

## Mapeamento de Queimadas nos Parques Nacionais de Brasília e Chapada dos Veadeiros

Yuri Botelho Salmona<sup>1</sup>  
Ekena Rangel Pinagé<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universidade de Brasília - UnB  
Caixa Postal 70910-900 Brasília - DF, Brasil  
yuri@cerrados.org

<sup>2</sup>Embrapa Monitoramento por Satélite - CNPM  
Av. Soldado Passarinho, nº 303, Fazenda Jardim Chapadão - 13070-115  
Campinas - SP, Brasil  
ekenapinage@hotmail.com

**Abstract.** Despite the adaptive characteristic of Cerrado vegetation to fire, frequent fires have harmful effects on this ecosystem. These fires compromise the natural heritage of the protected areas, requiring constant monitoring. However, both the mapping of active fires and fire scars present limitations. In order to outline a historic record of forest fires and to investigate the relationship between active fires and fire scars in our study areas, we mapped the fire scars on Brasília National Park (PNB) and Chapada dos Veadeiros National Park (PNCV) from 2003 to 2011, based on Landsat 5 TM images. Then we compared the burning scars to the respective active fires data. More than 137,000 ha of burned area was mapped in the two parks. In 2007 and 2010 the largest burned areas were mapped: PNCV had 72.2% and 53% and PNB, 28.1% and 48.2% respectively of their area affected. More than 39.7% and 10% of the area of PNCV and PNB respectively, burned twice between 2003 and 2011. From 3952 active fires within the two parks, 89.5% were related to the mapped burned areas. The found correlation between the burned area (scars) and the numbers of active fires was 0,94. In addition, fire fronts were observed in some images, indicating the continuity of fires and suggesting that our mapping was conservative.

**Palavras-chave:** remote sensing, image processing, forest fires, sensoriamento remoto, processamento de imagens, incêndios florestais.

### 1. Introdução

As queimadas e os incêndios florestais estão entre os principais problemas ambientais do Brasil, colocando o país entre os principais emissores de CO<sub>2</sub> por conta das emissões resultantes da queima de biomassa vegetal. Além de contribuir para o aquecimento global e as mudanças climáticas, as queimadas e os incêndios florestais poluem a atmosfera, causam prejuízos econômicos e sociais, aceleram os processos de desertificação, degradação florestal e perda de biodiversidade (PREVFOGO, 2014).

No Brasil, a maior parte das fisionomias do Cerrado são tidas como ecossistemas dependentes e adaptados ao fogo, pois evoluíram sob sua influência e dele dependem para manter seus processos ecológicos (Pivello 2011, Fidelis&Pivello, 2011). As áreas de Cerrado são caracterizadas por uma estação seca definida, onde a vegetação local é mais propensa ao fogo. Com a predominância de formações abertas neste bioma, é muito comum a ocorrência de incêndios tanto de causas antrópicas quanto naturais (Ramos-Neto & Pivello, 2000).

Anualmente, os incêndios florestais atingem grandes áreas nas Unidades de Conservação brasileiras. Somente no ano de 2009, foram registrados 185 incêndios florestais em Unidades de Conservação Federais (PREVFGOGO, 2009). A maior parte das Unidades de Conservação (UC) no Brasil protegem áreas de vegetação nativa em meio a matrizes de áreas com diversos usos de terra, muitas vezes manejadas com fogo. Assim, é bastante comum a presença de fogo indesejado nas UC, comprometendo seu papel (PREVFOGO, 2006). As diversas causas dos incêndios florestais dependem principalmente do contexto socioeconômico da região da UC e das atividades em seu entorno. No Brasil, os incêndios em Unidades de Conservação têm sido

causados principalmente pelo uso incorreto do fogo para renovação de pastagens e limpeza de restos de cultura nas propriedades vizinhas (Medeiros, 2002). Atualmente, há uma grande variedade de satélites, que carregam diversos tipos de sensores com diferentes resoluções espaciais e temporais, e de técnicas para detectar os impactos causados por incêndios em países tropicais (França & Ferreira, 2005).

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) mantém há mais de 20 anos um sistema operacional de monitoramento do processo de queimadas para todo o Brasil e parte da América do Sul. Ao longo destes anos foram desenvolvidas diferentes metodologias e sistemas computacionais que permitem identificar focos de calor em imagens de satélites de baixa resolução, tais como os satélites da série NOAA, GOES, TERRA, AQUA e METEOSAT (INPE, 2014). O Centro Nacional de Prevenção e Controle aos Incêndios Florestais - PREVFOGO, vinculado ao IBAMA, conta com os dados enviados diariamente pelo sistema do INPE para o desenvolvimento de suas atividades.

Há duas abordagens distintas no estudo de queimadas com dados orbitais. Numa detecta-se fogo ativo, e na outra, identificam-se as cicatrizes das queimadas. Sensores de média resolução espacial (dezenas de metros), como o Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat 5, são utilizados com frequência para estimar áreas queimadas em regiões relativamente pequenas e para estudos de casos (França, 2001). Entretanto, as cicatrizes de queimadas apresentam uma grande variabilidade de respostas espectrais, dependendo do tipo de vegetação atingida, da eficiência da queimada, do substrato, da estrutura e estágio fenológico da vegetação, entre outros fatores. Além disso, a resposta espectral da queimada varia ao longo do tempo (Chu & Guo, 2014). O desaparecimento das marcas das queimadas, comprometendo sua identificação nas imagens TM é particularmente sério no Cerrado. Em áreas agrícolas, com o uso de máquinas, essas mudanças podem ser ainda mais rápidas (França, 2001).

O planejamento da prevenção e combate aos incêndios florestais em uma Unidade de Conservação depende do levantamento das causas, da frequência e das consequências do fogo em uma determinada área, entre outros conhecimentos (Matos, 2004). Assim, um dos pilares para os planos de prevenção de incêndios das Unidades de Conservação é a pesquisa sobre os padrões históricos de incêndios florestais no seu interior e entorno. Diante do exposto, esta pesquisa tem como objetivo traçar a trajetória de incêndios florestais no Parque Nacional de Brasília (DF) e no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros (GO), ambos no Bioma Cerrado, combinando mapeamento de cicatrizes de fogo e focos de calor de 2003 a 2011.

## **2. Metodologia de Trabalho**

### **2.1 Áreas estudo**

O Parque Nacional de Brasília (PNB) foi criado em 1961 com 30 mil hectares (Decreto Federal nº241) com o principal objetivo de proteger os recursos hídricos que abastecem a Capital Federal. Em 2006 foi ampliado (lei 11.285) para cerca de 42 mil hectares. Hoje o Parque é cercado por aglomerados urbanos em expansão, um aterro sanitário e rodovias, aumentando a possibilidade de queimadas.

O Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV) também foi criado em 1961, com 625 mil hectares, no norte do estado de Goiás, a fim de proteger seus raros ecossistemas e grande beleza cênica. Em 1972 teve seus limites reduzidos a 172 mil hectares e novamente reduzido em 1981, agora para 65 mil hectares,. Abrangendo os municípios de Alto Paraiso, Colinas do Sul e Cavalcante. Em 2001 foi reconhecido como Patrimônio Natural da Humanidade (UNESCO). Hoje este parque é um polo de geração de renda para a comunidade local e um importante campo para pesquisa científica.

## 2.2 Processamento das imagens

Inicialmente, foram baixadas no site do INPE as imagens do satélite Landsat 5, sensor TM, dos anos de 2003 a 2011, nas órbitas ponto 221/71 (PNB) e 221/70 (PNCV) dos meses agosto, setembro e outubro. Todos os processos de tratamento de imagem foram feitos no programa Erdas 2011 da Leica.

As bandas dessas imagens foram empilhadas (*layer stack*) e posteriormente georeferenciadas com base na imagem de 2008, georreferenciada a partir de imagens de alta resolução do mesmo ano (RapidEye). Foi empregado um polinômio de terceira ordem e reamostragem pelo método do vizinho mais próximo. Na sequência, foram recortadas (*subset image*) de acordo com o limite das respectivas Unidades de Conservação. O mapeamento das cicatrizes foi feito por classificação supervisionada (método *maximum likelihood*). Foram selecionadas amostras de áreas visivelmente queimadas e agrupadas numa classe denominada “queimada”. O mesmo procedimento foi feito para as classes “vegetação” e “água”. Em média, foram usados 30 amostras por imagem, considerando as três classes do mapeamento. A seleção das amostras de treinamento do classificador imagens foi feita visualizando o arranjo de bandas R4G3B2.

Posteriormente as imagens foram convertidas de número digital para radiância (L), a fim de se identificar a frente de fogo, assim indicando se o incêndio estava em andamento no momento da aquisição da imagem. Em casos onde havia fumaça de queimada foi usado o filtro de redução de *haze*.

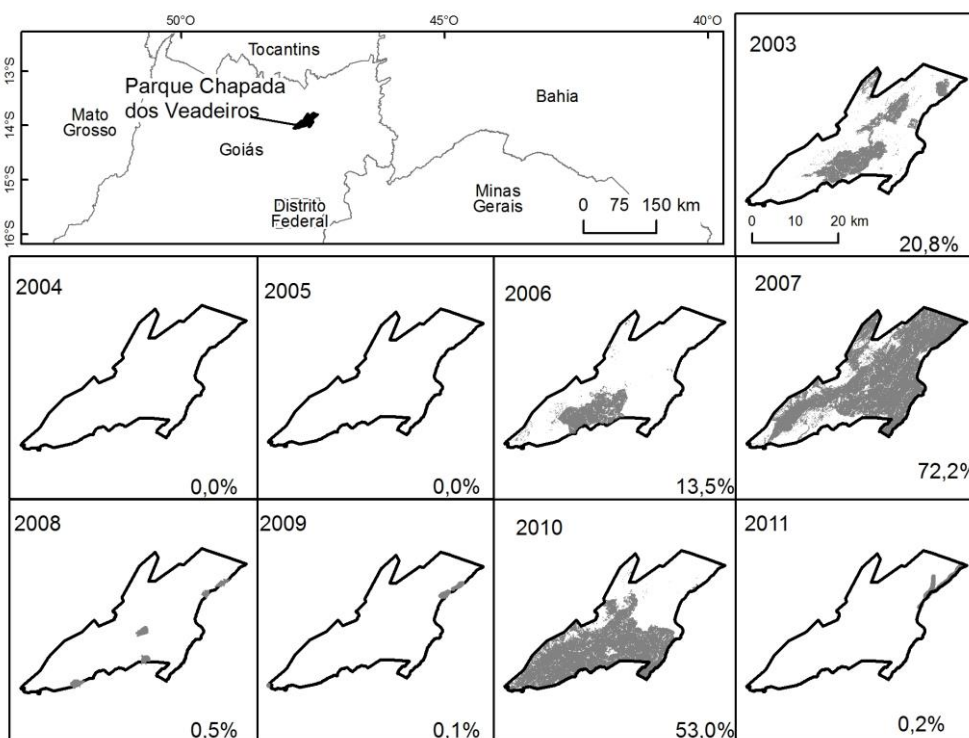
## 2.3 Dados de focos de calor

Os dados de focos de calor foram baixados do sítio Queimadas do INPE. A fim de limitar os focos de calor àqueles que têm relação com as queimadas mapeadas, foram excluídos aqueles focos identificados com diferença superior a 79 dias da data da imagem usada para mapear as cicatrizes, tendo em vista que esse foi o período médio de permanência de cicatrizes em imagens Landsat 5 TM no estudo de Lombardi (2003).

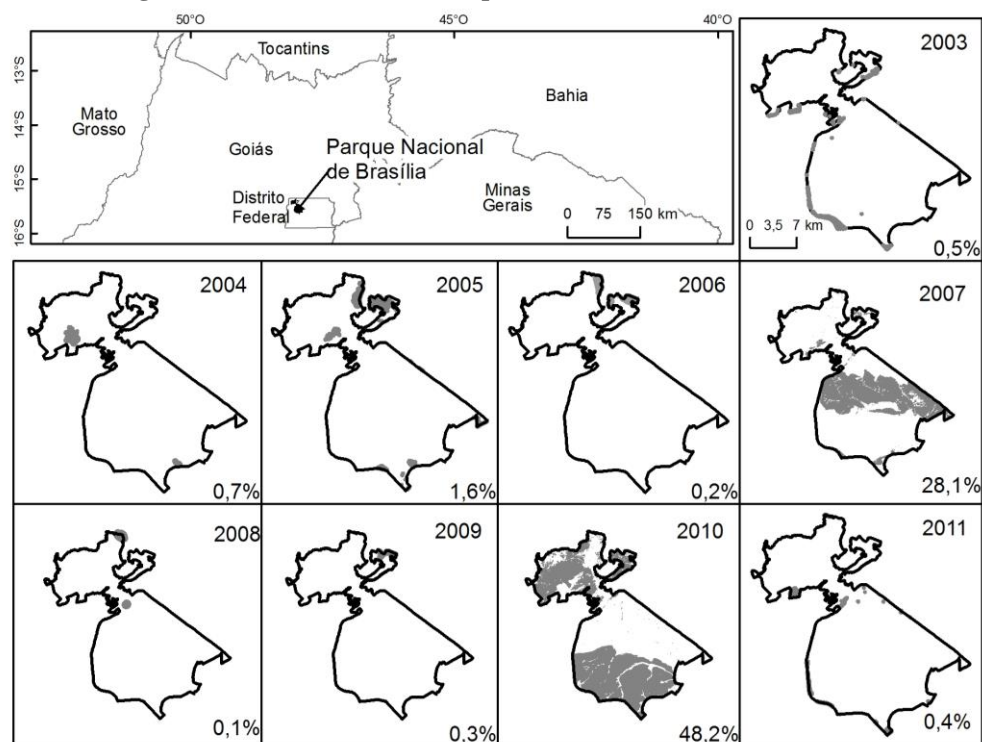
O resultado da classe “queimadas” foi vetorizado, e calculada a área (na projeção UTM, fuso23S, Datum Sirgas2000) dos polígonos resultantes. Em seguida, foram identificados os focos de calor dentro das cicatrizes ou a até 500m de distância (considerando as diferentes resoluções espaciais dos sensores usados no mapeamento de focos de calor).

## 3.0 Resultados e Discussão

Nos nove anos analisados, foram mapeados mais de 137 mil hectares queimados nos dois parques. Os anos de 2007 e 2010 tiveram as maiores queimadas: no PNCV foram queimados cerca de 72,2% e 53% e no PNB 28,1% e 48,2% respectivamente. Apenas 24,5 % do PNB e 12,3% do PNCV não apresentaram cicatrizes de queimada durante o período analisado (Figuras 1 e 2).

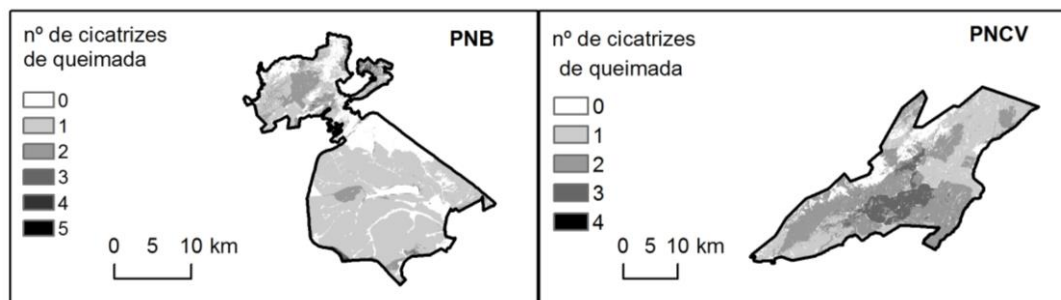


**Figura 1 - Área com cicatriz de queimada no PNCV de 2003 a 2011**



**Figura 2 - Área com cicatriz de queimada no PNB de 2003 a 2011.**

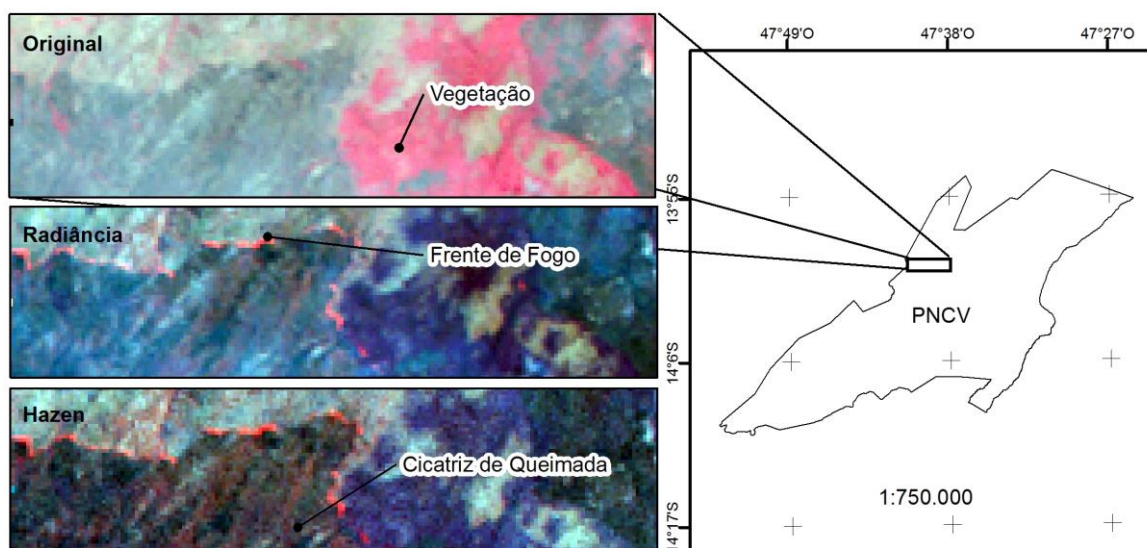
Com os sucessivos incêndios, algumas áreas pegaram fogo mais de uma vez no período analisado. No PNCV e no PNB, mais de 39,7% e 10% respectivamente pegaram fogo duas vezes entre 2003 e 2011. Algumas áreas pegaram fogo até três vezes, como foi o caso de 9,5% do PNCV e 1% do PNB (Figura 3).



**Figura 3 - Número de vezes que as áreas foram queimadas de 2003 a 2011 em cada parque.**

No PNB as porções marginais foram as que mais vezes queimaram, em especial próximo a DF-097, DF-001 e DF-205, na porção que foi anexada ao parque em 2006 (lei 4186/2004). No PNCV a região com maior número de cicatrizes observadas foi a parte central do parque, limitada pela margem esquerda do Rio Preto.

Metade das imagens apresentaram frentes de fogo, assim indicando que a cicatriz mapeada segundo aquela imagem não retratou a totalidade da área queimada (Figura 4).



**Figura 4 – Tratamento na imagem 221/70 do ano 2010, frente de fogo sem o efeito da fumaça da queimada.**

Foram observados 3592 focos dentro dos parques nos períodos até 79 dias antes da data de cada imagem. Desses, 89,5% estavam a uma distância máxima de 500m das cicatrizes mapeadas, portanto considerados relacionados à elas (Figura 5). A correlação entre a área queimada (cicatrizes) e os números de focos de calor foi de 0,94 considerando os dois parques, sendo 0,98 no PNCV e 0,87 no PNB.

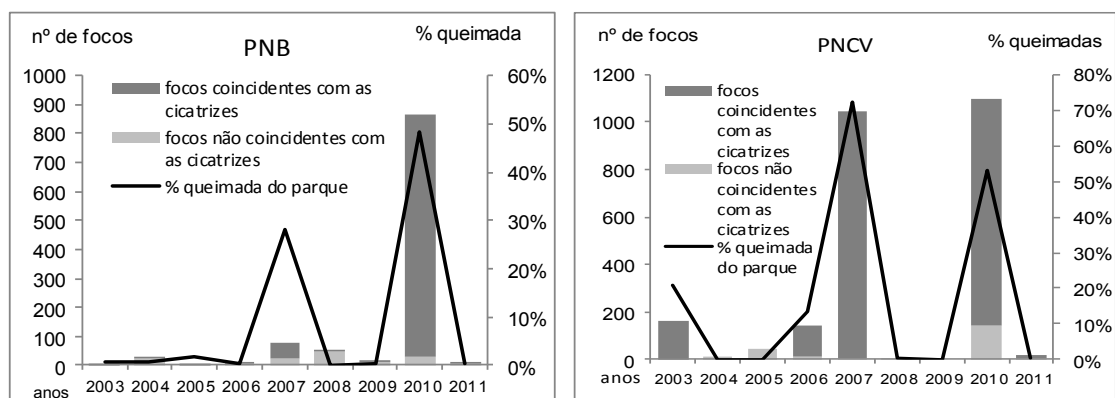


Figura 5 – Relação entre focos de calor e área com cicatrizes de queimadas nos parques analisados.

O grande número de focos de calor e área de cicatrizes de queimada nos anos de 2007 e 2010 foram encontrados em outros estudos sobre queimadas no Brasil tais como Morton *et al.* (2013), que sugeriram que anomalias climáticas (clima excessivamente seco) teriam favorecido os incêndios.

#### 4. Conclusões

O patrimônio natural guardado nos Parques Nacionais e demais Unidades de Conservação é ameaçado todo período de seca, por causa das queimadas, em especial no Cerrado. Apesar das características adaptativas ao fogo das árvores do Cerrado (Coutinho, 1990), efeitos nocivos de queimadas frequentes já foram observados (Sato, Garda e Miranda, 1998; Medeiros e Miranda, 2005).

As ferramentas de sensoriamento remoto tem se mostrado de suma importância no planejamento a prevenção e controle de incêndios em Unidades de Conservação. O presente trabalho demonstra a tendência de recorrência de grandes queimadas num intervalo de 3 anos, conforme sugerido por Eiten (1972).

A alta correlação entre os focos de calor e área com cicatriz de queimadas era esperada. Provavelmente, seria maior se não houvesse a recorrente ocorrência de nuvens no meio do mês de setembro sobre a região das áreas de estudo, o que limita o mapeamento das cicatrizes de queimadas.

Nem todos os focos de calor de fato significam um incêndio. Nesse aspecto, a identificação das frentes de queimada nas imagens de radiância pode ser útil para indicar a fase do incêndio, indicando se aquela cicatriz representa ou não o total de área queimada naquele período. Por isso, é relevante ressaltar o valor complementar destas duas ferramentas.

Outro aspecto importante a ser notado nas áreas queimadas é a sua proximidade com estradas vicinais, muitas vezes no entorno dos Parques, sugerindo causas antropogênicas para os incêndios, tais como manejo de pastagens, abertura de novas áreas ou queima de lixo.

O mapeamento sistemático e periódico de cicatrizes de queimadas pode ser uma valiosa ferramenta na prevenção dos incêndios por indicar as áreas com maior probabilidade de novos incêndios nas Unidades de Conservação, otimizando recursos e mitigando perdas ambientais.

#### Agradecimento

Agradecemos, pelo apoio, à Rede ComCerrado, ao Laboratório de Planejamento para Conservação da Biodiversidade – LaBIO da UnB e ao Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI.

## Referências Bibliográficas

- Coutinho, L. M. Fire in ecology of the Brazilian cerrado. In: Goldammer, J. G. **Fire in the Tropical Biota**, 1990, p. 82-105.
- Chu, T.; Guo, X. Remote Sensing Techniques in Monitoring Post-Fire Effects and Patterns of Forest Recovery in Boreal Forest Regions: a Review. **Remote Sensing**, v. 6, p. 470-520, 2014.
- Eiten, G. The cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review**, v. 38, n. 2, p. 201-341, 1972.
- Fidelis, A.; Pivello, V. R. Deve-se Usar o Fogo como Instrumento de Manejo no Cerrado e Campos Sulinos? **Biodiversidade Brasileira (ICMBio)**, n. 2, p. 12-25, 2011.
- França, H. **Metodologia de identificação e quantificação de áreas queimadas no Cerrado com imagens AVHRR/NOAA**. 2001. 121 p. Tese de Doutorado - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- França, D. A.; Ferreira, N. J. Considerações sobre o uso de satélites na detecção e avaliação de queimadas. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2005, Goiânia, São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, **Anais** p. 3017-3023. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: < <http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.20.11.30/doc/3017.pdf> >. Acesso em: 27.set.2006.
- INPE. **Monitoramento de Queimadas e Incêndios por satélite em tepo quase-real**. São José dos Campos, 2014 p. Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas/sitAtual.php>. Acesso: 01.out.2014
- Lombardi, R. J. R. **Estudo da recorrência de queimadas e permanências de cicatrizes do fogo em áreas selecionadas do cerrado brasileiro, utilizando imagens Tm/Landsat**. 2003. 172 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Jose dos Campos. 2003.
- Matos, E. F. Prevenção e combate aos incêndios florestais em unidades de conservação. In: Fórum de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais do DF, 2004, Brasília. **Anais**. Brasília: SEMARH, p. 19-30, 2004.
- Medeiros, M. B. Manejo de fogo em unidades de conservação do cerrado. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer.**, v. 10, n. 1, p. 76-89, 2002.
- Medeiros, M. B. D.; Miranda, H. S. Mortalidade pós-fogo em espécies lenhosas de campo sujo submetido a três queimadas prescritas anuais. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 3, p. 493-500, 2005.
- Morton, D. C.; Le Page, Y.; DeFries, R.; Collatz, G. J.; Hurtt, G. C. Understorey fire frequency and the fate of burned forests in southern Amazonia. **Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci**, v. 368, n. 1619, p. 1-8, 2013.
- Pivello, V.R. The use of fire in Brazil: past and present. **Fire Ecology**, v. 7, p. 24-39, 2011.
- PREVFOGO. **Perfil dos Incêndios Florestais Acompanhados pelo Ibama**. Brasília: Ibama, 2009. 29 p. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/category/44-p?download=2306%3A2009>. Acesso: 01.out.2014.
- PREVFOGO. **Relatório de Ocorrências de Incêndios em Unidades de Conservação Federais**. Brasília: Ibama, 2006. 25 p. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/category/44-p?download=2305%3A2005-2008>. Acesso: 27.set.2014
- Ramos-Neto, M. B.; Pivello, V. R. Lightning fires in a Brazilian savanna national park: rethinking management strategies. **Environmental Management**, v. 26, p. 675 - 684, 2000.
- Sato, M. N.; Garda, A. A.; Miranda, H. S. Fire effects in the mortality rate of woody vegetation in Central Brazil. **Anais Proceedings of the 3º International Conference on Forest Fires Research**, Coimbra: 1998, p.1777-1789.