

Avaliação espaço-temporal de focos de calor e área queimada no Parque Estadual do Araguaia, Mato Grosso

Laís Fernandes de Souza Neves¹
Liana Oighenstein Anderson^{2,3}

¹ Universidade do Estado de Mato Grosso, Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais – PPGCA/UNEMAT
Av. Santos Dumont, s/nº – Cidade Universitária
CEP 78200-000 – Cáceres – MT, Brasil
lais_geografia@hotmail.com

² Centro Nacional de Monitoramento de Desastres Naturais – CEMADEN
Parque Tecnológico de São José dos Campos, Estrada Doutor Altino Bondensan, 500, São José dos Campos - São Paulo, 12247-016

³ Environmental Change Institute – ECI, University of Oxford
South Parks Rd, Oxford OX1 3QY, United Kingdom
liana.anderson@cemaden.gov.br/liana.anderson@ouce.ox.ac.uk

Abstract. This study aimed to evaluate the relationship between hotspots and burned area between the years of 2010 to 2012 in the State Park of Araguaia. More specifically, the aim of this study was to evaluate: i) outbreaks of active fire within burned areas; ii) outbreaks of active fires not associated with any burned area; iii) burned area without the presence of hotspots. Burned area data were obtained from MODIS product MOD45, collection 5.1, covering the period of 2010 to 2012 and active fire (hotspots) were provided by the Monitoring Portal of Fires (Portal de monitoramento de queimadas e incêndios – CPTEC-INPE) of the National Institute for Space Research – INPE, from all available satellites for the study period. The results showed the occurrence of 7,767 hotspots between 2010 and 2012, and the occurrence of fires in 295,153 ha of the park area represented by 2,159 scars ranging from 0.1 to 34,121 ha. In the year 2010 there was a high occurrence of hotspots (5,011 active fires) and burned area polygons (1,416). In the year 2011 there was no record of burn scar; however it has been identified 17 hotspots. In the year 2012, there was no occurrence of fires in 49% of the park concentrated in some portions of the park. In addition, 1,836 hotspots were distributed throughout the Park's area. Although there is imprecision of location of hotspots, these showed consistency with burned areas (85% of active fires associated with a burned area, and only 15% of active fires not associated with burned area. Therefore, active fires has a great value for identification of areas affected by fires.

Palavras-chave: Burned area, hot pixel, conservation area, Amazonia.

1. Introdução

O fogo é um fator de perturbação dos ecossistemas, ocasionado tanto por fenômeno natural ou humano, como ferramenta de manejo dos recursos naturais, mas quando fora de controle pode reverter-se em um desastre (Miranda *et al.*, 1996; Tomzhinski, 2011). Em escala local, as queimadas causam danos a fauna e flora, solo, água, e em muitos casos causam mortes, acidentes e perda de propriedades. Na regional, além de danos ao ecossistema, causam poluição atmosférica com prejuízos a saúde, a aviação e transportes. Em grande escala, as queimadas são associadas com modificações da composição química da atmosfera, e do clima do planeta (INPE, 2012).

O conhecimento e a espacialização de áreas que estão sendo atingidas pelo fogo torna-se eficiente para seu controle. Desta forma, o Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE desde a década de 1980 tem aprimorado um sistema de detecção de queimadas “focos de calor” a partir de imagens de satélites polares ou geostacionários (Gontijo, 2011).

O sistema detecta apenas a existência de fogo ativo, sem ter condições de avaliar o tamanho da área que está queimando ou o tipo de vegetação afetada por meio de satélites que

possuem sensores óticos operando na faixa termal-média de 4um. O INPE atualmente processa dados dos seguintes satélites: (i) satélites polares: os satélites polares NOAA-15, NOAA-16, NOAA-18, NOAA-19, TERRA e AQUA; (ii) satélites geo-estacionários: GOES-12, GOES-13 e METEOSAT-02 (INPE, 2012). Estes dados têm sido disponibilizados gratuitamente pelo INPE por meio do Portal de Monitoramento de Queimadas e Incêndios (<http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/>) sendo utilizado em estudos de diversas finalidades.

Também é disponível na plataforma do INPE o produto MCD45 de queimadas derivados do satélite Terra/MODIS (<http://modis-fire.umd.edu/index>). Este produto detecta os pixels detectados como pixels queimados que são convertidos diretamente para a área queimada e mapeia a data aproximada da queimada utilizando dados multitemporais de reflectância de superfície da terra com base no método descrito por Roy et al., 2005 e Roy et al., 2008. Os produtos da área queimada contêm informações necessárias para a compreensão do tempo e a distribuição espacial das áreas queimadas e suas características.

Os focos de calor possuem a vantagem de serem processados rapidamente, permitindo a localização do fogo ativo em um determinado momento. No entanto, a presença de nuvens ou em situações em que o fogo inicia-se e se extingue entre as passagens do satélite naquela área, subestima-se a ocorrência de queimadas. O produto área queimada tem a vantagem de focar na cicatriz da queimada, e portanto mesmo dias após a ocorrência do fogo, ainda é possível detectar que uma determinada área foi afetada. Por outro lado, o produto de área queimada é gerado mensalmente devido a grande número de processamento de dados que são necessários para gera-lo. Além disso, caso existem incêndios que podem não deixar cicatrizes, como por exemplo o fogo em sub-bosque, ou a queimada pode ser pequena de tal forma que não é detectada pelo produto, gerando assim, sub-estimativa de área queimada.

Neste contexto este trabalho teve como objetivos avaliar a relação entre focos de calor e dados de área queimada entre os anos de 2010 a 2012. Mais especificamente, objetivou-se avaliar: i) focos de calor dentro de cicatriz de áreas queimadas; ii) focos de calor sem presença de cicatriz de área queimada; iii) cicatriz de áreas queimadas sem presença de focos de calor.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de estudo

A área de estudo refere-se ao Parque Estadual do Araguaia (PEA), localizado no município de Novo Santo Antônio/MT. O PEA recobre uma área de 223.169,5 ha, sendo considerado o maior Parque Estadual do estado do Mato Grosso. Em unidades de conservação as queimadas induzidas são proibidas, considerando que o fogo representa um dos principais problemas para a fauna e flora e dependendo da intensidade pode destruir totalmente a vegetação de um determinado ambiente (Marimon et al., 2008).

2.2 Materiais

i) Produto MODIS de área queimada

Foram adquiridos os dados do produto MODIS MOD45, coleção 5.1, do período de 2010 a 2012, disponibilizados em formato *geotiff* e *shapefile*, com resolução espacial de 500 m e resolução temporal mensal, obtido do satélite Terra/MODIS.

ii) Dados de foco de calor

Foram adquiridos os dados disponibilizados pelo Portal de Monitoramento de queimadas e incêndios do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE de todos os satélites disponíveis para o período de estudo, sendo eles (Tabela 1):

Tabela 1. Satélites com respectivos sensores que captaram os focos de calor utilizados no trabalho.

Satélite Tipo	Sensor	Resolução Espacial	Resolução Temporal
------------------	--------	-----------------------	-----------------------

Órbita Polar			
AQUA	MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)	1 Km	2x2/ dia
NOAA	AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer)	1,1 Km	2x2/ dia
TERRA	MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)	1 Km	2x2/ dia
Geoestacionários			
GOES	GOES I-M (Imager Radiometer e Vertical Sounder)	4 Km	96x/dia
METEOSAT	SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager)	3 Km	96x/dia

Para os dados dos focos do AQUA e o TERRA, ocorrem duas possibilidades: se logo após o nome do satélite aparece a letra “M”, quer dizer que o dado foi gerado pela Universidade de Maryland em conjunto com a NASA, ambos nos EUA; sem a letra “M”, o dado foi gerado pelo INPE com seu próprio algoritmo (INPE, 2012).

2.3 Métodos

Após aquisição dos dados de área queimada e focos de calor estes foram levados a *softwares* específicos para manipulação dos dados. Os dados de queimadas como referem-se a área superior à da área de estudo, necessitou-se fazer recorte por meio de máscara de limite da área de estudo. Posteriormente os dados de queimadas foram associados aos focos de calor para quantificação dos focos de calor em cicatrizes de área queimada, focos de calor sem cicatriz de área queimada e cicatrizes sem presença de focos, os quais são apresentados a seguir.

3. Resultados e Discussão

Os resultados mostraram a ocorrência de 7.767 focos de calor entre os 2010 e 2012 e a ocorrência de queimadas em 295.153 ha da área do parque representados por 2.159 cicatrizes que variam de 0,1 a 34.121 ha (Figura 1).

No ano de 2010 houve elevada ocorrência de focos de queimadas (5.011 focos) e cicatrizes de áreas queimadas (1.416). Através da quantificação das cicatrizes para este ano constatou-se que 84% da área do PEA queimou-se.

No ano de 2011 não houve registro de cicatriz de área queimada, entretanto identificou-se 17 focos de calor. No ano de 2012, houve ocorrência de queimadas em 49% do parque concentradas em algumas porções do parque e 1.836 focos de calor distribuídos em toda sua área. Durante os três anos de estudo, a concentração de focos de calor e áreas queimadas ocorreu entre os meses maio a outubro.

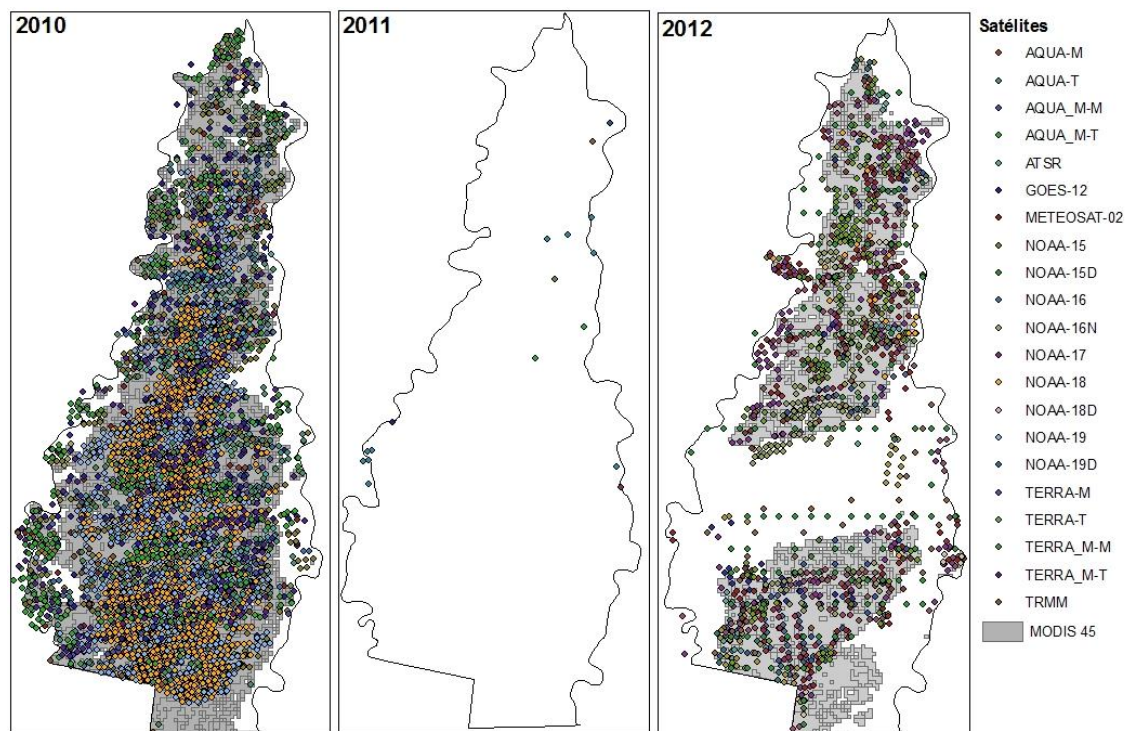


Figura 1. Focos de calor e áreas queimadas entre os anos de 2010 a 2012 no Parque Estadual do Araguaia.

3. 1 Focos de calor dentro de áreas queimadas

Em 2010, 82% dos focos de calor ocorrem em áreas com cicatrizes de queimada destacando-se os satélites NOAA-18 com 100% de presença seguido do NOAA-19 com 99% e também maior quantidade de focos (Tabela 2). E os satélites AQUA-M, NOAA-18D e NOAA-17 em relação aos outros satélites apresentaram menor detecção, visto ter detectado 12, 21 e 22 focos.

No ano de 2011 há focos, entretanto nenhuma cicatriz. E no ano de 2012, o satélite com maior porcentagem de focos em cicatrizes foi o GOES-13 com 97%, entretanto este em relação aos outros satélites detectou pequena quantidade de focos (35) enquanto o GOES-12 detectou 1.090.

Como pode ser observado existe quantidade superior de focos de calor em relação à área queimada, este se justifica devido em uma única área queimada ocorrer diversos focos associados dependendo de sua extensão. Ao analisar as datas das queimadas e focos verificou-se que no ano de 2010 ocorreram queimadas nos meses de junho a setembro e focos de calor de junho a outubro. E em 2012 queimadas entre julho a setembro e focos de calor de julho a novembro.

Tabela 2. Total e porcentagem de focos em cicatrizes de áreas queimadas entre os anos de 2010 a 2012 no Parque Estadual do Araguaia.

Satélites	2010		2011		2012	
	Nº focos total	% focos em cicatrizes de áreas queimadas	Nº focos total	% focos em cicatrizes de áreas queimadas	Nº focos total	% focos em cicatrizes de áreas queimadas
AQUA_M-M	41	95	0	0	73	74
AQUA_M-T	304	74	1	0	141	67
AQUA-M	12	92	0	0	36	83
AQUA-T	313	81	0	0	118	74
GOES-12	509	89	2	0	1090	66
GOES-13	-	-	-	-	35	97

METEOSAT-02	104	86	0	0	384	61
NOAA-15	360	76	10	0	127	76
NOAA-15D	38	95	1	0	14	79
NOAA-16	234	93	1	0	34	68
NOAA-16N	49	90	1	0	71	80
NOAA-17	22	91	0	0	0	0
NOAA-18	1205	100	0	0	22	82
NOAA-18D	21	81	0	0	30	87
NOAA-19	1259	99	0	0	103	73
NOAA-19D	29	93	0	0	24	83
TERRA_M-M	123	98	0	0	60	88
TERRA_M-T	230	86	0	0	88	75
TERRA-M	58	98	0	0	39	95
TERRA-T	100	91	1	0	104	88
Total	5011	-	17	-	2593	-

3. 2 Focos de calor sem presença de cicatrizes de áreas queimadas

Referente aos focos de calor em áreas sem cicatriz de queimadas observou-se um total de 1.182 entre 2010 e 2012. Em 2010 o satélite AQUA_M-T foi o que apresentou maior quantidade de focos (80 focos) sem cicatrizes de área queimada (

Tabela 3).

Em 2011 todos os focos localizaram-se em áreas sem cicatriz de queimada, visto não ter sido detectada nenhuma cicatriz neste ano com o produto MOD45.

No ano de 2012 o satélite METEOSAT-02 apresentou maior porcentagem de focos sem cicatriz de área queimada (151 focos, correspondente a 39%), mas em termos de quantidade o satélite GOES-12 apresentou maior quantidade 369 focos, correspondente a 34%.

Os focos de calor que não se associam as áreas de cicatrizes se encontram próximo das mesmas estando de acordo com as recomendações do INPE (2012) onde relatam que os focos podem estar em um raio de 1 a 5 km das coordenadas indicadas.

Os satélites AQUA e TERRA apresentam o sensor MODIS com as mesmas características, e do satélite Terra são gerados os dados de área queimada. Assim, esperava-se uma maior porcentagem de acerto em relação e presença de focos em áreas com cicatrizes de queimadas, em relação aos demais satélites. No entanto, apresentaram padrão semelhante aos demais satélites. E se comparados os dados de focos de calor do MODIS processado pela NASA e pelo INPE, observasse quantidade superior nos dados processados pelo INPE, mas maior concordância entre focos e cicatrizes com os dados processados pela NASA.

Tabela 3. Focos total e porcentagem de focos sem cicatrizes de áreas queimadas entre os anos de 2010 a 2012 no Parque Estadual do Araguaia.

Satélites	2010		2011		2012	
	Nº focos total	% focos sem queimadas	Nº focos total	% focos sem queimadas	Nº focos total	% focos sem queimadas
AQUA_M-M	41	5	0	0	73	26
AQUA_M-T	304	26	1	100	141	33
AQUA-M	12	8	0	0	36	17
AQUA-T	313	19	0	0	118	26
GOES-12	509	11	2	100	1090	34
GOES-13	-	-	-	-	35	3
METEOSAT-02	104	14	0	0	384	39
NOAA-15	360	24	10	100	127	24
NOAA-15D	38	5	1	100	14	21
NOAA-16	234	7	1	100	34	32
NOAA-16N	49	10	1	100	71	20
NOAA-17	22	9	0	0	0	0

NOAA-18	1205	0	0	0	22	18
NOAA-18D	21	19	0	0	30	13
NOAA-19	1259	1	0	0	103	27
NOAA-19D	29	7	0	0	24	17
TERRA_M-M	123	2	0	0	60	12
TERRA_M-T	230	14	0	0	88	25
TERRA-M	58	2	0	0	39	5
TERRA-T	100	9	1	100	104	13
Total	5011	-	17	-	2593	-

3. 3 Queimadas sem focos de calor

Foram identificadas 642 cicatrizes (44% do total) sem a presença de focos de calor mapeadas para o ano de 2010 (Tabela 4). Neste ano as cicatrizes de queimada variaram entre 0,001 ha a 21.631 ha, tendo como média 133 ha (Figura 2).

No ano de 2012, das 743 cicatrizes 243 (33%) não apresentaram focos de calor associados, sendo que o tamanho das cicatrizes variou de 0,025 ha a 17.594 há, e média de 147 ha.

Tabela 4. Cicatrizes de área queimada sem focos de calor entre os anos de 2010 a 2012 no Parque Estadual do Araguaia.

Satélite	2010		2011		2012	
	Nº cicatrizes	% cicatrizes sem focos	Nº cicatrizes	% cicatrizes sem focos	Nº cicatrizes	% cicatrizes sem focos
MODIS 45	1416	44	0	0	743	33

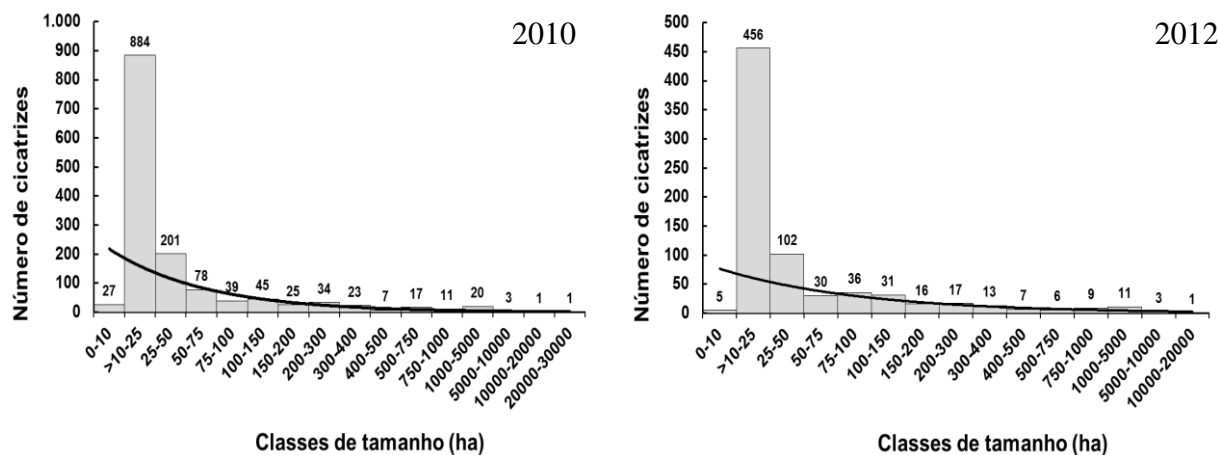


Figura 2. Quantidade de cicatrizes de queimada em classe de tamanho (ha) do Parque Estadual do Araguaia dos anos de 2010 e 2012

A não identificação de focos de calor em diversas cicatrizes registradas podem estar associadas a algumas condições que impedem ou prejudicam a detecção, sendo elas: ocorrência de fogo com menos de 30m, ocorrência de nuvens no momento de passagem dos satélites, queimadas de pequena duração e fogos rasteiros em floresta densa sem afetar as copas das árvores (INPE, 2012). Neste caso no parque encontra-se fragmentos de florestas inundáveis, com grande quantidade de malhas de raízes expostas, estas de acordo com Marimon et al. (2008; 2012) tem sido afetada por incidência fogo rasteiro.

Devido as características de maior parte da área (baixa biomassa) em geral não há material combustível suficiente para ter 2 queimadas consecutivas, devida grande perda na primeira queima. Libonati et al. (2013), ressaltam que apesar dos focos ativos não serem

indicadores da extensão de área queimada, podem ser utilizados como indicativo da localização espacial e temporal, visto haver correlação entre a quantidade de focos detectados e a quantidade de área queimada. A omissão de focos em áreas queimadas também pode estar relacionada ao horário de passagem dos satélites, visto que um foco ativo refere-se a um determinado horário que houve passagem de satélite, podendo ocorrer perda de informações dos horários que não houve passagem de satélite.

4. Conclusões

Apesar de haver imprecisão de localização dos focos de calor, estes mostraram consonância com as áreas queimadas (85 total de acerto em áreas de cicatriz, 15% em áreas sem cicatriz), sendo de grande valia para identificação de áreas afetadas pelo fogo.

As queimadas de maior tamanho são melhor identificadas pelos focos, sendo necessário estudos complementários para verificar o tamanho mínimo de área queimada que os focos detectam.

Referências Bibliográficas

Gontijo, G. A. B.; Pereira, A. A.; Oliveira, E. D. S.; Acerbi Júnior, F. W. Detecção de queimadas e validação de focos de calor utilizando produtos de Sensoriamento Remoto. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, p.7966 – 7973, 2011.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2012. Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios. Disponível em <http://www.inpe.br/queimadas>. Acesso em: **13/10/2014**

INPE. Relatório de validação de 31 focos de queima de vegetação detectados com satélites pelo INPE de Janeiro a Agosto/2011, em relação à vistoria do IBAMA/PREVFOGO no início de Agosto/2011 nos municípios de Bom Jesus de Goiás, Cachoeira Dourada e Itumbiara, sudeste de Goiás. **Monitoramento de focos de queimadas. 2011**. Disponível em http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/documentos/20111207_Setzer_etal_relatorio_vistoria_Prevfogo.pdf. Acesso em: 18/10/2014

Libonati, R.; Setzer, A. W.; Morelli, F.; Camara, C. Algoritmo automático de detecção de áreas queimadas em imagens MODIS – aplicação na região do Jalapão, TO. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, p. 6901 – 6908, 2013.

Marimon, B. S.; Marimon-Junior, B. H.; Lima, H. S.; Jancoski, H. S.; Franczak, D. D.; Mews, H. A.; Moresco, M. C. **Pantanal do Araguaia** - ambiente e povo: guia de ecoturismo. Cáceres: UNEMAT, 2008, 95p.

Marimon, B. S.; Marimon Junior, B. H.; Mews, H. A.; Jancoski, H. S.; Franczak, D. D.; Lima, H. S.; et al. Florística dos campos de murundus do Pantanal do Araguaia, Mato Grosso, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, n. 26, p. 181-196, 2012.

Ribeiro, G. A.; Soares, R. V. Caracterização do material combustível florestal e efeitos da queima controlada sobre sua redução em um povoamento de *Eucalyptus viminalis*. **Cerne**, Lavras, v. 4, n. 1, p. 57-72, 1998.

Tomzhinski, G. W.; Coura, P. H. F.; Fernandes, M. C. Avaliação da detecção de focos de calor por sensoriamento remoto para o Parque Nacional de Itatiaia. **Biodiversidade Brasileira**, Ano I, n 2, p. 201-211, 2011.

Réquia Júnior, W. J.; Aravechia, J. C. J. O comportamento espacial e temporal das queimadas no Brasil: um estudo nas regiões mais críticas no período de 2000 a 2010. **Ambiência**, v. 9, p. 313-322, 2013.

Roy, D.P.; Boschetti, L.; Justice, C. O.; Ju, J. The collection 5 MODIS burned area product—Global evaluation by comparison with the MODIS active fire product. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 9, p. 3690–3707, 2008.

Roy, D.P.; Jin, Y.; Lewis, P.E.; Justice, C.O. Prototyping a global algorithm for systematic fire affected area mapping using MODIS time series data. **Remote Sensing of Environment**, v. 97, n 2, p. 137–162, 2005.