



## Avaliação dos focos de calor e da fórmula de Monte Alegre no parque Nacional de Chapada dos Guimarães

Arlindo de Paula Machado Neto<sup>1\*</sup>, Antonio Carlos Batista<sup>2</sup>, Ronaldo Viana Soares<sup>2</sup>, Daniela Biondi<sup>2</sup>, Riubi Lopes de Moraes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367, Boa Esperança, CEP 78060-900, Cuiabá, MT, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Florestal, Av. Pref. Lothário Meissner, 632, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba, PR, Brasil

\*Autor correspondente:  
arlindo.neto08@gmail.com

### Termos para indexação:

Incêndios florestais  
Unidade de conservação  
Satélites

### Index terms:

Forest fires  
Conservation units  
Satellites

### Histórico do artigo:

Recebido em 02/05/2017  
Aprovado em 27/09/2017  
Publicado em 30/12/2017

doi: 10.4336/2016.pfb.37.92.1440

**Resumo** - O presente estudo teve por objetivo analisar o comportamento da Fórmula de Monte Alegre e quantificar os focos de calor detectados por satélites de referência, comparando os mesmos com os incêndios ocorridos no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães de 2007 a 2015. O monitoramento dos focos de calor foi realizado através de imagens dos satélites AQUA, TERRA e NOAA, cujos dados diários de focos detectados foram usados para compor a série temporal ao longo dos anos permitindo a análise de tendências dos números de focos para o parque. Os dados foram adquiridos na plataforma do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, na base de dados históricos do Instituto Nacional de Meteorologia e junto à gerência do parque. Na maioria dos anos houve uma superestimação do número de focos de calor em relação ao número de ocorrência dos incêndios. O satélite TERRA apresentou valores que mais se aproximaram do número de registros de fogo no parque. Observou-se que 87,69% dos incêndios foram validados em relação a FMA, onde 60% foram pertencentes a classe de perigo muito alto e 27,69% enquadraram-se na classe de perigo alto, demonstrando a efetividade da FMA em relação aos registros de incêndios ocorridos no parque.

## Evaluation of heat focuss and the formula of Monte Alegre in the national park of Chapada dos Guimarães

**Abstract** - The present study aimed to analyze the behavior of the Monte Alegre Formula and to quantify the heat sources detected by reference satellites, comparing them with the fires that occurred in the Chapada dos Guimarães National Park from 2007 to 2015. Heat analysis was performed using images from the AQUA, TERRA and NOAA satellites, whose daily data of detected foci were used to compose the time series over the years, allowing the analysis of trends in the numbers of foci for the park. The data were acquired in the platform of the National Institute of Space Research, in the historical data base of the National Institute of Meteorology and next to the management of the park. In most years there was an overestimation of the number of heat sources in relation to the number of occurrences of the fires. The TERRA satellite presented values that most approached the number of fire records in the park. It was observed that 87.69% of the fires were validated in relation to AMF, where 60% belonged to very high hazard class and 27.69% were classified in the high hazard class, demonstrating the effectiveness of AMF in relation to Records of fires occurring in the park.

## Introdução

Milhares de hectares de florestas são queimadas em todo mundo a cada ano, gerando efeitos de grande

impacto, tanto do ponto de vista econômico como ambiental. A Rede Sul Americana de Incêndios Florestais diz que somente nos últimos trinta anos estima-se que

tenham ocorrido na América do Sul cerca de 290.000 incêndios florestais, afetando uma área equivalente a 51,7 milhões de hectares (Gfmc, 2007).

Existem diversas alternativas que podem ser adotadas para atenuar ou impedir a ocorrência de incêndios florestais em determinado local, porém a prevenção é a primeira linha de defesa contra os incêndios. Assim, mesmo adotando-se as melhores técnicas de prevenção, alguns incêndios fatalmente ocorrerão, necessitando de uma rápida e decidida ação de combate (Batista, 2009).

Durante a estação seca o fogo é um distúrbio frequente e no Brasil, grande parte das Unidades de Conservação (UC) vem sendo atingidas por incêndios florestais, todos os anos. Hoje, menos de 3% da superfície do bioma Cerrado está protegida em UC's e mais de 60% da região já foi profundamente modificada pela ocupação antrópica, com lavouras diversas, pastagens e ocupação urbana (Cavalcanti, 2000).

Quando se trata da ação do fogo sobre as áreas naturais protegidas, destinadas à preservação dos recursos naturais, os efeitos do fogo devem ser criteriosamente avaliados para estabelecer programas de manejo que propiciem a melhor forma de recuperação dos ambientes modificados (Fiedler et al., 2006). De acordo com Soares & Batista (2007), o monitoramento dos incêndios florestais por meio de imagens de satélites, a nível nacional e em escalas regionais, é o meio mais eficiente e de baixo custo, quando comparado com os demais meios de detecção.

O Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Icmbio), através da Coordenação Geral de Proteção Ambiental, possui metodologias para identificação e localização dos incêndios em UC's. Além disso, também são utilizados como um dos componentes dessa metodologia os dados de focos de calor detectados por satélites e disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). No entanto, existe certo grau de incerteza e imprecisão nos sistemas de detecção por satélites, sendo necessária, para seu refinamento, realizar validação de campo (Icmbio 2010). De acordo com o INPE (2014), desde 1987 o sistema de aperfeiçoamento e detecção de queimadas vem sendo aprimorado com base na identificação dos focos de calor em imagens geradas e captadas a uma faixa termal média de 3,7 a 4, micrômetros ( $\mu\text{m}$ ) do espectro óptico, por meio de sensores a bordo de diversos satélites.

O INPE divulga dados derivados dos satélites de órbita polar AQUA, TERRA, NOAAs-15, 16, 17, 18 e 19, e dos

satélites geoestacionários METEOSAT-02, GOES-12. Cada satélite polar produz dois imageamentos por dia, e os geoestacionários geram algumas imagens por hora, sendo que no total o INPE processa mais de 200 imagens por dia, especificamente para detectar focos de queima da vegetação. Com relação aos dados do sensor MODIS (AQUA e TERRA), o INPE desenvolveu um algoritmo próprio de detecção de focos de queima conservativo, de modo a minimizar os falsos alarmes associados a ruídos e ao reflexo solar ocasional em corpos d'água e solo exposto em imagens diurnas (Inpe, 2010).

O conhecimento do grau de perigo diário também se configura como uma ferramenta útil na programação das atividades de prevenção e combate aos incêndios florestais (Soares & Batista, 2007).

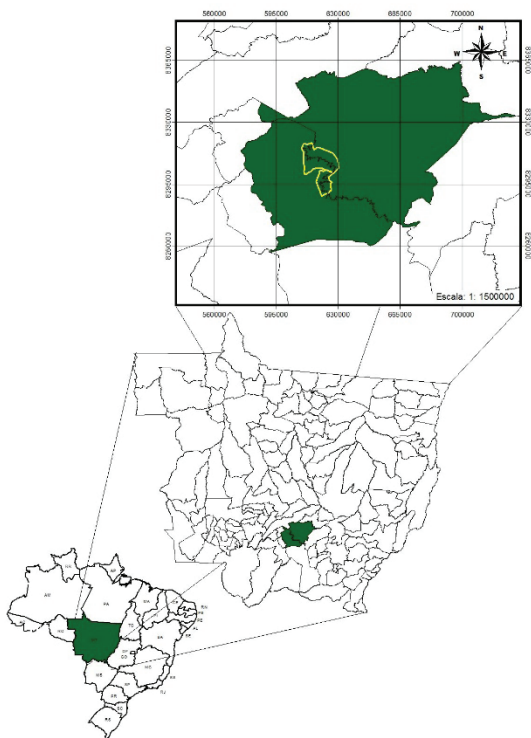
A Fórmula de Monte Alegre (FMA), vem sendo utilizada por diversas empresas e instituições para estimar o grau de perigo de incêndio e subsidiar tais atividades. Sendo assim, o monitoramento do índice de perigo de incêndio florestal aliado ao monitoramento de variáveis meteorológicas possui importância na caracterização de regiões que apresentam potencialidades de ocorrência de incêndios (Deppe et al, 2004).

A utilização do índice é fundamental no planejamento das medidas de prevenção e para a adoção de ações rápidas e efetivas nas atividades de combate, visando reduzir perdas e, conseqüentemente, os prejuízos financeiros, sociais e ambientais advindos da ocorrência desses incêndios (Tetto et al., 2010a).

Assim, este trabalho tem por objetivo analisar os resultados da Fórmula de Monte Alegre comparando os mesmos com os dados de focos de calor e dos incêndios florestais ocorridos no Parque Nacional de Chapada dos Guimarães (PNCG), no período de 2007 a 2015.

## Material e métodos

O Parque Nacional de Chapada dos Guimarães está localizado no estado de Mato Grosso, nos municípios de Cuiabá e de Chapada dos Guimarães (Figura 1). Seu limite está a 26 km da área urbana de Cuiabá e a seis quilômetros de Chapada dos Guimarães, com uma área de 32.630 ha e entre as coordenadas geográficas 15° 10' e 15° 30' de latitude sul e 56° 00' e 56° 40' de longitude oeste. Por se encontrar dentro do Bioma Cerrado, apresenta uma grande diversidade biológica (Machado et.al. 2004).



**Figura 1.** Localização da área de estudo

De acordo com a classificação de Köppen, o clima se enquadra nas categorias Aw e Cw (Ibama, 1995). Ambas caracterizam-se pela presença marcante de uma estação chuvosa (outubro a março) e uma seca (abril a setembro). Na estação seca ocorrem as “friagens”, invasão da massa polar sobre o continente, levando a quedas bruscas de temperatura. As temperaturas médias anuais variam de 25° C (na Baixada Cuiabana) a 21,5° C (nos topos elevados da Chapada dos Guimarães), sendo que as temperaturas máximas diárias, na Baixada Cuiabana, podem superar os 38 °C e as mínimas, no topo da Chapada, caem a menos de 5 °C (Icambio, 2009).

Segundo o Seplan (2007), o total pluviométrico anual encontra-se entre 1.650 e 2.100 mm, sendo a umidade relativa, de novembro a abril, inferior a 80% e, nos meses secos, inferior a 60% (Ibama, 1995).

Devido às variações de altitude (250 a 800 m) e relevo (morros, chapadas e vales), o PNCG apresenta uma grande diversidade de ambientes, sendo que em cada um destes ambientes encontram-se várias formações vegetais específicas, principalmente savânicas e campestres (Couto et al., 2006).

Para realização do cruzamento de informações com a avaliação da Fórmula de Monte Alegre (FMA) e dos focos de calor em relação ao número de ocorrências dos

incêndios florestais no PNCG, foi realizada a coleta e o processamento dos dados registrados durante o período de 2007 a 2015. Os dados referentes ao número de ocorrência dos incêndios foram coletados através dos registros de ocorrências de incêndios florestais (ROI's), fornecidos pela gerência do fogo (setor responsável pela catalogação dos incêndios) do PNCG.

Os registros continham informações como: número de ocorrências dos incêndios, extensão de área queimada, causas, locais de ocorrência e a época de ocorrência (distribuição pelos meses e dia da semana). Em relação ao número de focos de calor, foram utilizadas imagens a partir de dados dos satélites de referência: NOAA (que transporta o sensor AVHRR); AQUA e TERRA (ambos transportam o sensor MODIS). As imagens desses satélites foram escolhidas pelo fato dos mesmos serem mais indicados devido aos seus dados diários de focos detectados serem usados para compor a série temporal ao longo dos anos e assim permitir a análise de tendências nos números de focos para mesmas regiões e entre regiões em períodos de interesse, além de produzirem pelo menos dois conjuntos de imagens por dia em cada satélite. As imagens dos satélites geoestacionários não foram utilizadas pelo fato dos satélites ficarem na longitude de zero graus, não cobrindo a parte oeste do Brasil e da América do Sul, e pelo ângulo acentuado de visada dos mesmos que apresentam pixels (elementos de resolução da imagem) distorcidos, com mais de 07 km de largura na região leste do Brasil. Todos os dados foram obtidos junto ao sistema de detecção do INPE/CPTEC (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos).

Após o processo de coleta das informações, analisou-se os números de incêndios em relação à quantidade de focos de calor detectados, com o objetivo de comparar a quantidade de incêndios ocorridos em campo com as informações geradas por meio de imagens de satélites. O número de incêndios registrados no parque, também foi comparado com a Fórmula de Monte Alegre, com o intuito de observar os resultados da fórmula nos dias em que houveram registros dos incêndios no parque.

A FMA foi calculada para o PNCG no período de 2007 a 2015. Este índice é cumulativo e utiliza como variáveis a umidade relativa do ar (de forma direta) e a precipitação pluviométrica, como fator restritivo ao cálculo (Tabela 1).

Os dados meteorológicos diários de umidade relativa do ar e precipitação utilizados para o cálculo da FMA

foram coletados no banco de dados históricos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da estação meteorológica localizada no município de Cuiabá. A equação para determinação do índice é:

$$FMA = \sum_{n=1}^n \frac{100}{H}$$

Onde:

- FMA é a Fórmula de Monte Alegre;
- $H$  é a umidade relativa do ar medida às 13:00h;
- $n$  é o número de dias sem chuva.

**Tabela 1.** Restrições ao somatório da FMA de acordo com a precipitação pluviométrica do dia.

Chuva do dia (mm)	Modificação do cálculo
≤ 2,4	Nenhuma.
2,5 a 4,9	Abater 30% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
5,0 a 9,9	Abater 60% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
10,0 a 12,9	Abater 80% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
> 12,9	Interromper a somatória (FMA = 0) e recomeçar o cálculo no dia seguinte ou quando a chuva cessar.

A interpretação da classe de perigo de incêndio estimado pela FMA é feita por meio da escala apresentada na Tabela 2.

**Tabela 2.** Escala de perigo da FMA

Valor da FMA	Classe de perigo
≤ 1,0	Nulo
1,1 a 3,0	Pequeno
3,1 a 8,0	Médio
8,1 a 20,0	Alto
> 20,0	Muito Alto

## Resultados

Entre 2007 e 2015 os registros de ocorrência de incêndios do PNCG, detectaram um total de 65 incêndios, onde os anos de 2007 e 2009 apresentaram os maiores registros, com 19 e 10 ocorrências respectivamente. Por meio de imagens do satélite AQUA foi detectado, no período compreendido entre 2007 e 2015, um total de 223 focos, seguido por imagens do satélite TERRA, com 238, e do NOAA com 179 focos de calor.

De acordo com a tabela 3, as imagens do satélite AQUA que apresentaram os maiores índices de focos de calor foram observadas nos anos de 2007 e 2012, ambos com 47 (21,08%) focos detectados e no ano de 2010 com 74 (33,18%) registros de focos. O satélite TERRA, detectou a maioria dos focos de calor nos anos de 2010 (31,09%) e 2015 (25,63%), já o satélite NOAA, teve o maior registro de focos nos anos de 2010 (46,93%) e 2015 (31,84%).

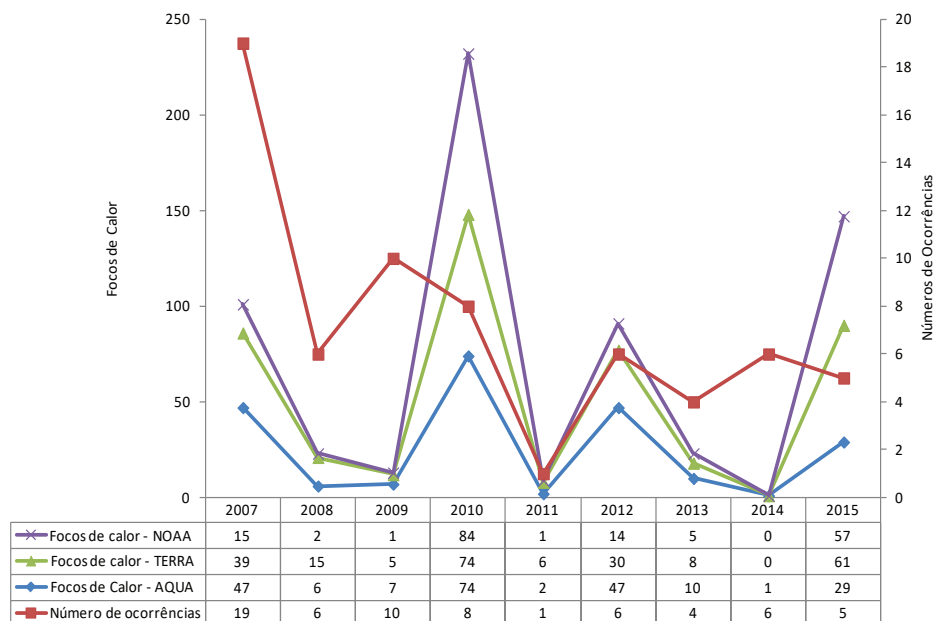
**Tabela 3.** Porcentagem do número de focos de calor observados pelos satélites de 2007 a 2015 no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães-MT.

SATÉLITE	ANOS								
	2007 (%)	2008 (%)	2009 (%)	2010 (%)	2011 (%)	2012 (%)	2013 (%)	2014 (%)	2015 (%)
NOAA	8,38	1,12	0,56	46,93	0,56	7,82	2,79	0	31,84
TERRA	16,39	6,30	2,10	31,09	2,52	12,60	3,36	0	25,63
AQUA	21,08	2,69	3,14	33,18	0,90	21,08	4,48	0,45	13

Em comparação ao número de ocorrência de incêndios observados, o satélite AQUA proporcionou um registro da maior quantidade de focos de calor no parque nos anos de 2007, 2010, 2011, 2012, 2013 e 2015, superestimando assim a quantidade de focos de calor em relação ao número de ocorrências dos respectivos anos (Figura 2).

Em relação ao satélite TERRA, a superestimação dos focos em relação ao número de ocorrência dos

incêndios foi detectada em todos os anos excetuando-se 2009 e 2014, com os maiores valores observados nos anos de 2010 com 74 focos e 2007 com 39. Já por meio de imagens do satélite NOAA, registrou-se uma maior quantidade de focos em relação ao número de ocorrência nos anos de 2010, 2012, 2013 e 2015, com os anos de 2010 e 2015 apresentando os maiores registros com 84 e 57 de focos, respectivamente.



**Figura 2.** Número de focos de calor em relação às ocorrências de incêndios no Parque Nacional de Chapada dos Guimarães, de 2007 a 2015.

No ano de 2009 nenhum satélite registrou focos de calor igual ou superior ao número de ocorrências de incêndios. Os satélites AQUA e TERRA forneceram dados sobre focos de calor que mais se aproximaram das ocorrências de incêndios registradas no PNCG.

Na distribuição dos focos de calor pelos meses no período de 2007 a 2015, verificou-se que os maiores valores percentuais foram observados nos meses de agosto e setembro, para todos os satélites analisados.

Por meio de imagens do satélite AQUA detectou-se um total de 66 (29,60%) focos de calor para o mês de agosto e 148 (66,37%) para o mês de setembro.

Para imagens TERRA registrou-se 37 (15,55%) focos de calor para o mês de agosto e 181 (76,05%) para setembro e em imagens NOAA detectou-se 53 focos de calor em agosto e 125 em setembro, o que gerou uma porcentagem de 29,61 e 69,83% respectivamente (Tabela 4).

**Tabela 4.** Porcentagem do número de focos de calor observados pelos satélites em relação aos meses do ano de 2007 a 2015 no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães-MT.

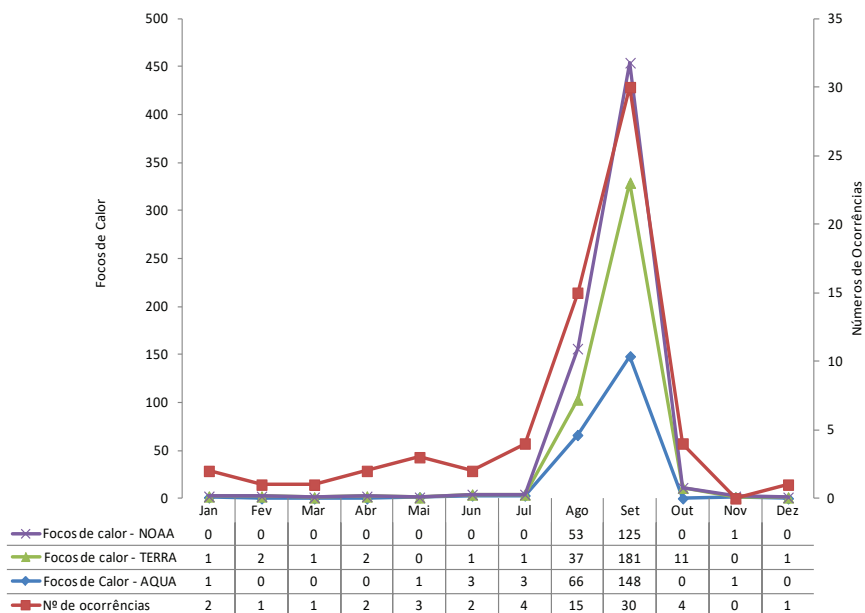
SATÉLITE	MESES											
	Jan (%)	Fev (%)	Mar (%)	Abr (%)	Mai (%)	Jun (%)	Jul (%)	Ago (%)	Set (%)	Out (%)	Nov (%)	Dez (%)
NOAA	0	0	0	0	0	0	0	29,61	69,83	0	0,56	0
TERRA	0,42	1,12	0,42	1,12	0	0,42	0,42	15,55	76,05	4,62	0	0,42
AQUA	0,45	0	0	0	0,45	1,35	1,35	29,60	66,37	0	0,45	0

Já distribuição das ocorrências de incêndios pelos meses no período de 2007 a 2015, o maior número de registros predominou nos meses de agosto e setembro totalizando 15 e 30 ocorrências durante todo o período do estudo (Figura 3).

Em todas as análises as ocorrências, tanto de incêndios ou focos de calor, apresentaram valores mais críticos, correspondentes aos meses de agosto e setembro.

Também houve uma superestimação no número de focos de calor em relação às ocorrências de incêndios nos meses considerados críticos (agosto e setembro) em todas as imagens dos satélites analisados.

A análise da FMA foi realizada com os dados obtidos no período de 2007 à 2015, totalizando 3.287 dias, dos quais a maioria, pertencem à classe de perigo “muito alto”, contemplando 25,82% das observações no período analisado (Tabela 5).



**Figura 3.** Número de focos de calor e de ocorrência de incêndios em relação aos meses do ano no Parque Nacional de Chapada dos Guimarães, de 2007 a 2015.

**Tabela 5.** Índice de perigo de incêndios no Parque Nacional de Chapada dos Guimarães pela FMA, no período de 2007 a 2015.

Ano	Classes de risco do índice de Monte Alegre				
	Nulo	Pequeno	Médio	Alto	Muito Alto
2007	40	76	66	52	131
2008	137	73	77	44	35
2009	116	52	76	84	37
2010	33	70	77	48	137
2011	37	73	70	63	122
2012	36	83	85	61	101
2013	40	72	93	87	73
2014	46	81	100	66	72
2015	36	49	68	71	141
<b>Total</b>	<b>521</b>	<b>629</b>	<b>712</b>	<b>576</b>	<b>849</b>
%	15,85	19,15	21,66	17,52	25,82

Em todos os meses em que ocorreram incêndios (Tabela 6), com o índice de Monte Alegre (IMA) médio mensal, observou-se um total de 15 índices na classe “muito alto”, oito índices na classe “alto”, um “médio”, três na classe “pequeno” e três na classe “nulo”.

A comparação entre os registros de ocorrências de incêndios no PNCG, com o IMA médio mensal no período de 2007 a 2015, demonstrou que 87,69% desses registros ficaram dentro do esperado pela metodologia empregada (considerando classe de perigo alto e muito alto), sendo, 60% pertencentes a classe de perigo “muito alto” e 27,69% a classe de perigo “alto”.

Em agosto e setembro, onde já foi constatado como o período com o maior número de registros de incêndios, observa-se também uma tendência no IMA em relação a esses registros. Nesses meses, nos anos de 2007 a 2015 houve um total de 10 IMA “muito alto” e 4 IMA “alto”, propondo um bom desempenho entre os registros de incêndios e a indicação de grau de perigo fornecido pela FMA.

**Tabela 6.** Número de incêndios observados através dos registros de ocorrência de incêndios (ROI), em relação ao risco (RI) obtido por meio do cálculo da FMA.

Mês	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015	
	ROI	RI	ROI	RI	ROI	RI	ROI	RI	ROI	RI	ROI	RI	ROI	RI	ROI	RI	ROI	RI
1	-	-	-	-	1	N	-	-	1	P	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	P	-	-	-	-
3	-	-	-	-	1	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	1	P	-	-	-	-	-	-	1	M	-	-	-	-
5	2	A	-	-	-	-	1	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	1	MA	-	-	-	-	1	MA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	1	MA	2	A	-	-	-	-	1	MA	-	-	-	-	-	-
8	6	MA	2	A	-	-	2	MA	-	-	2	MA	1	MA	2	MA	-	-
9	10	MA	1	A	5	A	2	MA	-	-	3	MA	1	MA	4	A	4	MA
10	-	-	2	N	-	-	2	MA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	A

N = nenhum; P = pequeno; A = alto; MA = muito alto.

## Discussão

O número médio anual de ocorrências de incêndios no PNCG (7,22), foi inferior aos encontrados por Magalhães et al. (2011) no Parque Nacional da Serra da Canastra, onde os autores identificaram uma média de 10,43; Aximoff & Rodrigues (2011) encontraram uma média de 29,63 incêndios por ano no Parque Nacional do Itatiaia; e Koproski et al. (2004), que em estudo realizado no Parque Nacional de Ilha Grande, observaram a ocorrência anual média de 10,4 incêndios, no período de 1999 a 2003. Na Chapada dos Veadeiros, Fiedler et al., (2006) registraram média de cinco ocorrências, sendo menor que o valor encontrado no presente estudo.

Nos resultados encontrados no Paraná por Soares (1998), 43,1% das ocorrências foram observadas nos meses de agosto e setembro e por Tetto et al. (2011), onde o período normal de ocorrência de incêndios se concentrou nos meses de junho a setembro, com 52,5% dos registros.

Para Tetto et al. (2010b), é importante que as campanhas de sensibilização sejam iniciadas antes de julho e que a vigilância seja intensificada nos meses da estação normal de perigo de incêndios. O acompanhamento do perigo de incêndio em conjunto com o monitoramento de variáveis meteorológicas possui importância na caracterização de regiões que apresentam potencialidades de ocorrência de incêndios, possibilitando assim subsídios a atividades como:

prevenção e combate aos incêndios, dimensionamento de infraestrutura e de equipes e vigilância e monitoramento dos incêndios (Deppe et al., 2004).

Em relação ao número de focos de calor, observou-se que os meses de agosto, e setembro registraram os maiores índices de focos detectados nas imagens de todos os satélites analisados no presente estudo, corroborando com Machado et al (2014), que verificaram em Cuiabá, os maiores valores de queimadas e focos de calor ocorrendo no final da estação seca (agosto-setembro). Ramos et al. (2011), analisando a temporada de incêndios florestais no Brasil em 2010, observaram que a maioria dos focos de calor também se concentrou nos meses de agosto e setembro, havendo também uma forte correlação entre a quantidade de chuvas e o número dos focos de calor, pois essas duas variáveis apresentaram uma correlação inversamente proporcional, ou seja, quanto maior a quantidade de chuvas, menor foi a quantidade de focos de calor.

Granemann & Carneiro (2009) constataram, em estudo no Paraná, que no período das secas houve um maior número de focos registrados com imagens do satélite NOAA, com destaque para os meses de agosto e setembro, com 80,5% dos casos ocorridos em 2000, 64,3% em 2001, 53,3% em 2002, e 51,2% em 2003. Em estudo realizado de 1998 a 2007, cerca de 98% das ocorrências de focos de calor registrados por satélites, na área do PNCG e entorno, ocorreram entre os meses de julho a outubro, onde os meses de maior incidência

foram setembro (45% do total de focos) e agosto (41%) (Icmbio, 2009).

As observações demonstraram que houve um maior número de focos de calor em relação à quantidade de incêndios no PNCG, devido os satélites registrarem vários *pixels* durante um único incêndio, superestimando as informações, bem como alarmes falsos, ou seja, focos de calor que não se configuram como incêndios. Fiedler et al. (2006) observaram no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, em Goiás, a ocorrência de 184 focos de calor no interior da unidade, através de imagens do satélite NOAA-12, no período de 1992 a 2003. Os autores também puderam constatar que existiu uma maior incidência de focos de calor em relação ao número de ocorrências de incêndios registradas no parque durante o período analisado.

Nos meses considerados críticos (maior ocorrência de incêndios) os satélites AQUA e NOAA não registraram em suas imagens focos de calor no mês de outubro. O mês de maio foi o único mês em que o satélite TERRA não registrou focos de calor em relação às ocorrências de incêndios, demonstrando dessa forma uma maior sensibilidade às ocorrências de incêndios registradas no PNCG. Conforme mencionado por Tomzhinski et al. (2011), os satélites AQUA e TERRA carregam sensores MODIS e giram em órbita assíncrona e, juntos, os dois instrumentos conseguem adquirir imagens da Terra de 1 a 2 dias. Desta forma, o conjunto de informações dos sensores MODIS mostra-se a base de dados de focos de calor mais precisa e completa. Em relação a FMA, observou-se que o índice apresentou um bom desempenho para o PNCG, com a maioria dos incêndios ocorrendo nos dias em que a FMA indicou níveis críticos se concentrando na classe de perigo “muito alto”.

Tetto et al. (2010b), obteve valores de 11,63% (nulo), 15,25% (pequeno), 25,63% (médio), 31% (alto) e 15,24% pertenciam às classes de perigo de incêndio médio, alto e muito alto, demonstrando uma similaridade entre os resultados obtidos no presente trabalho. Em estudo realizado por Souza et al. (2012), os autores encontraram valores críticos (risco muito alto) nos meses de julho e agosto nas regiões Norte e Noroeste do Estado de Mato Grosso, demonstrando que esta metodologia pode ser recomendada para avaliação dos riscos de incêndios na região estudada, demonstrando um bom desempenho da FMA para as condições de Mato Grosso, o que corrobora com os dados obtidos nesse trabalho. Para Deppe et al. (2004), os índices de perigo possibilitam aos setores de

prevenção e combate aos incêndios uma avaliação mais técnica do problema considerando a possibilidade futura de ocorrência de ocorrência dos mesmos.

Já Torres & Ribeiro (2008), afirmam que os índices de perigo de incêndios ajudam nas tomadas de decisões mais eficientes e adequadas de uma região, contribuindo no sistema de prevenção. De acordo com o INPE (2011), a identificação dos focos é auxiliada pelo sensoriamento remoto, uma vez que ao constata-los nas imagens é possível antecipar decisões para impedir o alastramento do incêndio.

## Conclusões

Nos meses de agosto e setembro foram registrados os maiores números de ocorrências de incêndios e as maiores quantidades de focos de calor, observando-se uma superestimação do número de focos em relação ao número incêndios, o que denota a necessidade de análises comparativas mais detalhadas sobre os meios de detecção dos satélites, em relação aos incêndios ocorridos no PNCG.

As imagens dos satélites AQUA e TERRA forneceram informações sobre focos de calor que mais se aproximaram das ocorrências de incêndios registrados no PNCG, onde o satélite TERRA detectou focos de calor na maioria dos meses, se diferenciando dos demais satélites.

Houve um bom desempenho da FMA em relação ao número de ocorrência dos incêndios, onde a maioria dos registros ficaram dentro da classe de risco alto e muito alto, demonstrando que a fórmula se apresentou eficiente em relação aos incêndios registrados, podendo a mesma ser adotada como ferramenta de prevenção dos sinistros no parque.

## Referências

- Aximoff, I. & Rodrigues, R. de C. Histórico dos incêndios florestais no Parque Nacional do Itatiaia. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 1, p. 83-92. 2011. DOI: 10.5902/198050982750.
- Batista, A. C. O uso dos retardantes no combate aéreo aos incêndios florestais. **Revista Floresta**, v.39, p.5-10, 2009.
- Cavalcanti, R. Capricho da Natureza. **UnB Revista**, edição especial, p. 20-23, 2000.
- Couto, J. et al. Plano de controle ambiental das obras de adequação do acesso ao Parque Nacional de Chapada dos Guimarães / MT. Chapada dos Guimarães, MT, 2006. **Relatório não publicado**.



- Deppe, F. et al. Comparação de índice de risco de incêndio florestal com focos de calor no estado do Paraná. **Revista Floresta**, v. 34, n. 2, p. 119-126, 2004. DOI: 10.5380/RF.V34I2.2382.
- Fiedler, N. C. et al. Ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 153-161, abr./jun. 2006.
- Global fire monitoring center (GFMC). Disponível em: <http://www.fire.uni-freiburg.de/GlobalNetworks/posters.html>. 2007.
- Graneman, N. D. C. & Carneiro, G. L. Monitoramento de focos de incêndios e áreas queimadas com a utilização de imagens de sensoriamento remoto. **Revista de Engenharia e Tecnologia**. V.1, nº1, p61. 2009.
- Instituto brasileiro do meio ambiente e dos recursos naturais renováveis (IBAMA). Plano de Ação Emergencial do Parque Nacional da Chapada dos Guimarães. Disponível na sede administrativa do PNCG. 1995.
- Instituto Chico Mendes de conservação da biodiversidade (ICMBio). Plano de manejo: Parque Nacional da Chapada dos Guimarães. Relatório final editado em abril de 2009. Disponível em [www4.icmbio.gov.br/parna/guimaraes/](http://www4.icmbio.gov.br/parna/guimaraes/). Acessado em 18 de outubro de 2016.
- Instituto Chico Mendes de conservação da biodiversidade (ICMBio). Formação de Brigadista de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais. **Apostila**. Diretoria de Unidades de Conservação de Proteção Integral, Coordenação Geral de Proteção Ambiental. Brasília, 87p. 2010.
- Instituto nacional de pesquisas espaciais (INPE). **Inpe BDQueimadas: Banco de Dados de Queimadas**. São José dos Campos: DPI/INPE. 2010. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>. Acesso em: 23 mar. 2016.
- Instituto nacional de pesquisas espaciais (INPE). Programa de Monitoramento de Focos. **Perguntas Frequentes**. <http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/perguntas.html>. 2011.
- Instituto nacional de pesquisas espaciais (INPE). Perguntas Frequentes. **Programa de Monitoramento de Focos**. São José dos Campos, 2014. Disponível em: <http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/perguntas.html>. Acesso em: 26 abr. 2016.
- Koproski, L. de P. et al. Ocorrências de incêndios florestais no Parque Nacional de Ilha Grande – Brasil. **Floresta**, Curitiba v. 34, n. 2, p. 193-197, mai./ago. 2004.
- Machado, R. B. et al. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Relatório técnico não publicado. Conservação Internacional, Brasília, DF. 2004.
- Machado, N. G. et al. Efeito das condições meteorológicas sobre o risco de incêndio e o número de queimadas urbanas e focos de calor em Cuiabá-MT, Brasil. **Ciência e Natura**, v. 36, n. 3, p. 459-469, 2014. DOI: 10.5902/2179460X11892.
- Magalhães, S. R. et al. Avaliação do combate aos incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 18, n. 1, p. 80-86, jan./mar. 2011.
- Ramos, A. B. R. et al. Temporada de incêndios florestais no Brasil em 2010: análise de série histórica de 2005 a 2010 e as influências das chuvas e do desmatamento na quantidade dos focos de calor. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, XV., 2011, Curitiba: **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 7902-7909.
- Seplan. Zoneamento Socioecológico e Econômico de Mato Grosso. 2007. Disponível em: [www.seplan.mt.gov.br](http://www.seplan.mt.gov.br). Acesso em: 07/07/2014.
- Soares, R.V. Desempenho da “fórmula de monte alegre” índice brasileiro de perigo de incêndios florestais. **CERNE**, V.4, N.1 p087-099, 1998.
- Soares, R. V. & Batista, A.C. **Incêndios florestais - Controle, efeitos e uso do fogo**. Curitiba, 2007.
- Souza, A. P. et al. Avaliação dos riscos de ocorrência de incêndios florestais nas regiões Norte e Noroeste da Amazônia Matogrossense. **Scientia Plena**, v. 8, n. 5, p. 1-14, 2012.
- Tetto, A. F. et al. Subsídios à prevenção e combate a incêndios florestais com base no comportamento da precipitação pluviométrica na floresta nacional de Irati, Paraná. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 33-43, jan-mar. 2010a.
- Tetto, A. F. et al. Comportamento e ajuste da Fórmula de Monte Alegre, na Floresta Nacional de Irati, Estado do Paraná. **Scientia Forestalis**, v. 38, p. 409-417, 2010b.
- Tetto, A. F. et al. Zoneamento do risco de incêndios florestais para o estado do Paraná, Brasil. In: SIMPÓSIO SULAMERICANO SOBRE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIOS FLORESTAIS, 5, 2011, Campinas. **Anais do Simpósio Sul-americano sobre Prevenção e Combate a Incêndios Florestais**. Curitiba, 2011. CD-ROM.
- Tomzhinski, G. W. et al. Avaliação da detecção de focos de calor por sensoriamento remoto para o Parque Nacional do Itatiaia. **Biodiversidade Brasileira**, v. 1, n. 2, p. 201-211, 2011.
- Torres, F. T. P. & Ribeiro, G. A. Índices de risco de incêndios florestais em Juiz de Fora/MG. Seropédica: **Floresta e Ambiente**, v.15 n.2, p.30-39. 2008.

