, Série Técnica vol.2 n. 2, 86p.
- Batista AC, Tetto AF, Deppe F, Grodzki L & Grassi JT. Análise dos impactos das mudanças climáticas sobre o risco de incêndios florestais no estado do Paraná. *Scientia Forestalis*, 42(104): 491-501, 2014.
- Brasil. 2000. Lei Federal nº 9.985, de 18/07/2000. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). Presidência da República. Brasília, DF.
- Brasil. 2016. Lei Federal nº 13.273 de 15/04/2016 – Redefine os limites do Parque Nacional de São Joaquim. Presidência da República. Brasília, DF.
- Castilho PV, Omena MTRN & Taniwaki MH. 2014. Parque Nacional de São Joaquim: Portal do Conhecimento. Editora Santarém. Santarém, PA, 95p.
- Chuvienco E & Congalton RG. 1989. Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping. *Remote Sensing of Environment*, 29: 147-159.
- Da Silva Filho PC & Carneiro ELNC. GeoPARNA: SIGWeb no auxílio ao manejo, prevenção e combate aos incêndios florestais em Parques Nacionais no Piauí. In: Escola Regional de Computação Aplicada à Saúde (ERCAS), 7, 2019. Sociedade Brasileira de Computação, p. 229-234.
- ESA. Imagens SentinelHub. European Spatial Agency. <<https://www.sentinel-hub.com/>> Acesso em: 11/01/2019.
- ESRI. ArcGis Software de Geoprocessamento de Imagens. Versão 10.4. Environmental Systems Research Institute, 2016.
- Ferraz SFB & Vettorazi CA. Mapeamento de risco de incêndios florestais por meio de Sistema de Informações Geográficas (SIG). *Scientia Forestalis*, 53: 39-48, 1998.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Malha digital dos municípios de Santa Catarina. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 10/12/2018.
- ICMBio. 2018. Portaria nº 811 de 21/09/2018 – Publicação do Plano de Manejo do Parque Nacional de São Joaquim. Presidência do ICMBio, Brasília, DF, Brasil.
- ICMBio. Painel Dinâmico. <http://qv.icmbio.gov.br/QvAJAXZfc/opendoc2.htm?document=painel_corporativo_6476.qvw&host=Local&anonymous=true>. Acesso em: 13/05/2020.
- INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Banco de Dados Meteorológicos. Instituto Nacional de Meteorologia. <<https://portal.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 10/12/2018.
- Liz JPC. 2014. Zoneamento de Risco de Incêndios Florestais na Reserva Biológica do Aguai. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade do Estado de Santa Catarina, 103p.
- Moreira PAG, Mendes TA & Santos DF. Assessment of potential sites for the installation of observation towers for forest fire risk prevention. *Ciência Florestal*, v. 30, n. 4, p. 1266-1282, 2020. Doi: <https://doi.org/10.5902/1980509839686>



Oliveira DS. 2002. Zoneamento de risco de incêndios em povoamentos florestais no norte de Santa Catarina. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná. 113p.

Oliveira DS, Batista AC, Soares RV, Grodzki L & Vosgerau J. Zoneamento de risco de incêndios florestais para o Estado do Paraná. FLORESTA 34 (2): 217-221, 2004.

Santos AML, Antonio ALS, Ferreira D, Costa ES & Oliveira PDS. Use of PlanetScope Images in the burned areas monitoring program in parks and protected areas the IBRAM-PROMAQ. Biodiversidade Brasileira, 10(1): 58, 2020. Doi: <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v10i1.1541>

Schulze K, et al. An assessment of threats to terrestrial protected areas. Conservation Letters. 11(3): 1-10, 2018.

SDE (Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável) Levantamento aerofotogramétrico do estado de Santa Catarina no ano de 2011. <<http://sigsc.sds.sc.gov.br/>>. Acesso em 2018.

Soares RV & Batista AC. 2007. Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo. Os Editores, 264p.

Souza MC. 2009. Zoneamento do perigo e risco de incêndios florestais no planalto sul catarinense. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade do Estado de Santa Catarina, 86p.

Wang HH, Wonkka CL, Grant WE & Rogers WE. 2015. Range expansion of invasive shrubs: implication for crown fire risk in forestlands of the southern USA. The open-access journal plants sciences. <www.aobplants.oxfordjournals.org>. Acesso em 22/05/2020.

Biodiversidade Brasileira – BioBrasil.

Edição Temática: PIBIC

n. 1, 2022

<http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/BioBR>

Biodiversidade Brasileira é uma publicação eletrônica científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) que tem como objetivo fomentar a discussão e a disseminação de experiências em conservação e manejo, com foco em unidades de conservação e espécies ameaçadas.

ISSN: 2236-2886