

## Aplicação da Imagem Fração Sombra no mapeamento de áreas queimadas nas proximidades de Áreas Protegidas em Minas Gerais

Tereza Beatriz Oliveira Soares<sup>1</sup>

Eugênia Kelly Luciano Batista <sup>1</sup>

Gabriel Pereira<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Minas Gerais

Av. Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte - MG, CEP 31270-901, Brasil

beatriz\_soares27@yahoo.com.br

biogenia.k@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal de São João del-Rei

Campus Tancredo Neves - Avenida Visconde do Rio Preto, s/n – Colônia do Bengo

São João del-Rei – MG. CEP 36301-360, Brasil

pereira@ufsj.edu.br

**Abstract:** The fires are an old practice of space occupation by the humans in the Cerrado, especially for purposes of land clearing and resprout of pastures. In the state of Minas Gerais and in much of Brazil, protected areas are attained by large forest fires, caused by several factors, including the fuel accumulation due to zero fire policy adopted in the management of these areas. This year, due to the low antecedent rainfall, fires were characterized by high intensity and large extensions. Remote sensing is an important tool used in monitoring these burned areas, because it allows the acquisition of data from large areas at regular time periods. Several methodologies have been created and tested for measuring and mapping of affected areas of their impacts. With this in mind this paper proposes a validation of the use of the image difference in shadows fractions obtained from Linear Spectral Mixture Model, and automatic classification for estimating burned area, within and around savanna protected areas in Minas Gerais. For being a scene of complex landscape, including major mineral extraction areas, clouds and water bodies, some inclusion errors were observed, as expected. But nevertheless, the results demonstrated the feasibility of this methodology, with an accuracy of 61% and Kappa = 0.6.

**Palavras-chave:** remote sensing, fire scars, cerrado, ISOSEG, sensoriamento remoto, fogo, cicatrizes, cerrado, ISOSEG.

### 1. Introdução

A ocorrência de fogo no Cerrado brasileiro é um fenômeno histórico evidenciado pela existência de amostras de carvão datados entre 27100 a 41700 anos antes do presente (AP) (Vicentini 1993). Há 11000 anos atrás, o Planalto Central era ocupado por populações humanas que praticavam a agricultura itinerante e caçavam com o auxílio do fogo (Dias 1998). Esse período, provavelmente, implementou um regime de queima que acabou formatando os processos evolutivos de adaptação ao fogo hoje observados nos ecossistemas savânicos do Cerrado. Hoje, muitas dessas áreas protegidas, além das externalidades negativas oriundas da pressão dos centros urbanos e uso da terra, enfrentam problemas com regulamentação fundiária e com as comunidades do entorno, que ateam fogo de maneira descontrolada como prática de limpeza do terreno e renovação das pastagens. E como agravante, muitas delas também comportam estradas de terra ou rodovias, que funcionam como catalisadores de incêndios de origem acidental. Todos esses fatores gerais, entre outros mais particulares, promovem um cenário de desequilíbrio entre a manutenção da biodiversidade proposta pelas áreas protegidas e os impactos inerentes à atividade antrópica, especialmente no que se refere ao fogo.

Apesar das causas antrópicas e naturais atuarem sinergicamente no sentido de manter o regime de fogo atual no Cerrado, a ação do homem tende a ampliar a recorrência e a extensão dos incêndios. As espécies vegetais do Cerrado apresentam diferentes graus de resistência ao fogo, no entanto, mesmo aquelas espécies mais resistentes podem apresentar declínios populacionais quando submetidas a queimas frequentes. Por outro lado, a supressão contínua do fogo, uma estratégia de gestão hoje praticada na maior parte das Unidades de Conservação brasileiras, promove o acúmulo de material combustível e favorece a ocorrência de incêndios catastróficos de grande extensão e intensidade. Diante desse paradoxo, o manejo com fogo tem ganhado espaço nas discussões sobre gestão desses eventos em áreas protegidas, especialmente em países como Estados Unidos (Pausas et al. 2004), Austrália (Bradstock & Kenny 2003), Espanha e Itália (Vélez 2000).

A política de combate ao fogo hoje praticada em áreas protegidas brasileiras tem como meta a extinção dos incêndios de forma contínua, o que acaba permitindo o acúmulo excessivo de material combustível na vegetação. Como resultado desse acúmulo, aliado ao longo período antecedente sem chuvas, os incêndios neste ano apresentaram características atípicas, com grandes extensões e impactos consideráveis na diversidade em todo o Estado. Nesse contexto, evitar que esse tipo de fenômeno ocorra deve ser a principal meta das políticas de gestão do fogo e para que isso seja possível, é necessário primeiramente conhecer os regimes de fogo históricos e atuais.

O mapeamento histórico das áreas queimadas a partir de dados de sensoriamento remoto é vital no estudo da dinâmica do fogo. Esse mapeamento pode ser feito através da detecção de fogos ativos ou identificação das cicatrizes de queima. A detecção de fogos ativos por satélite constitui um bom indicador dos padrões espaço-temporais de incêndios, mas são inadequados para estimar a área queimada, geralmente obtida através da identificação das cicatrizes de queima. No entanto, por mais que essas cicatrizes sejam óbvias ao intérprete, o mapeamento dessas áreas pode ser extremamente difícil quando utilizadas técnicas de classificação automática. Isso acontece porque os algoritmos costumam confundir elementos com respostas espectrais semelhantes na paisagem. Áreas queimadas, por exemplo, especialmente na região do visível e infravermelho, são frequentemente confundidas com sombra de nuvens, sombras topográficas ou corpos hídricos. Nesse sentido, é importante o desenvolvimento de estudos voltados para o aperfeiçoamento dessas técnicas de detecção através de métodos automáticos, geralmente mais rápidos e menos subjetivos.

Este estudo apresenta o resultado do desempenho de um classificador automático, o ISOSEG, caracterizado pelo método crescimento de regiões, utilizado para mapear áreas queimadas a partir de frações sombra, derivadas do Modelo Linear de Mistura Espectral, que se constituem como alternativa no estudo da vegetação afetada pelo fogo.

## **2. Metodologia**

### **2.1. Área de Estudo**

O estudo foi desenvolvido na região do Quadrilátero Ferrífero, localizado no centro-sul de Minas Gerais. Essa região constitui um divisor de águas das bacias do rio São Francisco, que drena a parte norte e tem como principal afluente o rio das Velhas e do rio Doce, que dirige-se para leste. A paisagem é marcada por um mosaico vegetacional, determinado pela confluência de dois importantes biomas nacionais: a Mata Atlântica e o Cerrado, cujos elementos se intercalam na paisagem em um arranjo complexo. Desse modo, a região está sob a influência de condições climáticas marcadas por temperaturas amenas e bons índices pluviométricos, com verões chuvosos e invernos secos.

O Quadrilátero Ferrífero é uma região de extrema importância biológica que comporta ecossistemas raros e espécies endêmicas e ameaçadas de extinção (Figura 1). A área sofre grande pressão de centros urbanos e atividades agrícolas, que hoje constituem os principais causadores de incêndios de origem antrópica no país. A mineração também causa grandes impactos e ameaças à biodiversidade local, tendo em vista o interesse pelas grandes reservas de minério de ferro presentes nessa região.

A região do Quadrilátero Ferrífero engloba várias Unidades de Conservação, que variam em categoria, tamanho e diversidade. Entre elas estão a APA SUL, APE Rio Manso, APA Vale do Rio Macaúbas, Monumento Natural da Serra da Piedade, Estação Ecológica de Arêdes, Monumento Natural Serra da Moeda e APE Serra Azul (Figura 1).

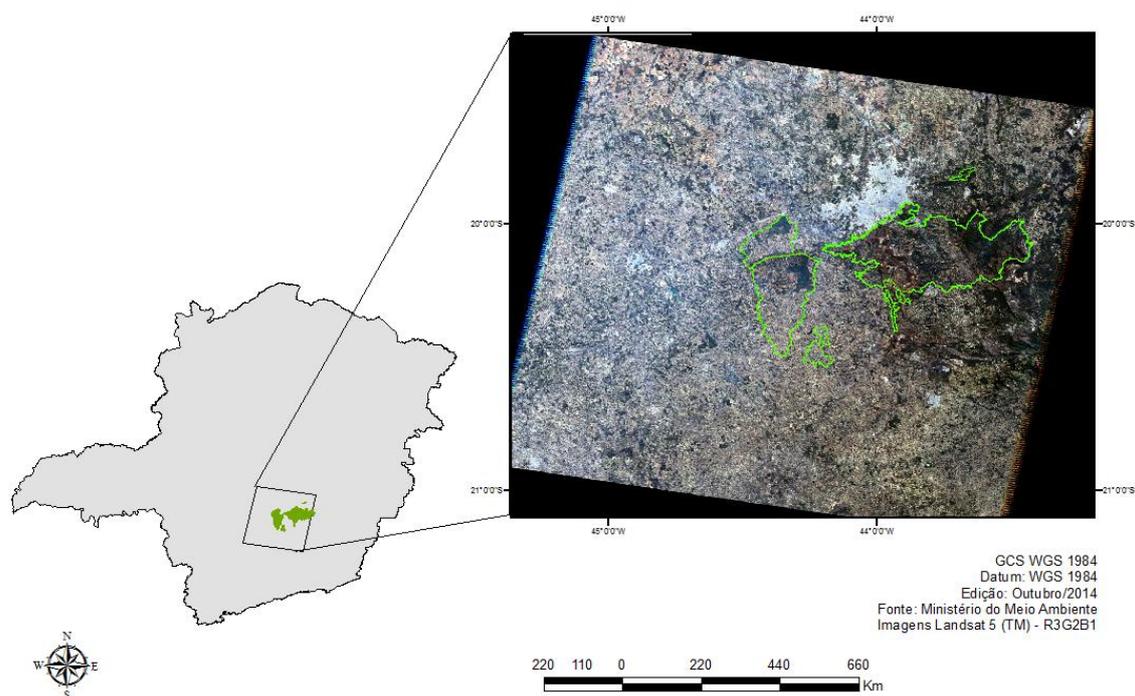


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo. A figura mostra o posicionamento e as Unidades de Conservação presentes no espaço trabalhado da cena 218/074 no Estado de Minas Gerais.

## 2.2. Pré-processamento dos dados

Para o desenvolvimento desse estudo, foram utilizadas imagens orbitais da cena 218/074 do sensor OLI, a bordo do satélite LANDSAT 8. As imagens foram obtidas junto ao U.S. Geological Survey (USGS-NASA) já georreferenciadas. Os dados orbitais foram compostos por duas imagens do ano de 2014, sendo uma no início do período seco (06/04/2014), anterior às queimadas e outra no final do mesmo período (15/10/2014), onde se observa cicatrizes de queima na vegetação. A partir da aquisição dos dados foi feito um recorte na área de estudo e a imagem de outubro foi processada, onde se estimou a área queimada da região, através do mapeamento manual, que foi utilizado como verdade terrestre.

## 2.3. O Modelo Linear de Mistura Espectral

As imagens Landsat das duas datas foram inseridas no software Envi 4.8 para geração do Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME). Nessa técnica o espectro de um pixel

misturado pode ser desagrupado, se decompondo nas frações de componentes de vegetação, solo, sombra, pois estes são alvos geralmente presentes em qualquer cena terrestre. É importante se conhecer a resposta de cada um dos componentes puros que o compõem. As imagens fração são consideradas como forma de realce de informações além de uma forma de redução da dimensionalidade dos dados (Ponzoni; Shimabukuro, 2009). Segundo Quintano et al. (2011), o modelo pode ser descrito como:

$$\rho_i = a * \text{vegi} + b * \text{soloi} + c * \text{sombrai} + e_i \quad (1)$$

$\rho_i$  = resposta da reflectância do pixel na banda  $i$ ;  
 $a, b, c$  = proporções de vegetação, solo e sombra, respectivamente;  
 $\text{vegi}, \text{soloi}, \text{sombrai}$  =  $\text{vegi}, \text{soloi}$  e  $\text{sombrai}$  são as respostas espectrais das componentes vegetação, solo e sombra, respectivamente;  $e_i$  = erro na banda  $i$ .

Neste estudo de caso foi utilizada a fração sombra do MLME, visto sua resposta espectral é semelhante à das queimadas, que possui alta absorção e baixa reflectância da Radiação Eletromagnética (REM). O componente puro modela a imagem, fazendo com que as proporções de cada componente sejam estimadas.

## 2.4. Classificação das áreas queimadas

O processamento seguinte adotado foi o de realizar a subtração das imagens fração sombra, a fim de gerar a imagem diferença do período anterior e posterior à queimada, com o intuito de realçar as modificações ocorridas na paisagem, detectando o padrão de mudança do solo ao longo do tempo e possibilitando a estimativa da área queimada durante o período de abril a outubro de 2014. Essa subtração foi realizada no Envi 4.8, sendo composta pela fórmula:

$$\text{dif} = \text{Sombra (pré)} - \text{Sombra (pós)} \quad (2)$$

$\text{dif}$  = Imagem diferença;

$\text{Sombra pré}$  = Imagem na fração sombra anterior à ocorrência das queimadas, na data de 06/04/2014;

$\text{Sombra pós}$  = Imagem na fração sombra posterior à ocorrência das queimadas, na data de 15/10/2014;

Após a subtração os dados estes foram inseridos no aplicativo Spring 5.2.5, onde foi feita a segmentação da imagem subtraída, utilizando similaridade 8 e área do pixel 12, e posteriormente, a classificação não supervisionada, por crescimento de regiões, através do classificador ISOSEG, para delimitação das áreas queimadas.

Para validação da área classificada como queimada na imagem diferença foi feito uma segmentação da imagem na composição 3B4G5R, da data de outubro, e posteriormente o mapeamento manual das áreas queimadas, a qual foi utilizada como verdade de campo.

Por fim, realizou-se a tabulação cruzada, e foi calculado o índice Kappa para quantificar o grau de precisão no processamento das imagens sombra no mapeamento de áreas queimadas no bioma cerrado.

## 3. Resultados

Depois que as imagens Landsat 8 foram baixadas e recortadas para a área de estudo, as componentes solo, vegetação e sombra, foram definidas. Na Figura 2 é possível ver uma

grande cicatriz presente na área, analisada através das 3 imagens fração, obtidas pela imagem pós-fogo.

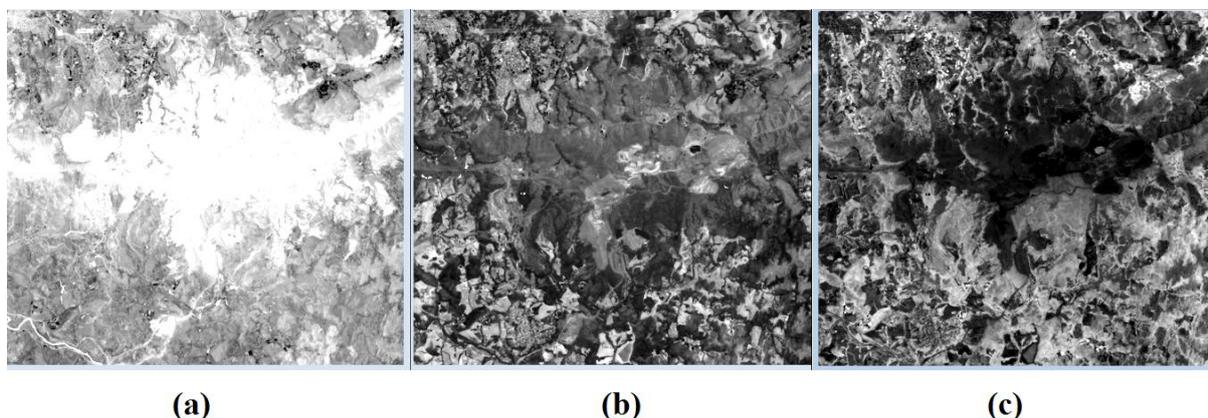


Figura 1: Imagens fração do MLME: fração sombra (a), fração solo (b), fração vegetação (c)

Uma vez que as imagens pré-fogo e pós-fogo foram extraídas, realizou-se a diferença entre as respectivas frações sombra (Figura 3). As áreas escuras representam as áreas atingidas pelo fogo. Como ressaltado, o ano de 2014 foi marcado por grandes queimadas e nessa região não foi diferente.

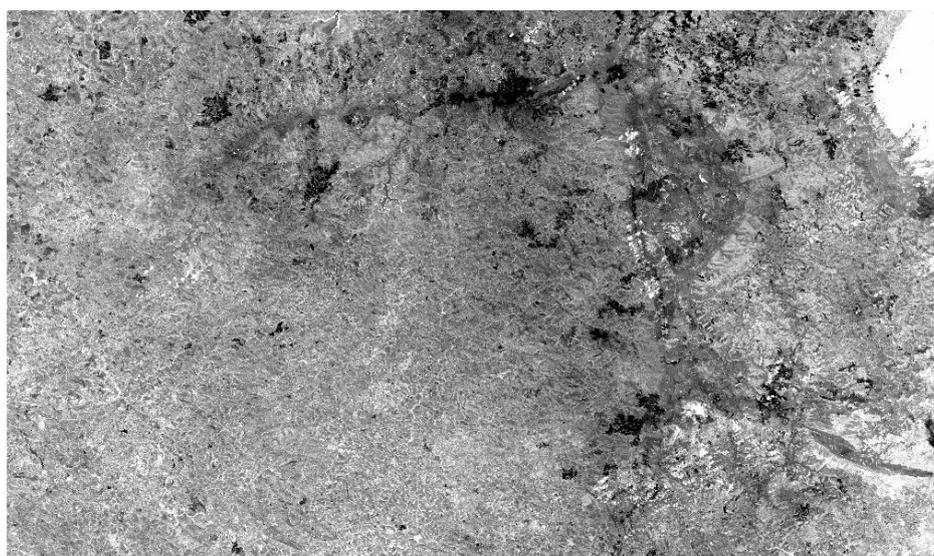


Figura 2: Imagem diferença aplicada a toda cena trabalhada

No canto superior direito da cena nota-se a presença de algumas nuvens e suas sombras, por possuírem resposta espectral semelhante às cicatrizes de queima, acabam por serem confundidas com queimadas. Outro fator que dificulta a interpretação dessa paisagem é a forte presença de minerações, fazendo com que haja confusão entre os elementos.

A imagem diferença foi primeiramente segmentada (Figura 4a) para então ser e classificada pelo classificador automático ISOSEG (Figura 4b). Os exemplos desses procedimentos encontram-se abaixo:

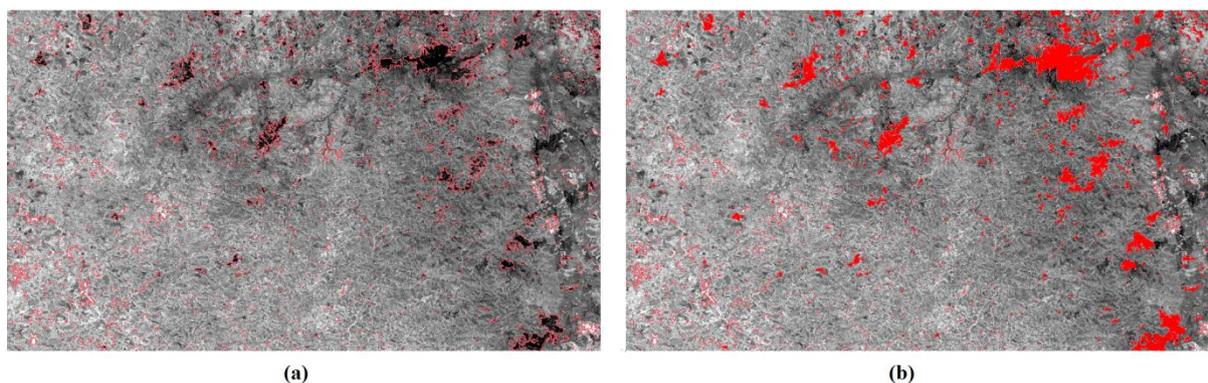


Figura 3: (a) Imagem diferença segmentada; (b) Imagem diferença classificada pelo ISOSEG

É possível ver pelo método da segmentação, que, no geral, as queimadas foram bem delimitadas em segmentos, se diferenciando do restante da cena. Técnicas de segmentação por crescimento de regiões e classificação das imagens fração-sombra, -solo e -vegetação tem permitido a automatização do mapeamento de áreas desflorestadas (recentes e antigas), de áreas queimadas e de áreas em processo de rebrota (Duarte et al., 2003).

Na figura 5, encontra-se parte da área de estudo representada pela composição 3B4G5R (5a), a classificação das queimadas pelo método automático (5b) e a validação (5c), dada através da verdade de campo.

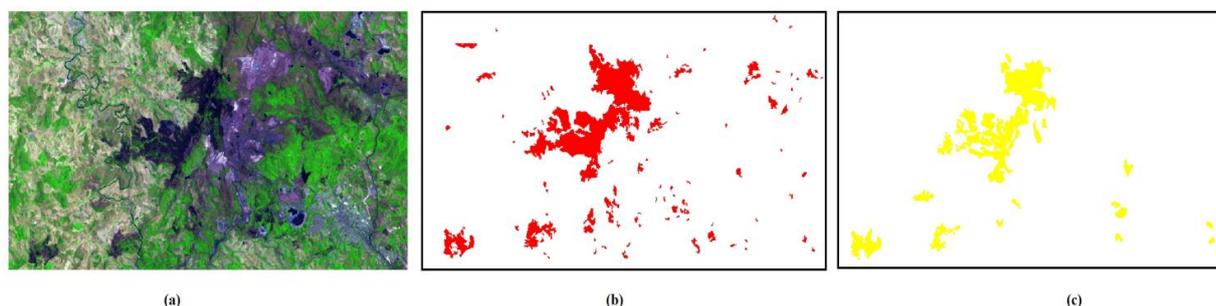


Figura 4: (a) Imagem L8 de Outubro de 2014; (b) Classificação pelo ISOSEG; (c) Validação

Nessa porção da imagem é possível observar algumas queimadas (roxo escuro) e também a presença de grandes minas de extração de minério (roxo mais claro). A classificação dada pelo ISOSEG não caracterizou a mineração como área queimada, o que evidencia que o método possui eficiência. Entretanto, há alguns erros de inclusão de pequenas áreas que não foram queimadas na classe.

Para se estimar a precisão da metodologia empregada foi gerada a tabulação cruzada entre a área detectada como queimada pelo ISOSEG e a verdade terrestre. Os resultados mostram que 133,02 km<sup>2</sup> do total de 216,97km<sup>2</sup> foram mapeados corretamente, correspondendo a uma acurácia de 61%. Sendo assim, o erro de omissão foi de 83, 94 km<sup>2</sup>. Houve também erros dados por inclusão de classes que não pertenciam à queimada, como sombras de nuvens, corpos d'água e algumas áreas de mineração, o que representou um erro de inclusão de 169 km<sup>2</sup>.

Além da tabulação cruzada, foi feito o cálculo do Índice Kappa, que apresentou resultado de 0,6.

#### 4. Considerações Finais

Por se tratar de um método de classificação automático os resultados obtidos nesse trabalho foram satisfatórios, apresentando acurácia de 61% e índice Kappa = 0.6. A cena escolhida como área de estudo é complexa, devido à presença de grandes áreas de mineração, que acabam por gerar erros de inclusão. Além disso, outro erro comum acontece devido à presença de nuvens e corpos d'água. Foi observado que em áreas onde não haviam essas classes a classificação mostrou-se eficiente. Sendo assim, o método proposto neste trabalho, baseado na aplicação do MLME e na utilização da subtração das imagens fração sombra para classificação automática apresenta viabilidade para o monitoramento de áreas queimadas no cerrado, sugerindo-se o teste de outros classificadores.

#### 5. Referências Bibliográficas

- Bradstock, R.A. & Kenny, B.J. An application of plant functional types to fire management in a conservation reserve in southeastern Australia. **Journal of Vegetation Science**. v.14, p.345-354. 2003.
- Dias, B.F.S. **Impactos do fogo sobre a biodiversidade do Cerrado**. 1998. Dep. Ecologia. Notas Técnicas da Disciplina de Ecologia do Fogo. Universidade de Brasília.
- Duarte, V.; Shimabukuro, Y. E.; Santos, J. R.; Mello, E. M. K.; Moreira, J. C.; Moreira, M. A.; Souza, R. C. M. Shimabukuro, R. M. K.; Freitas, U. M. **Metodologia para criação do prodes digital e do banco de dados digitais da amazônia - projeto baddam**. INPE. São José dos Campos. 2003
- Pausas, J.G.; Bradstock, R.A.; Keith, D.A.; Keeley, J.E. Plant functional traits in relation to fire in crown-fire ecosystems. **Ecology**, v.85, n.4, p.1085-1100, 2004.
- Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. 2009. 127p. Editora Parêntese.
- Quintano, C.; Fernández-Manso, A.; Shimabukuro, Y. E.; Pereira, G. **Aplicação do modelo linear de mistura espectral para o mapeamento de queimadas no Parque Nacional das Emas**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.7910.
- Vélez, R. **La defense contra incêndios forestales: fundamentos y experiencias**. Editora McGraw Hill, Madrid, Espanha. 2000.
- Vicentini, K.R.C.F. **Análise palinológica de uma vereda em Cromínia-GO**. 1993. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Universidade de Brasília.