

Mapa de suscetibilidade a incêndios florestais em Unidades de Conservação no Cerrado: um estudo de caso para a Área de Proteção Ambiental Nascentes do Rio Vermelho (Goiás) e Refúgio de Vida Silvestre Veredas do Oeste Baiano (Bahia)

João Vítor Silva Costa

Manuel Eduardo Ferreira

Universidade Federal de Goiás – UFG/IESA
Laboratório Processamento de imagens e Geoprocessamento – LAPIG
Campus II, Cx. Postal 131, CEP 74001-970, Goiânia - GO, Brasil
{joaovsc17, mferreira.geo}@gmail.com

Abstract. The Cerrado biome is frequently affected by forest fires, not only due to the accumulation of biomass during the dry season, but mainly due to the proximity of rural areas and roads. In this context, and sought for a better control and predictability to fires in Conservation Units, this research aimed the elaboration of a forest fire hazard map for the contiguous Conservation Units *Refúgio de Vida Silvestre Veredas do Oeste Baiano* (Bahia) and the *Nascentes do Rio Vermelho* Environmental Protection Area (Goiás), collaborating with the management and protection of the fauna and flora of the study area. This region had its conversion process intensified since the year 2000, with a high correlation with the number of fires. Among the results, it was verified that the areas of greater risk are those surrounding the agricultural areas and roads (asphalted or not). In the analyzed time series (2000 to 2015), 79.5% (2409.07 km²) of the area was burned at least once; In 2011, these two Conservation Units had more than 60 thousand hectares burned, being the largest burn event in the analyzed period. Renewal of native pasture over the Cerrado and hunter actions also pose a risk to the burnings in the region.

Palavras-chave: Burned areas, savanna, remote sensing queimadas, cerrado, sensoriamento remoto.

1. Introdução

O Cerrado tem passado por drásticas transformações no que diz respeito ao seu estado de conservação ambiental, apresentando atualmente apenas 50% da cobertura vegetal original (SANO et. al., 2010). Estas áreas são caracterizadas por possuir duas estações climáticas bem definidas, uma seca (maio a setembro) e outra chuvosa. Com a vegetação seca e a predominância de formações abertas (fisionomia savânica), é muito comum a ocorrência de incêndios, naturais ou intencionais (FIEDLER et. al., 2006). Dentre as causas antrópicas, as principais são a renovação da pastagem por queima não controlada e a limpeza dos restos de cultivos sobre o solo (MMA, 2010).

Mesmo com metade do bioma já convertido, apenas uma pequena fração está protegida por unidades de conservação (UC); e mesmo nelas, o combate aos incêndios florestais é uma tarefa difícil, dada as condições de acesso/logística e/ou pela falta de recursos/infraestrutura dos órgãos ambientais. Apesar dos esforços institucionais, os resultados estão aquém do esperado, principalmente no que tange à prevenção e redução no número de focos de incêndios, com consequente perda de biodiversidade e poluição atmosférica.

Neste contexto, a presente pesquisa teve como objetivo a elaboração de um mapa dinâmico de risco de incêndios, a ser empregado de forma prática na gestão de UC do bioma Cerrado, em especial na área de proteção ambiental (APA) Nascentes do Rio Vermelho e refúgio de vida silvestre (RVS) Veredas do Oeste Baiano, colaborando com a proteção da fauna e flora nestas áreas especiais. A prevenção de incêndios possui elevada importância para a manutenção de recursos naturais e ganhos sociais, haja vista muitas comunidades humanas serem dependentes dos serviços ambientais do Cerrado.

2. Metodologia de Trabalho

2.1. Área de estudo

Neste estudo foram avaliadas duas UC: RVS Veredas do Oeste Baiano e APA Nascentes do Rio Vermelho, localizadas no oeste da Bahia e no nordeste do estado de Goiás, respectivamente (figura 1). O RVS possui 130 mil hectares, composto por duas áreas descontínuas de proteção integral, protegendo as nascentes dos rios Pratudinho e Pratudão. Por sua vez, a APA, uma unidade de uso sustentável, possui 180 mil hectares, preservando 130 cavernas, além de importantes nascentes na região do Vão do Paranã. Para melhor compreender o efeito da vizinhança nos incêndios na vegetação de Cerrado, foi considerada ao estudo uma zona tampão de dez quilômetros ao redor de cada UC.

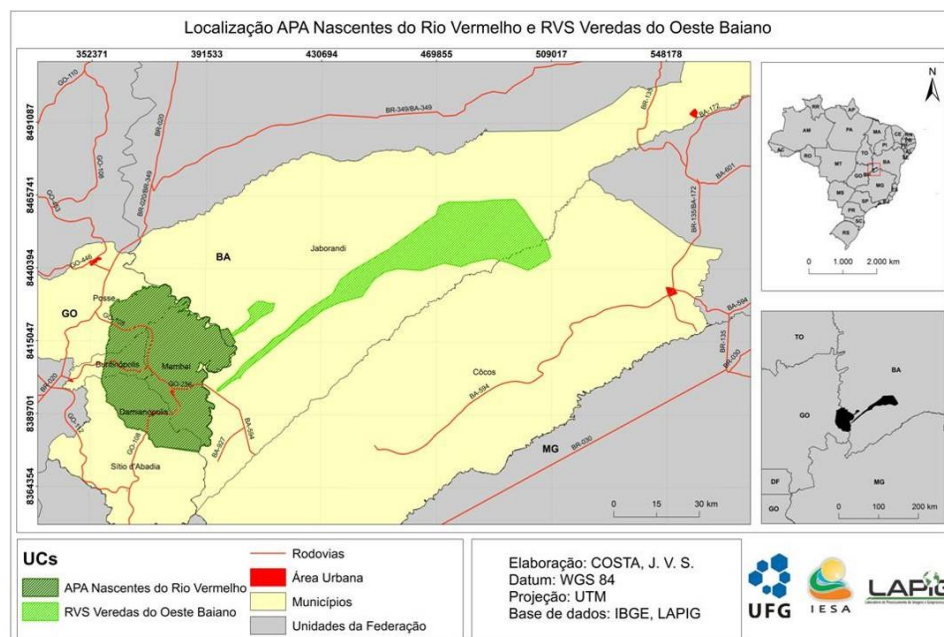


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

2.2. Bases de dados e procedimentos de análise

Para a elaboração do mapeamento do risco de fogo, levou-se em consideração o tipo de ocupação das terras, declividade do terreno, malha viária e o histórico de queimadas (entre 2000 e 2015). Em relação aos mapas anuais de queimadas, os dados referem-se às cicatrizes de fogo na vegetação, derivadas do sensor orbital MODIS (produto MCD45A1). Assim, por meio de uma análise integrada num sistema de informações geográficas (SIG), foram atribuídos pesos às classes de dados, conferindo ao mapa de risco de incêndios uma relação de maior ou menor grau com todas as variáveis geográficas. Para a categorização do risco, foram adotadas as seguintes classes: baixo, moderado, alto, muito alto e extremo. E seus pesos são respectivamente de 1 a 5. Os pesos adotados levaram em consideração o histórico de incêndios da área no período entre 2000 e 2015; desta forma, as classes de uso e cobertura do solo que mais queimaram, receberam os pesos mais altos. Para a geração do mapa de risco de fogo aplicou-se a seguinte equação (equação 1):

$$\text{Risco de fogo} = \left[\frac{\text{Classes de uso e cobertura do solo} * \text{declividade}}{2} \right] + \text{influência antrópica} \quad (1)$$

Para a classificação do uso e cobertura do solo (figura 2), foram utilizadas imagens de satélite obtidas pela plataforma LANDSAT 8, sensor OLI, cenas 220/070 e 219/070, registradas nos dias 30 de setembro e 9 de outubro de 2015, respectivamente. Foi adotado o método de classificação supervisionada, disponível no software ENVI (versão 5.1), por meio da coleta de amostras/treinamento para o referido algoritmo, com correções pontuais em ambiente de SIG, no software ArcGis (versão 10.1), na ferramenta *Editor*.

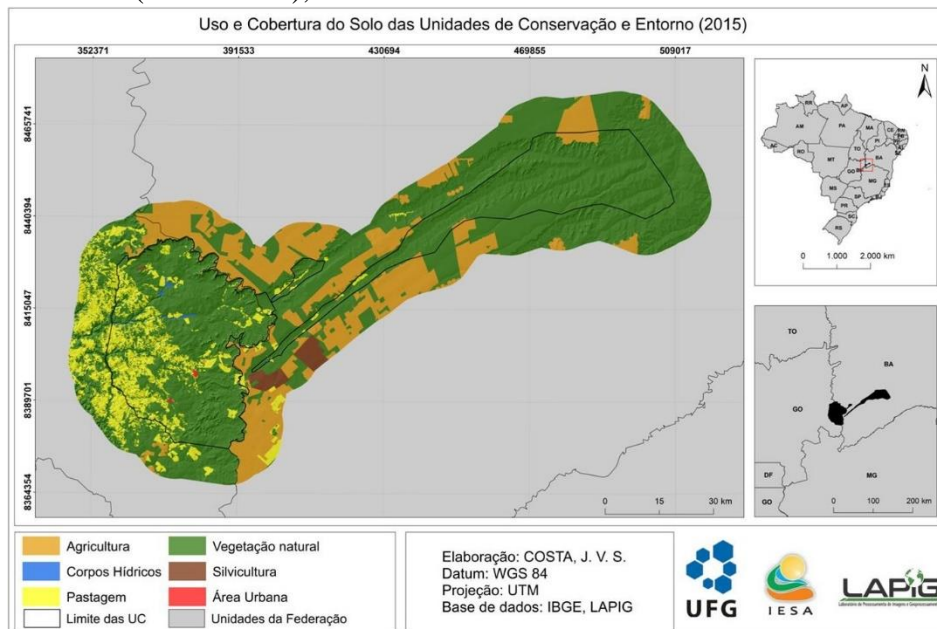


Figura 2. Mapa de uso e cobertura do solo na área de estudo (incluindo zona tampão com raio de 10 km no entorno das UC).

A classificação preliminar indicou que 69,25% da área de estudo são cobertas por vegetação nativa de Cerrado, aqui dividida em três classes (figura 3): vegetação savânica, vegetação florestal e veredas. Além da vegetação nativa, foi identificado que 19,28% dessa área estão cobertos por agricultura, 10,04% por pastagens e 1,16% por silvicultura. Os pesos atribuídos às classes de uso do solo (tabela 1) foram resultantes do potencial de risco de cada tipo de uso (RIBEIRO et. al., 2012). Além dessa classificação, foi utilizada, para fins de comparação, a classificação do uso e cobertura do solo referente ao ano de 2002 (escala 1:250.000), gerada pelo PROBIO.

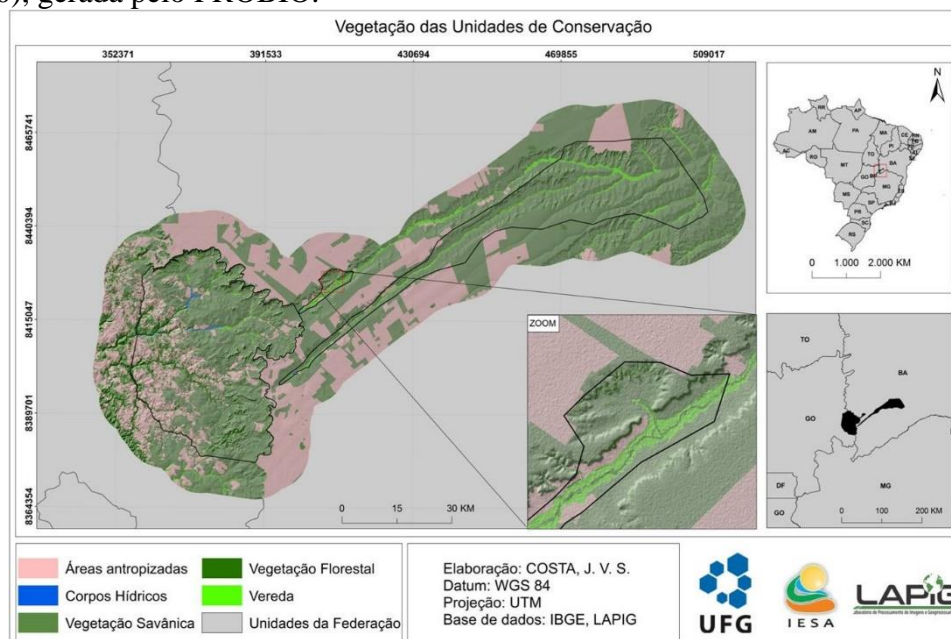


Figura 3. Mapa de cobertura vegetal da área de estudo (incluindo zona tampão com raio de 10 km no entorno das UC). O quadro com um zoom ilustra as áreas de veredas.

A vegetação nativa é o principal combustível dos incêndios, sendo que, para cada fisionomia, o fogo pode se comportar de forma diferente. As classes savânicas, por exemplo, são mais abertas (em geral, com bastante gramíneas no substrato, além de serapilheira – folhas secas), sendo, portanto, mais suscetível ao fogo no período da seca do que as classes de fisionomia florestal, cuja capacidade de retenção de umidade é maior.

Tabela 1. Pesos adotados para as classes de uso e cobertura do solo.

Classe	Peso
Agricultura	4
Área Urbana	1
Corpos hídricos	0
Pastagem	5
Silvicultura	1
Vegetação florestal	1
Vegetação savânica	4
Vereda	3

A classe de informação declividade foi gerada a partir de dados obtidos pelo projeto *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*, com 30 metros de resolução espacial, obtidos na plataforma *Earth Explorer* (earthexplorer.usgs.gov). Segundo Ribeiro (2012), o clima e a vegetação que se estabelece em uma determinada área sofrem influência direta da topografia, devido às condições de vento e umidade do ar. Portanto, a declividade influencia também no comportamento do fogo, sendo que, quanto maior o aclave, mais rápido o fogo se propagará, pois a inclinação do terreno aproxima as chamas ao material combustível, acelerando a transferência de calor, e conseqüente combustão da vegetação (JORDAIM, 2015).

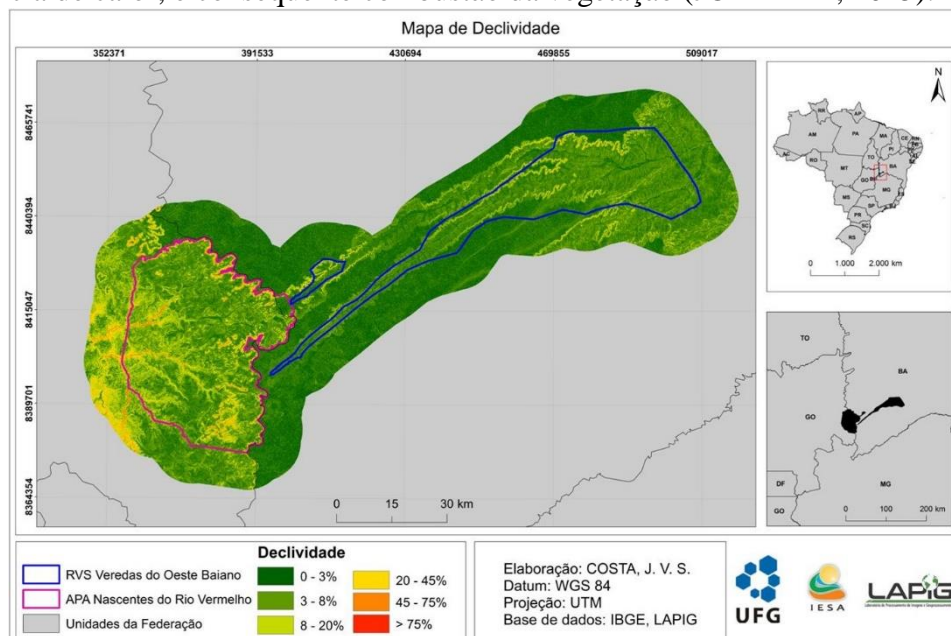


Figura 4. Mapa de declividade das UC e entorno (zona tampão de 10 km).

Nesta pesquisa, a declividade foi classificada em cinco classes, com a adoção de pesos para o risco de incêndios, conforme na tabela 2.

Tabela 2. Pesos adotados para a declividade em relação ao risco de incêndios.

Classe	Peso
0 – 15%	1
15 – 25%	2
25 – 35%	3
35 – 45%	4
> 45%	5

A última variável foi a influência antrópica, isto é, a influência ao incêndio causada pela proximidade de áreas já em uso. Para esta categoria de informação, foi considerada o impacto das classes agricultura, perímetro urbano, estradas vicinais (não pavimentadas), rodovias pavimentadas, silvicultura e pastagem, em diferentes distâncias. Para cada classe, foram adotadas diferentes distâncias e pesos, calculados a partir de análise da intersecção entre os mapas de uso e histórico de incêndios (focos de calor), como observado na tabela 3.

Tabela 3. Pesos adotados para influência antrópica em incêndios na vegetação nativa.

Classes\Pesos	0	1	2	3	4	5
Área urbana	> 3 km	2 – 3 km	1 – 2 km	Até 1 km	-	-
Agricultura	> 5 km	4 – 5 km	3 – 4 km	2 – 3 km	1 – 2 km	Até 1 km
Estradas vicinais	> 1500 m	1200 – 1500 m	900 – 1200 m	600 – 900 m	300 – 600 m	Até 300 m
Rodovias	> 200 m	100 – 200 m	Até 100 m	-	-	-
Pastagens	> 10 km	8 – 10 km	6 – 8 km	4 – 6 km	2 – 4 km	Até 2 km
Silvicultura	> 200 m	100 – 200 m	Até 100 m	-	-	-

3. Resultados e discussões

Analisando-se o histórico de queimadas na área de estudo, pode-se observar uma tendência de crescimento deste fenômeno, tanto na APA quanto na RVS. A figura 5 indica esse comportamento nas UC avaliadas. Vale ressaltar que as UC foram criadas em 2001 (APA) e 2002 (RVS); mesmo sob políticas de proteção, essas áreas continuaram com incêndios anuais, aumentando a área afetada pelo fogo. Ainda com base no histórico de queimadas na região, foi observado que apenas 20,5% de toda área de estudo (i.e., UC e entorno de 10 km) não foram afetados por incêndios, conforme ilustrado na figura 7.

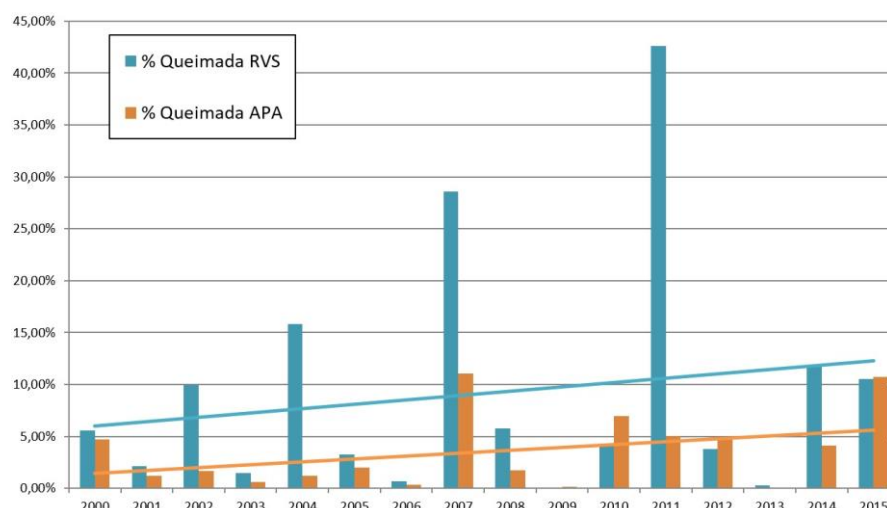


Figura 5. Histórico de áreas queimadas nas duas categorias de UC, incluindo respectivas retas de tendência.

Tal aumento nos incêndios pode estar relacionado com a conversão das áreas nativas para atividades agropecuárias, sobretudo a partir de 2002 (ver figuras 5 e 6). Comparando-se

os dados obtidos na classificação do uso do solo (para o ano de 2015) com os dados do PROBIO (de 2002), foi verificado que as áreas com Cerrado nativo caíram de 81,04% para 69,25%. Grande parte dessa conversão ocorreu nas proximidades da RVS, região do MATOPIBA (confluência entre os estados de Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), atual fronteira do agronegócio no Brasil.

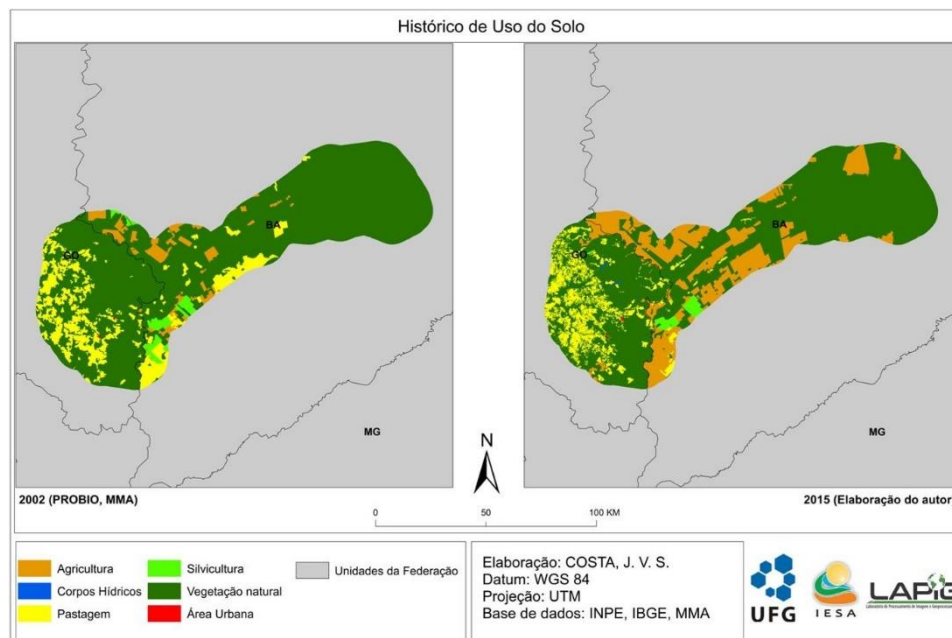


Figura 6. Histórico de áreas convertidas nas UC, entre 2002 e 2015.

As fisionomias savânicas são predominantes na área de estudo, em geral a mais afetada pelos incêndios, embora com reconhecida resistência à seca e ao fogo. No entanto, a classe de veredas, endêmica ao bioma Cerrado, também sofre intensamente com os incêndios. Ainda que as veredas queimem com menor frequência, inclusive por serem mais restrita, esta classe é mais sensível ao fogo, ao contrário da savana, não apresentando mecanismos de proteção, como cascas grossas. Assim, os incêndios afetam seu solo turfoso, comprometendo sua regeneração, às vezes de forma permanente (MAILLARD et. al., 2009).

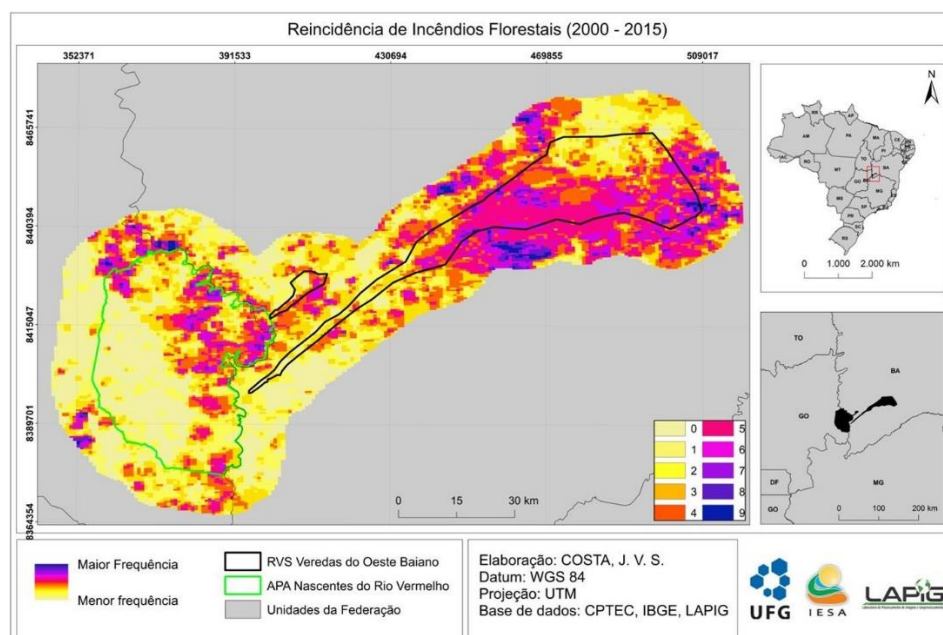


Figura 7. Reincidência de incêndios na área de estudo (UC e zona tampão de 10 km).

Finalmente, o mapa de risco de incêndios (figura 8) indica como áreas de maior risco aquelas a leste das UC, onde a combinação da influência do uso do solo e da elevada declividade representou um maior risco para a vegetação nativa. Ao comparar o mapa de risco de fogo com o de reincidência (figura 7), observa-se que, na APA, as áreas com maior risco são justamente aquelas com maior incidência (frequência) de queimadas. Já na RVS, as áreas mais afetadas pelo histórico de queimadas não coincidem, pelo menos aparentemente, com a região de maior risco. Em atividade de campo, voltada à coleta de informações para o mapeamento, constatou-se vestígios de caçadores na RVS, que se utilizam das estradas vicinais para o deslocamento. Outra situação comum é a utilização da RVS, em campos nativos mais abertos, para a prática de pastagem; essas áreas com pasto nativo não puderam ser diferenciadas no mapa de uso do solo, dada as limitações inerentes à própria metodologia e instrumentos sensores. Nestas condições, o fogo, quando descontrolado, se espalha facilmente pelo interior da RVS, especialmente na porção oeste, conforme indicado nos mapas das figuras 7 e 8.

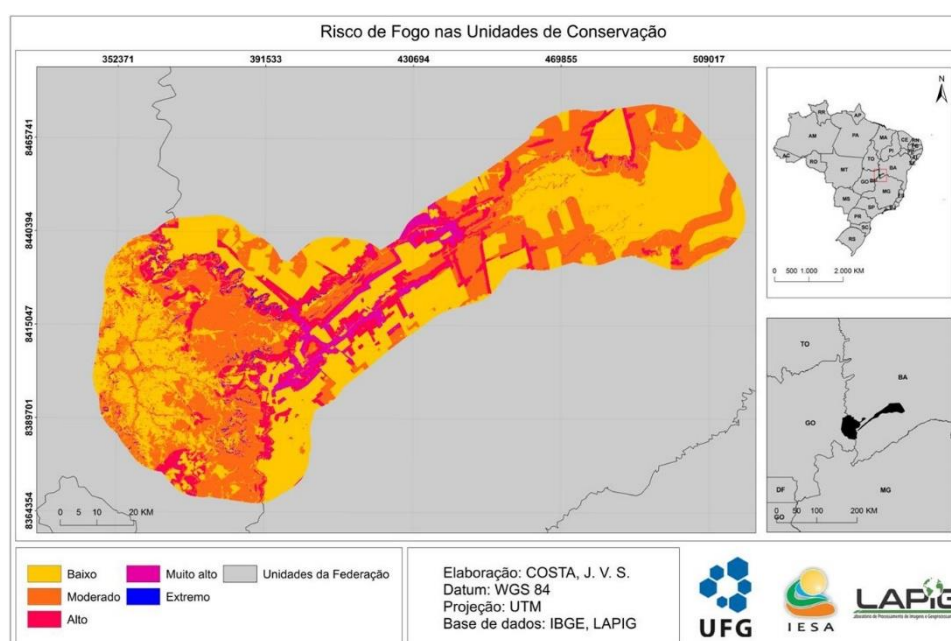


Figura 8. Mapa de risco de incêndios nas UC avaliadas.

4. Conclusões

O zoneamento do risco de incêndios na vegetação se mostra como uma eficiente ferramenta para a gestão de Unidades de Conservação, ao propiciar o planejamento de ações em áreas cruciais, bem como a logística de acesso e combate aos focos de incêndios por parte dos órgãos ambientais. Portanto, a metodologia deve ser replicada para outras UC no bioma Cerrado.

Este mapeamento indicou que as áreas de estudo com maior risco a incêndios (i.e., APA e RVS avaliadas) são aquelas mais próximas de atividades agrícolas e de estradas vicinais, principalmente na RVS, cuja presença indevida de caçadores e produtores de gado é constante.

Em relação à APA, apesar da presença significativa de pastagens na região oeste desta UC, a área mais afetada, e de maior risco, encontra-se em sua porção leste. Essa região é mais próxima da Serra Geral de Goiás, onde se concentram as grandes propriedades rurais; neste caso, o fogo ainda é utilizado indevidamente para o preparo do solo (queima de restos de cultivo, por exemplo) e na expansão agrícola (desmatamentos e queimadas).

Quanto à RVS, unidade historicamente mais afetada pelos incêndios, a mesma sofre com a expansão agrícola na região identificada como MATOPIBA, com tendência de maior pressão nos próximos anos. As regiões mais afetadas também estão na porção leste desta UC, mais afastada da sede do ICMBio (em Mambaí - GO), responsável pela gestão das duas unidades, e onde se verifica a ocorrência indevida das áreas de cerrado como pastagens naturais, associadas ao manejo com o fogo (para renovação da vegetação rasteira).

Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq, pela concessão da bolsa de Iniciação Científica ao primeiro autor e pela bolsa de produtividade de pesquisa ao segundo autor (PQ-2). Aos servidores do ICMBio/Mambaí - GO, em especial ao analista ambiental Sandro Borges, cujo incentivo e apoio em campo foram cruciais para a conclusão deste estudo. Esta pesquisa se insere no projeto Organização e disponibilização de bases de dados geográficas para a gestão territorial e ambiental do estado de Goiás (FAPEG/Edital universal 05/2012, no. 201210267000966).

Referências Bibliográficas

SANO, E.E.; ROSA, R.; BRITO, J.L.; FERREIRA, Jr, L.G. **Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil**. Environmental Monitoring and Assessment, v. 166, 113 – 124, 2010.

FIEDLER, N., C.; MERLO, D., A.; MEDEIROS, M., B. **Ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás**. Ciência Florestal, Santa Maria – RS, v. 16, n 2, 153 – 161, 2006.

MMA. **Queimadas e incêndios florestais: cenários e desafios**. Brasília: MMA, 2010.

ARAÚJO, F., M.; FERREIRA Jr, L., G. **Satellite-based automated burned area detection: A performance assessment of the MODIS MCD45A1 in the Brazilian savanna**. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, n. 36, p. 94 – 102, 2015.

RIBEIRO, L.; SOARES, R., V.; BEPLER, M. **Mapeamento do risco de incêndios florestais no município de Novo Mundo, Mato Grosso, Brasil**. Cerne, Lavras – MG, v. 18, n. 1, p. 117 – 126, 2012.

JORDAIM, R., B. **Comportamento do fogo sob diferentes declividades, em combustíveis provenientes de um povoamento de Eucalyptus grandis**. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira do curso de engenharia florestal, Universidade Federal do espírito Santo. Espírito Santo, 2015.

MAILLARD, P.; PEREIRA, D., B.; SOUZA, C., G. **Incêndios florestais em veredas: conceitos e estudos de caso no Peruaçu**. Revista Brasileira de Cartografia, n. 61/04, 2009.