



## Zoneamento do Risco de Incêndio Florestal para o Parque Nacional de São Joaquim – SC

Michel Tadeu R. N. de Omena<sup>1</sup>, Eduardo Kenji Araki<sup>2</sup>, Marcos Benedito Schimalski<sup>3</sup>,  
Marcos Hiroshi Taniwaki<sup>4</sup> & Patrícia Silva Santos<sup>2</sup>

Recebido em 03/10/2014 – Aceito em 18/05/2016

**RESUMO** – Os incêndios florestais são uma preocupação diária dos gestores de áreas protegidas como o Parque Nacional de São Joaquim (PNSJ). Situado no estado de Santa Catarina, protege a maior área contínua de floresta ombrófila mista (mata de araucárias) do Brasil, e também contempla áreas de campos de altitude e floresta ombrófila densa. O objetivo deste trabalho foi elaborar o zoneamento do risco de incêndio florestal integrando variáveis de influência, sendo estas: declividade do terreno, orientação das encostas, ventos predominantes, cobertura vegetal, carga de material combustível e interferência humana consolidada. Para análise e processamento das variáveis, utilizou-se um sistema de informações geográficas (SIG). A declividade e a orientação das encostas foram extraídas a partir do modelo digital do terreno. Os ventos predominantes foram identificados a partir da análise de registros meteorológicos mensais e suas relações com a precipitação, umidade relativa e temperatura média do ar. A cobertura vegetal foi obtida através de classificação supervisionada de imagens *Rapid Eye*. Estimou-se a carga de material combustível através de dados bibliográficos e também por modelos matemáticos. A interferência humana consolidada foi caracterizada pelos raios de influência (*buffers*) estimados para infraestrutura. A análise da declividade indicou que 7% da área está sob risco extremo. Quanto à orientação das encostas, observou-se que 32% da área total do PNSJ está sob risco extremo e risco muito alto, respectivamente com faces voltadas para as direções N e NW/W. Em relação aos ventos predominantes observou-se que 32% da área total sofre influência de ventos com características secas, indicando risco extremo. Considerando a cobertura vegetal, classificou-se 39% da área como riscos alto, muito alto e extremo. Para a carga de material combustível, menos de 1% da área apresentou risco alto. Quanto à presença humana na região, 8% da área mostrou-se sob algum tipo de influência (ex. rodovias, queimadas e áreas de moradia e lazer). Com esses resultados, produziu-se um zoneamento do risco de incêndio pela sobreposição dos mapas temáticos das variáveis concluindo-se que 39% da área está sob risco alto, e 7% sob risco extremo. A administração do PNSJ deve monitorar essas áreas críticas e propor medidas que evitem a ocorrência de incêndios.

**Palavras-chave:** álgebra de mapas; área protegida; biodiversidade; sistema de informações geográficas.

**ABSTRACT** – Forest fires are a daily concern of protected areas managers such as in São Joaquim National Park (SjNP). Situated in the state of Santa Catarina, it protects the largest continuous area of Araucaria Forest of Brazil, and also includes areas with altitudinal fields and rain forest. The aim of this work was to

### Afiliação

- <sup>1</sup> Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade / ICMBio, Parque Nacional de São Joaquim, Av. Felicidade R. Sobrinho, 1542, Bairro Esquina, Urubici/SC, Brasil, CEP: 88.650-000.
- <sup>2</sup> Universidade do Estado de Santa Catarina / UDESC, Centro de Ciências Agroveterinárias, Av. Luiz de Camões, 2090, Bairro Conta Dinheiro, Lages/SC, Brasil, CEP: 88.520-000.
- <sup>3</sup> Universidade do Estado de Santa Catarina / UDESC, Centro de Ciências Agroveterinárias, Av. Luiz de Camões, 2090, Bairro Conta Dinheiro, Lages/SC, Brasil, CEP: 88.520-000.
- <sup>4</sup> Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis / IBAMA, SCEN, Trecho 2, Edifício Sede, Caixa Postal n° 09566, Brasília/DF, Brasil, CEP: 70.818-900.

### E-mails

michel.omena@icmbio.gov.br, edukenji86@gmail.com, patricia.pss@gmail.com, schimalski@uol.com.br, marcosicmbio@hotmail.com

prepare a forest fire risk zoning by integrating the following variables of influence: land slope, orientation of slopes, prevailing winds, vegetation, load of combustible material and human interference consolidated, using a geographic information system (GIS). The slope and orientation of the slopes were extracted from the digital terrain model (DTM). The prevailing winds were identified from the analysis of monthly meteorological records and their relations with precipitation, relative humidity and mean air temperature. The vegetation coverage was obtained through supervised classification of images RapidEye. Load of combustible material was obtained from bibliographic data, and also by mathematical models. The consolidated human interference was characterized by the radius of influence (buffers) estimated for the infrastructure. The slope analysis indicated that 7% of the area is under extreme risk of fires. As for the orientation of the slopes, it was observed that 32% of the total PNSJ area is of very high (face N) and extreme risks (faces NW and W). In relation to the prevailing winds it was observed that 32% of the total area are influenced by winds with drier features, indicating extreme risk. Considering the vegetation, 39% of the area were classified as high risk, very high risk and extreme risk. For the load of combustible material, less than 1% of the area showed high risk. As the human presence in the region, 8% of the area proved under some kind of influence (ex. highways, burned areas, houses and recreation areas). A zoning risk of fire was produced by overlapping thematic maps of the variables – it was concluded that 39% of the area is under high risk, and 7% under extreme risk. The administration of PNSJ and of other similar areas must monitor these critical areas and propose measures to prevent the occurrence of fires.

**Keywords:** biodiversity; geographic information system; map algebra; protect area.

**RESUMEN** – Los incendios forestales son una preocupación diaria de los administradores de áreas protegidas como el Parque Nacional San Joaquín (PNSJ). Situado en el estado de Santa Catarina, protege la mayor área contigua de bosque ombrófilo misto (bosque de araucarias) de Brasil y también contempla áreas de pastizales de alta montaña y bosque ombrófilo denso. El objetivo de este trabajo fue elaborar la zonificación de riesgo de incendio forestal integrando variables de influencia, siendo estas: la declividad del terreno, orientación de las pendientes, vientos dominantes, cobertura vegetal, carga de material combustible e interferencia humana consolidada. Para el análisis y procesamiento de las variables se utilizó un Sistema de Informaciones Geográficas (SIG). La declividad y la orientación de las pendientes fueron extraídas a partir del modelo digital del terreno. Los vientos predominantes fueron identificados a partir del análisis de los registros meteorológicos mensuales y sus relaciones con la precipitación, humedad relativa y temperatura media del aire. La cobertura vegetal fue obtenida a través de la clasificación supervisada de imágenes Rapid Eye. Se estimó la carga de material combustible a través de los datos bibliográficos y también por modelos matemáticos. La interferencia humana consolidada fue caracterizada por los rayos de influencia (buffers) estimado para infraestructura. El análisis de la declividad indicó que 7% del área está sobre riesgo extremo. En cuanto a la orientación de las pendientes, se observó que 32% del área total del PNSJ está sobre riesgo extremo y riesgo muy alto, respectivamente con caras orientadas para las direcciones N y NW/W. En relación a los vientos predominantes se observó que el 32% del área total sufre influencia de vientos con características secas, indicando riesgo extremo. Considerando la cobertura vegetal, se clasificó 39% del área como riesgo alto, muy alto y extremo. Para la carga de material combustible, menos de 1% del área presentó riesgo alto. En cuanto a la presencia humana en la región, 8% del área se presentó sobre algún tipo de influencia (ej. carreteras, quemadas, áreas de residencia y ocio). Estos resultados producen una zonificación para riesgo de incendio mediante la superposición de mapas temáticos de las variables, que concluyen que el 39% de la superficie está en alto riesgo y el 7% sobre riesgo extremo. La administración del PNSJ debe monitorear esas áreas críticas y proponer medidas que eviten la ocurrencia de incendios.

**Palabras clave:** álgebra de mapas; área protegida; la biodiversidad; sistema de información geográfica.

## Introdução

A manutenção da biodiversidade é um dos aspectos mais importantes das áreas protegidas naturais, e neste contexto os incêndios florestais têm um efeito extremamente negativo nos ecossistemas em que sua ocorrência não é natural. A perda de habitats e a consequente diminuição da diversidade da flora e fauna podem ser devastadoras. Avaliar o risco de incêndios nesses locais é uma premissa essencial para o planejamento de ações preventivas e de minimização de danos sobre as espécies.

Segundo Soares & Batista (2007), a ocorrência e a propagação dos incêndios florestais em uma região dependem de vários fatores associados ao fenômeno da combustão. Esses fatores, por sua vez, variam em função do ambiente, influenciando de maneira distinta a combustão. O resultado é uma diversificação da ocorrência e propagação dos incêndios, de acordo com as características do local.

Oliveira (2002) afirma que o conhecimento dos principais agentes causadores de incêndios permite que sejam identificadas regiões com maior ou menor risco de ignição. A maioria dos incêndios em áreas florestais resulta de ações de uso e ocupação da terra. As estatísticas sobre as ocorrências de incêndios florestais demonstram que, tanto no Brasil como em outros países, as principais causas dos incêndios são de natureza humana (Batista 2000).

De acordo com Soares & Batista (2007), dos oito grupos de causa em que se enquadra a maioria das ocorrências (raios, incendiários, queimas para limpeza, operações florestais, atividades para recreação, fumantes, estradas e diversos), apenas o grupo raios não é de responsabilidade humana.

Conforme McArthur (1962), as principais variáveis relacionadas com a propagação dos incêndios são: a velocidade do vento, a inclinação do terreno, a instabilidade atmosférica e as características do material combustível (ex.: quantidade, umidade, tamanho e arranjo). Uma última característica relacionando vento e tipo de combustível é a capacidade de transporte de faíscas pelo vento. A possibilidade e a frequência de ocorrência dos incêndios florestais estão intimamente ligadas às condições climáticas (Soares & Batista 2007).

O risco de incêndios pode ser abordado por meio de seu mapeamento, que tem como objetivo a identificação de áreas com riscos diferenciados em uma determinada região de trabalho, usando fatores inerentes à região, como uso da terra, relevo, características das florestas, dados meteorológicos locais, entre outros (Ferraz & Vettorazzi 1998).

De acordo com Oliveira (2002), pode-se criar um zoneamento de risco trabalhando-se um agrupamento de mapas de risco. Através de métodos que permitam associar os fatores ambientais com os incêndios, produz-se um mapa de risco potencial de incêndios.

Associado a um sistema de informação geográfica (SIG) capaz de armazenar, processar e associar uma grande quantidade de dados e informações ao mesmo tempo, o planejamento e a execução de um zoneamento podem abranger uma grande área, de forma mais rápida e igualmente confiável ao trabalho de campo, muitas vezes demorado e oneroso. A pesquisa com incêndios florestais é uma das mais apropriadas aplicações de SIG, visto que a diversidade de fatores que afeta o começo e alastramento de um incêndio florestal determina a utilização de uma abordagem de análise integrada (Chuvieco & Congalton 1989).

Assim, o SIG pode ser considerado essencial no mapeamento de risco de incêndios, ou seja, a sua utilização viabiliza a aplicação prática do mapeamento de risco. Para atender ao dinamismo existente na paisagem, principalmente em termos de uso da terra, as alterações são facilmente introduzidas nas análises por meio de um banco de dados relacional estruturado para o trabalho (Ferraz & Vettorazzi 1998).

Uma questão importante é a ocorrência de incêndios florestais que danificam e alteram a paisagem e biodiversidade dentro das várias unidades de conservação (UCs) do país. As UCs foram definidas, quando da criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), como: “o espaço territorial e seus recursos ambientais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção” (Brasil 2000).

Por estarem inseridas em diferentes biomas do país, e possuírem, em geral, grandes extensões territoriais, as UCs necessitam de planos de prevenção capazes de alertar os gestores sobre possíveis prejuízos financeiros e ecológicos causados por incêndios florestais, visto que o combate aos mesmos é complicado e custoso.

Neste contexto, este trabalho foi desenvolvido no Parque Nacional de São Joaquim (PNSJ), um dos parques nacionais mais visitados do sul do Brasil, que compreende complexos vegetacionais importantes: floresta ombrófila densa (FOD) ou floresta pluvial atlântica; floresta nebulosa ou matinha nebulosa; floresta ombrófila mista (FOM) ou floresta de araucária e campos de altitude (Alarcon & Silva 2006). São florestas que servem de abrigo a diversas espécies da fauna e da flora ameaçadas de extinção, tais como: o leão-baio (*Puma concolor*), o graxaim-do-campo (*Pseudalopex gymnocercus*), o papagaio-charão (*Amazona pretrei*), o urubu-rei (*Sarcoramphus pap*), o xaxim (*Dicksonia sellowiana*) e a araucária (*Araucaria angustifolia*). Também abriga importantes nascentes, dentre elas a do Rio Pelotas e dos afluentes do Rio Canoas. Assim, com o objetivo de testar a metodologia proposta e suprir uma demanda de planejamento estratégico para esta UC, possível de ser replicada em outras áreas, foi realizado um zoneamento de risco de incêndio para o PNSJ.

## Material e métodos

### Caracterização da área

O PNSJ foi criado pelo Decreto Federal nº 50.922, em 06 de julho de 1961. Na época da realização deste estudo, entre os anos de 2013 e 2014, tinha área total de 49.300 hectares. Localizado no estado de Santa Catarina, abrangia então os municípios de Urubici, Orleans, Bom Jardim da Serra e Grão-Pará. Atualmente devido à sanção do Projeto de Lei nº 13.373, em 15/04/2016, o município de Lauro Muller também terá áreas dentro do PNSJ. As altitudes encontradas no Parque variam entre 350 e 1822 metros acima do nível do mar. Possui dois tipos de clima, segundo Köppen: temperado marítimo húmido (Cfb) nas áreas de maior altitude, e temperado húmido (Cfa) nas áreas de menor altitude.

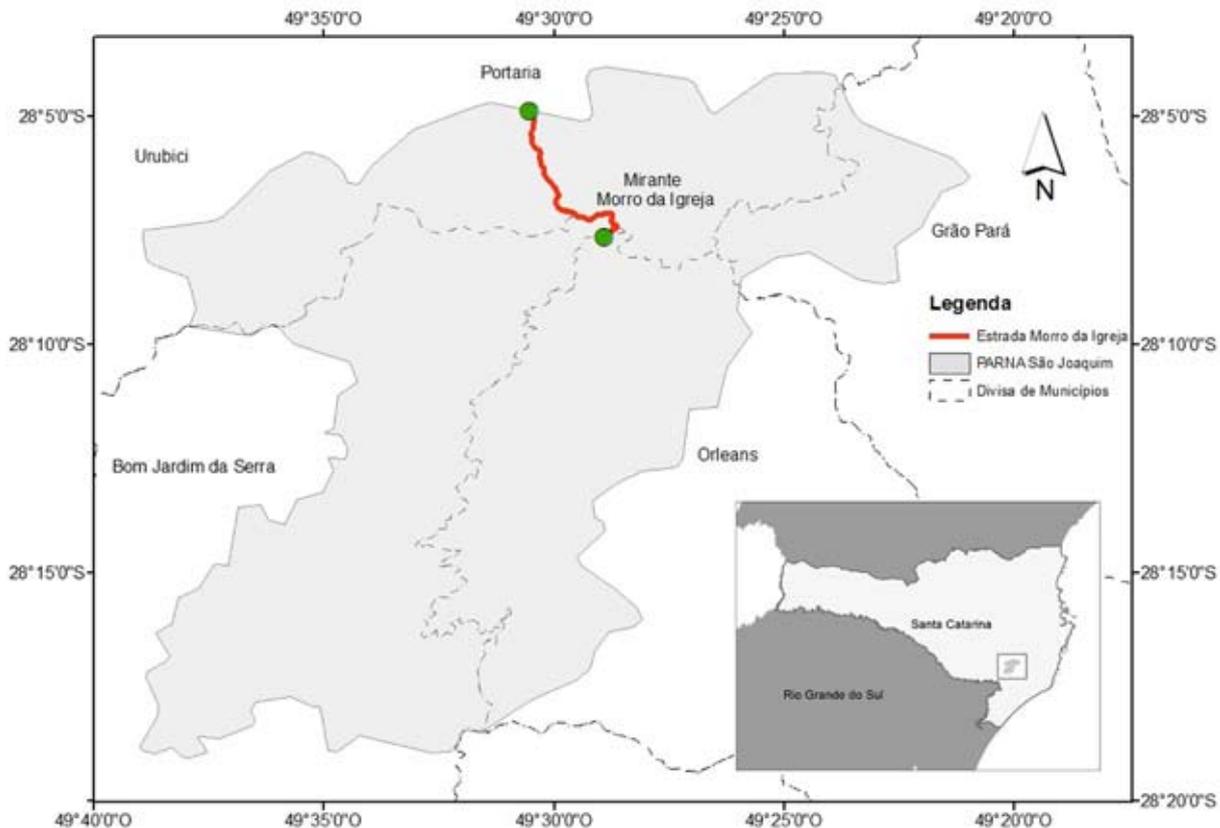


Figura 1 – Mapa do Parque Nacional de São Joaquim e sua localização no estado de Santa Catarina, Brasil.

### Planos de informação (PI)

O zoneamento do risco de incêndios florestais para o PNSJ foi elaborado em relação aos seguintes planos de informação (PI): declividade do terreno; orientação das encostas; ventos predominantes; cobertura vegetal; material combustível e presença humana, conforme metodologia proposta por Oliveira (2002).

Os PI declividade do terreno, orientação das encostas e ventos predominantes foram avaliados a partir do modelo digital do terreno (DTM), o qual foi elaborado a partir de curvas de nível com 20m de intervalo, referentes aos municípios de Urubici, Bom Jardim da Serra, Orleans e Grão-Pará.

A Tabela 1 mostra a avaliação do risco de incêndio levando em conta a inclinação do terreno, relacionando o grau de inclinação do terreno com a propagação do fogo. Para cada valor de declividade foi atribuído um risco de incêndio florestal e um coeficiente. Posteriormente, foi elaborado um mapa de risco para essa análise.

Tabela 1 – Classificação do risco de incêndio florestal em função da declividade. Adaptada de Oliveira (2002).

Declividade (%)	Risco	Coeficiente
0 - 4	Nulo	0
5 - 15	Baixo	1
16 - 25	Moderado	2
26 - 35	Alto	3
36 - 45	Muito alto	4
≥ 46	Extremo	5

A Tabela 2 apresenta o risco de incêndio em função da orientação das encostas para o hemisfério sul, onde as encostas expostas ao norte (N) e leste (E) recebem maior incidência de raios solares, aumentando assim o risco de incêndios. Já as encostas orientadas para o sul (S), devido à menor taxa de incidência de raios solares, em especial no inverno, são classificadas como de risco baixo a nulo.

Tabela 2 – Classificação do risco de incêndio florestal em função da orientação das encostas. Adaptada de Oliveira (2002).

Orientação das encostas	Sentido de exposição	Risco	Coeficiente
157,5° a 202,5°	S	Nulo	0
112,5° a 157,5° e 202,5° a 247,5°	SE/SW	Baixo	1
67,5° a 112,5°	E	Moderado	2
22,5° a 67,5°	NE	Alto	3
247,5° a 337,5°	NW/W	Muito alto	4
337,5° a 22,5°	N	Extremo	5

O teor de vapor d'água na atmosfera varia de 0 a 4% do volume de ar (Pereira *et al.* 2002). Assim, este trabalho considerou como ventos secos aqueles com a umidade inferior a 1%; ventos úmidos aqueles com umidade entre 1 e 4%; e outros ou saturados, aqueles com valor acima de 4%. Desta forma, de acordo com dados da estação meteorológica do Centro de Informações de Recursos Ambientais e Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM), instalada no município de

São Joaquim, foi possível associar a predominância de ventos para a região do Parque, bem como as características de cada vento, descritas na Tabela 3.

Tabela 3 – Classificação e características dos ventos predominantes. Adaptada de Oliveira (2002).

Sentido dos ventos	Características dos ventos	Coefficiente
NW/N/NE/E	Ventos secos	2
SW/W	Ventos úmidos	1
Outros	Ventos não frequentes	0

O mapa de uso do solo foi elaborado a partir da classificação das imagens digitais referentes aos municípios nos quais o Parque está inserido, e que foram captadas pelo sensor CCD a bordo do satélite *Rapid Eye*. O mapa foi gerado através da classificação automática via *Support Vector Machine* (SVM). Na sequência foram realizadas vistorias de campo para confirmar o resultado obtido pela classificação. Por exemplo, selecionou-se aleatoriamente algumas áreas classificadas como “floresta plantada”. Em campo confirmou-se ou não se a classificação estava correta e, assim, para os demais tipos de cobertura vegetal.

Por meio da análise do mapa de uso do solo, foi possível identificar as feições de cobertura vegetal presentes no Parque e classificá-las em: áreas úmidas (banhados); agricultura; campos naturais; floresta ombrófila mista (FOM); floresta ombrófila densa (FOD); e floresta plantada (Tabela 4).

O grau de risco de incêndio foi estimado de acordo com o potencial de ocorrência e propagação de incêndios florestais para cada tipo de formação vegetal, como potencial de combustão das espécies ocorrentes e características de cada tipo de vegetação, associadas a características físicas e químicas, tais como conteúdo de resina, espessura de casca e principalmente teor de umidade, como sugeriram Chuvieco & Congalton (1989).

Tabela 4 – Classificação e características dos ventos predominantes. Adaptada de Oliveira (2002).

Sentido dos ventos	Características dos ventos	Coefficiente
NW/N/NE/E	Ventos secos	2
SW/W	Ventos úmidos	1
Outros	Ventos não frequentes	0

A classificação do risco de incêndio florestal para carga de material combustível foi gerada em função da quantidade de matéria depositada sobre o solo em cada tipo de cobertura vegetal presente no Parque, que podem ser muito variáveis, conforme cada tipo de formação vegetal em estudo. As cargas encontradas foram distribuídas em seis classes, de acordo com os experimentos de Oliveira (2002), variando de zero a valores maiores ou iguais a 60Mg/ha, para as quais foram atribuídos um grau de risco e um coeficiente (Tabela 5), utilizando valores sugeridos por Pyne (1984), exceto para a classe floresta plantada, que teve sua carga de material combustível calculada pela seguinte equação:

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

Onde:

- W: Valor da carga de material combustível para cultivo de *Pinus sp.*
- I: Idade do talhão em questão

A idade (I) sugerida para os talhões encontrados dentro do Parque Nacional de São Joaquim foi de 25 anos.

Tabela 5 – Classificação do risco de incêndio florestal de acordo com a carga de material combustível. Adaptada de Oliveira (2002).

Carga de material combustível (Mg/ha)	Risco	Coefficiente
≥ 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

Para análise da presença humana no PNSJ, foram atribuídas faixas de influência (*buffers*) para os mapas de malha viária, hidrografia e divisas. Ferraz & Vettorazzi (1998) sugerem que para estradas internas (sem acesso ao exterior do PNSJ) a faixa de influência seja de 30m e, no caso de estradas externas (rodovias com tráfego mais intenso de veículos e pessoas com acesso ao exterior do PNSJ), o raio seja de 100m. No caso dos cursos d'água, por serem internos (dão origem a rios não-navegáveis que fluem de dentro para fora do PNSJ), leva-se em conta o fato de terem suas margens consideradas como áreas recreativas, que podem ser usadas para *camping* e piqueniques, sendo assim estabelecido um raio de influência de 30m.

No caso das áreas confrontantes com o PNSJ, Chuvieco & Congalton (1989) sugerem que as áreas de agricultura, referindo-se a pastagens, oferecem maior risco de incêndio florestal devido à queima de resíduos efetuada para preparação do solo, enquanto as demais oferecem menor risco de incêndio florestal, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Raios de influência para malha viária, hidrografia e divisas do Parque Nacional de São Joaquim. Adaptado de Oliveira (2002).

Elemento de infraestrutura	Raio de influência (m)
Estrada interna	30
Estrada externa	100
Curso d'água	30
Divisa com floresta ombrófila densa	30
Divisa com floresta ombrófila mista	30
Divisa com campos naturais	30
Divisa com agricultura	100
Divisa com floresta plantada	30

### **Zoneamento do risco de incêndios florestais (ZRIF)**

O zoneamento do risco de incêndios florestais (ZRIF) foi obtido através da sobreposição dos mapas de riscos preliminares (vulnerabilidade do ambiente) para declividade, orientação das encostas, ventos predominantes, cobertura vegetal, carga de material combustível e presença humana, dando origem ao mapa final (ZRIF). Para a análise usou-se a álgebra de mapas, metodologia empregada em diversos trabalhos científicos, com destaque para Chuvieco & Congalton (1989), Ferraz & Vettorazzi (1998), Hendrix & Coen (2001), adaptada neste, como feito por Oliveira (2002). Adotou-se uma variação do modelo de Castañeda (1997), onde a probabilidade de ocorrência

de ignição é representada pela ameaça existente, dividida em: presença humana com 50% do valor de risco, e vulnerabilidade do ambiente, representada pelas características de vegetação, topográficas e meteorológicas, com outros 50% do valor de risco.

Os coeficientes relacionados a cada variável em estudo (VP, MC, CV, D%, OE) foram utilizados como peso, sendo que para a variável PH, o peso atribuído corresponde à soma dos pesos adotados para as demais variáveis:

$$\text{RIF} = (1,70) \cdot \text{PH} + [(0,61) \cdot \text{VP} + (0,56) \cdot \text{MC} + (0,29) \cdot \text{D\%} + (0,13) \cdot \text{CV} + (0,11) \cdot \text{OE}]$$

Onde:

- RIF - valor resultante do somatório correspondente ao risco de incêndio florestal em cada unidade de análise;
- PH - correspondente à variável presença humana;
- VP - correspondente à variável ventos predominantes;
- MC - correspondente à variável material combustível;
- D% - correspondente à variável declividade;
- CV - correspondente à variável cobertura vegetal;
- OE - correspondente à variável orientação das encostas.

A Figura 2 representa como a aplicação da álgebra de mapas pode integrar os mapas preliminares, resultando no zoneamento de risco de incêndio florestal (ZRIF).

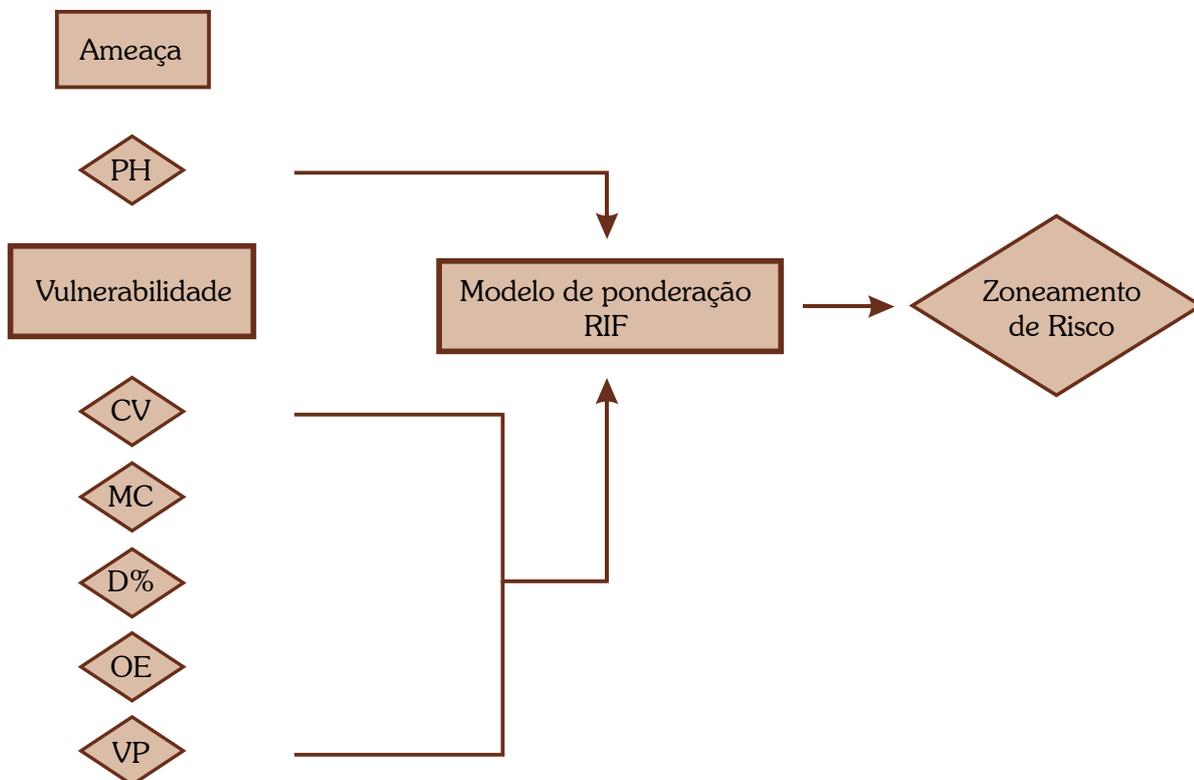


Figura 2 – Integração de mapas para obtenção do zoneamento de risco de incêndio florestal.

## Resultados e discussão

O atual órgão gestor das UCs federais no Brasil, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), e o anterior, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), atuantes nos incêndios e em outras áreas naturais no país, mantêm sistemas de detecção de focos de calor por satélite e programas de prevenção e combate a incêndios florestais. Porém, esses sistemas necessitam de refinamento e validação em campo (Tomzhinski *et al.* 2011).

Além disso, tratam o problema e não a causa. Neste trabalho, propôs-se, de maneira sucinta, uma opção preventiva, buscando servir de base para a otimização dos recursos em áreas protegidas naturais, semelhantes ao PNSJ.

Destaca-se nos resultados:

### Planos de informação (PI)

Em relação à declividade do terreno, devido à grande amplitude de variação da altitude na região, o PNSJ é classificado como sendo um local de risco, sendo que 7% da área do Parque Nacional possui declividade  $\geq 46\%$ , o que representa um fator de grande influência na propagação e dificuldade de acesso a estes locais para combate de incêndios florestais. As áreas planas no PNSJ representam 26% da sua superfície, as quais são de fácil acesso e que não influenciam na propagação dos incêndios por si só, classificadas como de risco nulo (Tabela 7).

Tabela 7 – Representatividade (%) em função de cada classe de risco da declividade.

Declividade (%)	Risco	Representatividade (%)
0 - 4	Nulo	26
5 - 15	Baixo	45
16 - 25	Moderado	3
26 - 35	Alto	18
36 - 45	Muito alto	1
$\geq 46$	Extremo	7

Visto que a orientação das encostas sofre grande influência da incidência dos raios solares, há uma necessidade de cuidados em relação às encostas norte (N), noroeste (NW) e oeste (W), que ocupam juntas 32% da área do Parque (respectivamente 13% e 19%) (Tabela 8). Isso diz respeito ao fato de essas áreas receberem iluminação na hora mais quente do dia, estendendo-se pela tarde, o que resulta em uma maior secagem do material combustível, influenciando no risco de ignição e propagação. Já 27% do Parque está sobre predomínio de encostas sul, o que representa um efeito nulo sobre a taxa de secagem do material combustível, relacionado à incidência de raios solares.

Tabela 8 – Representatividade (%) em função de cada classe de risco da orientação das encostas.

Orientação das encostas	Sentido de exposição	Risco	Representatividade (%)
157,5° a 202,5°	S	Nulo	27
112,5° a 157,5° e 202,5° a 247,5°	SE/SW	Baixo	22
67,5° a 112,5°	E	Moderado	10
22,5° a 67,5°	NE	Alto	9
247,5° a 337,5°	NW/W	Muito alto	19
337,5° a 22,5°	N	Extremo	13

A análise da Tabela 9 mostra que 41% do PNSJ está sob influência de ventos considerados neutros, menos frequentes e que oferecem risco de incêndio florestal baixo, em relação ao fator propagação e transporte de fagulhas. Por outro lado, 32% dos ventos presentes na área do PNSJ apresentam um grau considerável de risco de incêndios florestais, sendo esses ventos de características mais secas que encontram encostas orientadas favoravelmente à sua direção, o que oferece um fator de risco alto, devido à facilidade de propagação do fogo sob essas condições. Já 27% dos ventos predominantes sopram em sentidos favoráveis em relação à orientação das encostas, e apresentam características úmidas, o que reduz o risco de incêndio para esses ventos, porém não os anula, sendo classificados como de risco intermediário.

Tabela 9 – Representatividade (%) em função das características dos ventos predominantes.

Sentido dos ventos	Características dos ventos	Representatividade (%)
NW/N/NE/E	Ventos secos	32
SW/W	Ventos úmidos	27
Outros	Ventos menos frequentes	41

O risco de incêndio florestal em função da cobertura vegetal foi elaborado de acordo com o grau de inflamabilidade dos componentes de cada formação vegetal. Por se tratar de uma área de preservação, o PNSJ possui diferentes tipos de cobertura vegetal, porém, mesmo sendo uma área de preservação, ainda há a presença de plantios de árvores exóticas do gênero *Pinus* e também áreas com pomares de maçã e agricultura, o que torna esses locais pontos de maior risco de incêndios florestais.

Menos que 1% da área está sob riscos muito alto e extremo, sendo essas áreas onde se realizam os cultivos de *Pinus sp.* e áreas de agricultura. São atividades com alto grau de risco como as “queimadas” para preparação do solo, potenciais causadoras de incêndios, que se alastram por todas as áreas vizinhas. Já 66% do Parque é classificado como de risco moderado e alto, devido à presença de gramíneas e grimpas secas depositadas no substrato da floresta (Tabela 10), além do fato de que as espécies características dessas formações possuem propriedades físico-químicas que favorecem a inflamabilidade (Beutling 2005).

Tabela 10 – Representatividade (%) em função do risco para cada tipo de formação vegetal.

Tipo de formação vegetal	Risco	Representatividade (%)
Áreas úmidas	Nulo	16
Floresta ombrófila densa	Baixo	18
Floresta ombrófila mista	Moderado	28
Campos naturais	Alto	38
Agricultura	Muito alto	> 1
Floresta plantada	Extremo	

O risco, de acordo com a carga de material combustível, foi gerado a partir da representação da quantidade da carga de material potencial depositado no substrato da floresta disponível para queima. Os talhões de *Pinus sp.* e as áreas de agricultura no interior do PNSJ também representam um risco alto se considerarmos a alta inflamabilidade dos materiais combustíveis provenientes dessas culturas, tais como acículas e folhas secas de pinheiros americanos depositados no solo da floresta plantada. Porém, menos de 1% da área se encontra sob risco alto (Tabela 11). Já 84% são representados pelas formações FOD e FOM, que depositam grande volume de grimpas, galhos e

folhas sobre o solo, fornecendo material combustível; porém este, mais úmido, representa menos risco de combustão. Os outros 16% são representados por áreas de risco baixo, como banhados.

Tabela 11 – Representatividade (%) em função do risco para carga de material combustível.

Carga de material combustível (Mg/ha)	Risco	Representatividade (%)
20 – 39	Alto	>1
1,1 – 19,9	Moderado	84
1	Baixo	16
0 – 0,9		

A Tabela 12 mostra a proporção de áreas sob e sem influência de atividades humanas na região. Atividades que ainda utilizam queimada para preparação do solo, vias de tráfego com acesso a rodovias, bem como margens de rios utilizadas para lazer e recreação são tidas como áreas sob influência humana, sendo estas classificadas como áreas de risco de incêndios florestais, representando 8% da área do PNSJ. Já 92% da área é considerada sem influência humana, onde não há risco de incêndios florestais em relação ao potencial de ignição antrópico.

Tabela 12 – Representatividade (%) de acordo com a presença ou ausência do risco antrópico.

Classe	Risco	Representatividade (%)
Sob Influência	Presente	8
Sem Influência	Ausente	92

### ***Zoneamento do risco de incêndios florestais (ZRIF)***

A análise da Tabela 13 permite concluir a predominância de áreas de risco alto (39% da área total), o que sugere a presença de cobertura vegetal e carga de material combustível de características relativamente úmidas, representada pela FOD, em associação às encostas orientadas a leste.

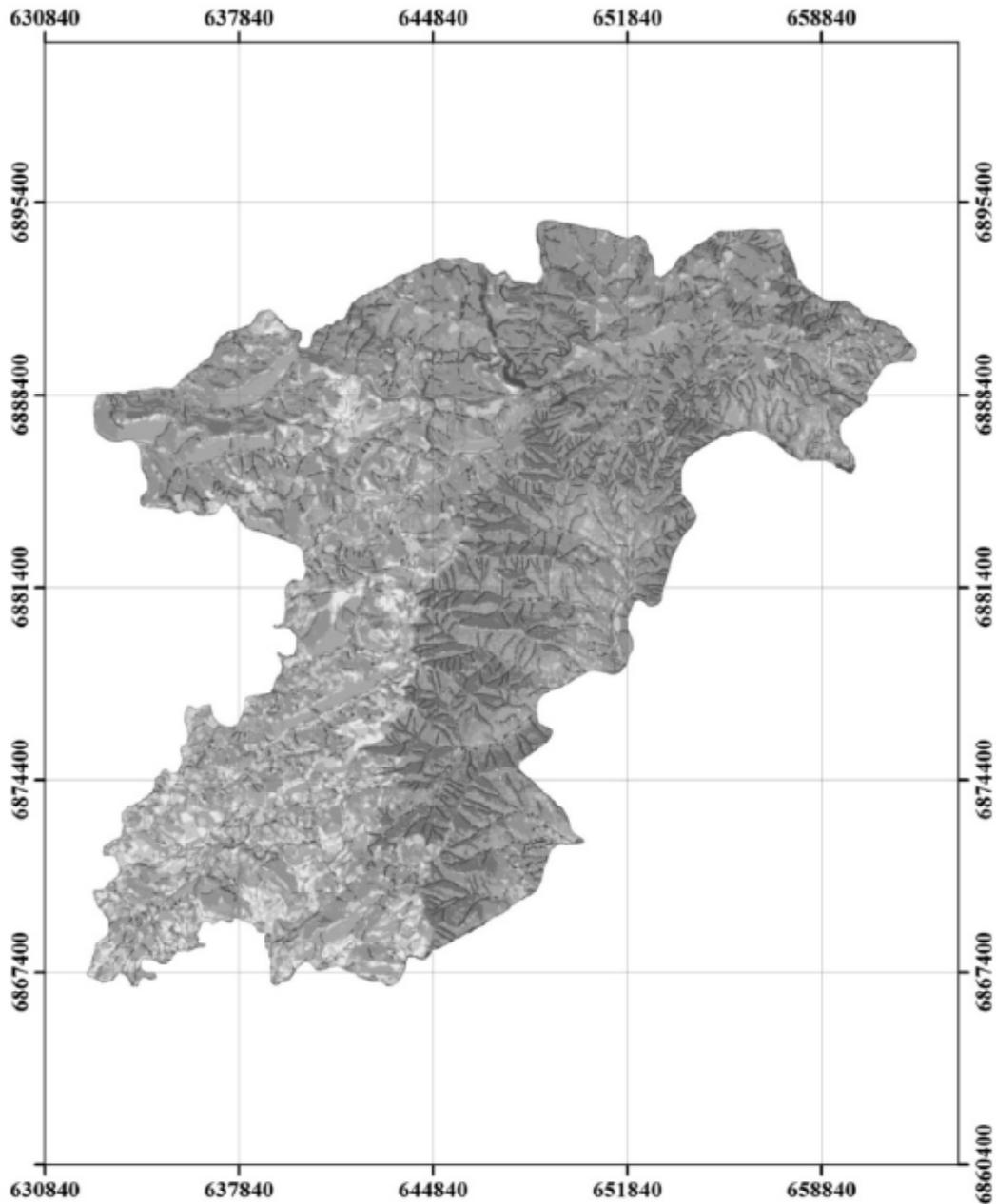
Apenas 3% do Parque se encontra em risco nulo de incêndios florestais, o que pode ser explicado pela ausência de atividades humanas em várias regiões, em especial as que possuem encostas orientadas a sul.

O risco extremo, que representa 7% da área total do Parque, foi verificado nas áreas dos raios de influência de presença humana, para cursos d'água, estradas e áreas de agricultura.

As áreas de risco muito alto de incêndio florestal (15%) são representadas pelas encostas orientadas a norte. Já a presença de áreas úmidas em associação a campos naturais leva a classificação das demais áreas a ficar entre o risco moderado e o risco baixo de incêndios florestais (Figura 3).

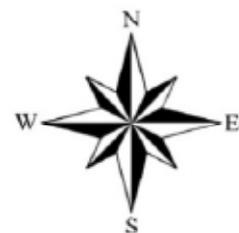
Tabela 13 – Representatividade (%) de cada classe de risco de incêndio florestal para o Parque Nacional de São Joaquim.

Classe de risco	Representatividade (%)
Nulo	3
Baixo	13
Moderado	23
Alto	39
Muito Alto	15
Extremo	7



**Legenda**

-  Risco Nulo
-  Risco Baixo
-  Risco Moderado
-  Risco Alto
-  Risco Muito Alto
-  Risco Extremo



Projeção UTM - South American Datum 1969 - Zona 22S

Figura 3 – Mapa do zoneamento do risco de incêndios florestais para o Parque Nacional de São Joaquim.

É importante destacar que neste trabalho tratou-se de complexos vegetacionais que não têm como fenômeno natural a ocorrência de incêndios. Em locais como as florestas nativas dos estados do Mississippi e Alabama, nos Estados Unidos da América, onde os incêndios florestais foram suprimidos completamente, percebeu-se a invasão de espécies não nativas sob as copas das árvores nativas, fato que gerou um aumento de biomassa e, portanto, uma preocupação maior para as autoridades no caso de um incêndio florestal (Wang *et al.* 2016). No caso específico do PNSJ, percebe-se, ainda que empiricamente, um efeito contrário, ou seja, a supressão dos incêndios tem permitido um aumento do número de espécies nativas, principalmente de avifauna. É claro que essa observação precisa de comprovação científica. Porém, neste momento o planejamento preventivo faz-se necessário para não ocorrer uma invasão de espécies não nativas, como o *Pinus* sp., que é abundante nas áreas não regularizadas dentro do PNSJ e no entorno, e tem características agressivas na região, dominando espaços vazios com rapidez, em detrimento das espécies vegetais nativas. Em áreas que sofreram a ação do fogo, esta espécie suprime as nativas, diminuindo a diversidade vegetal e animal – pois poucas espécies da fauna nativa utilizam o *Pinus* sp. para sua sobrevivência – e aumentando a biomassa da floresta e, conseqüentemente, o risco de incêndio. E assim um ciclo vicioso impõe-se sobre o equilíbrio natural dos ecossistemas presentes no PNSJ e outras UC do sul do país.

Uma preocupação pertinente no que se refere ao aumento do risco de incêndios é o aumento da temperatura da Terra, causado pelas mudanças climáticas que vêm ocorrendo no planeta. Um estudo elaborado por parceiros das Universidade do Minho e Coimbra, com foco na região do Ave, noroeste de Portugal, constatou que o risco de incêndios é maior conforme o aumento da temperatura global (Gonçalves *et al.* 2012). Evidente que no caso do PNSJ é necessário acompanhar as mudanças climáticas para verificar se isto realmente aumentará o risco de incêndio nesse, porém é um alerta relevante e mostra a importância da prevenção.

Um exemplo do aproveitamento desses dados para a maximização de recursos foi o projeto de Assis *et al.* (2014), que otimizou a instalação de torres de detecção de incêndios florestais para a microbacia do rio do Saco, município de Santa Luzia, semiárido do estado da Paraíba, por meio de uma ferramenta SIG.

## Conclusões

O principal fator de risco observado foi a presença humana, inserida na malha viária, nas proximidades de cursos d'água e em áreas de agricultura familiar (7% da área), sendo que para estes locais são necessárias atividades que visem intensamente a prevenção, como vigilância e conscientização da população sobre os danos que um incêndio florestal pode causar.

A influência de cada variável inserida e classificada permitiu a definição das categorias de risco e, assim, é possível afirmar que a metodologia aplicada apresenta, de maneira eficiente, o risco de incêndio na área de estudo, ainda que no período da pesquisa (2012) apenas uma ocorrência tenha sido relatada no PNSJ, exatamente numa área de risco extremo. Porém este trabalho servirá ao planejamento de ações futuras de prevenção e combate, maximizando recursos e melhorando a proteção da natureza e, portanto, garantindo a biodiversidade desta área protegida natural e, por fim, podendo ser aplicado em outras áreas semelhantes.

Dessa maneira, há possibilidade de elaborar um planejamento de prevenção essencial na conservação do patrimônio público e da biodiversidade do Parque.

## Referências bibliográficas

- Alarcon, G. G. & Silva, E.H. 2006. Mapeamento e caracterização da cobertura vegetal e uso do solo do Parque Nacional de São Joaquim – SC. **Revista Discente Expressões Geográficas**, 3: 121-141.
- Assis, F.R.V.; Mendonça, I.F.C.; Silva, J.E.R. & Lima, J.R. 2014. Uso de geotecnologias na locação de incêndios florestais no semiárido nordestino. **Revista Floresta**, 44(1): 133-142.

- Batista, A.C. 2000. Mapas de risco: uma alternativa para planejamento de controle de incêndios florestais. **Revista Floresta**, 30: 45-54.
- Beutling, A. 2005. **Caracterização para modelagem de material combustível superficial em reflorestamento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze**. Dissertação (mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná. 113p.
- Brasil, 2000. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). **Presidência da República**.
- Castañeda, A. 1997. Zonificación para el manejo de incendios en plantaciones forestales en Colombia. **Boletín de Protección Forestal**, nº 2. Colombia.
- 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.
- Ferraz, S.F.B & Vettorazi, C.A. 1998. Mapeamento de risco de incêndios florestais por meio de Sistema de Informações Geográficas (SIG). **Scientia Forestalis**, 53: 39-48.
- Gonçalves, A.B.; Vieira, A.; Leite, F.F. & Lourenço, L. 2012. Mudanças climáticas e risco de incêndio florestal no Ave (Noroeste de Portugal). **Revista Geonorte**. Edição Especial, 1(4): 830-842.
- Hendrix, C. & Coen, J. 2001. **New techniques seek to extinguish wildfire risks**. Imaging Notes. Colorado. USA.
- McArthur, A.G. 1962. **Control burning in eucalypt forests**. Canberra: Commonwealth of Australia Forestry and Timber Bureau. Canberra. Austrália.
- Oliveira, D. dos S. 2002. **Zoneamento de risco de incêndios em povoados florestais no norte de Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 113 p.
- Pereira, A.C.; Angelocci, L.R. & Sentelhas, P.C. 2002. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Livraria e Editora Agropecuária, Guaíba. 478 p.
- Pyne, S.J. 1984. **Introduction to wildland fire: fire management in the United States**. 2 ed. John Wiley & Sons Inc. 480 p.
- Soares, R.V. & Batista, A.C. 2007. **Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. Os Editores, 264 p.
- Tomzhinski, G.W.; Coura, P.H.F. & Fernandes, M. C. 2011. Avaliação da detecção de focos de calor por sensoriamento remoto para o Parque Nacional do Itatiaia. **Biodiversidade Brasileira**, 1(2): 201-211.
- Wang, H.H.; Wonkka, C.L.; Grant, W.E. & Rogers, W.E. 2016. Range expansion of invasive shrubs: implication for crown fire risk in forestlands of the southern USA. **The open-access journal plants sciences**. Disponível em [www.aobplants.oxfordjournals.org](http://www.aobplants.oxfordjournals.org), acessado em 22/05/2016. Oxford University Press. England. 14 p.

Revista Biodiversidade Brasileira – BioBrasil. 2016, n. 2.

<http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/BioBR/issue/view/44>

**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