

## Ocorrência de focos de queimadas na Região do Mosaico da Mantiqueira em função da cobertura vegetal e gradiente de altitude

Joana Messias Pereira Nogueira <sup>1</sup>  
Geraldo de Carvalho Neto <sup>1</sup>  
Nelly Marie-Claire Leblond <sup>2</sup>  
Leandro Pacerini Moreno <sup>1</sup>  
João Paulo Rodrigues Alves Delfino Barbosa <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Ecofisiologia Vegetal - Universidade Federal de Lavras - UFLA  
Caixa Postal 3037 - CEP 37200-000 - Lavras, MG  
joana@cbiologicas.ufla.br, gcn\_resende@yahoo.com.br, acheioleandro@gmail.com,  
jp.barbosa@dbi.ufla.br

<sup>2</sup> Institut de recherche pour le developpement - IRD UR060/DREAM, CEFE - CNRS 1919  
Route de Mende - F34293 Montpellier, France  
nelly.leblond@ens.fr

**Abstract.** This paper is a first step towards the analysis of the distribution of remote-sensing detected fires in regard to altitude and tree cover density in the region of the Mosaic of Mantiqueira. This region belongs to the Atlantic Forest ecosystem and is characterized by strong topographic variations and a diversity of land use and land cover. The southern lowlands are mainly urban and agricultural lands, while the northern rangelands are occupied by crops and pastures, and the central upper lands are covered by a complex association of forests and natural grasslands. The distribution of remote sensed fires (ATSR1, ATSR2, NOAA, BAE-GLOBCARBON, BAE-L3JRC) in regard to the altitude (SRTM4.1), lead to partition of the study region in three classes with distinct land cover matrix according to the GLC2000. The class < 800 m accounted for more than half of the detected fires, mainly occurring in low-tree cover areas and probably related to agricultural fire management. The class between 800 m and 1500 m is characterized by fires in open lands (tree density <60% according to FRA 2000), while the third class (>1500 m) concentrates high number of fires in forested surfaces (tree density between 60 and 80%). Though the fire causes still need further investigation, these results bring light to the understanding of the socio-ecological matrix and resulting impacts on ecosystems functions within which fires are embedded.

**Palavras-chave:** Atlantic Forest, fire regime, conservation units, Mata Atlântica, regime de fogo, unidades de conservação

### 1. Introdução

A queima da biomassa de cobertura do solo é uma prática freqüente de agropecuaristas em regiões tropicais, que juntamente com o desmatamento contribuem diretamente nos fluxos de vários gases entre a atmosfera e a biosfera, mas especialmente o dióxido de carbono e o vapor de água (Rivera-Lombardi, 2003). Do total de eventos observados a cada ano, as regiões tropicais são responsáveis pela maior parcela (Hao and Liu, 1994; Dwyer et al., 2000), contribuindo para isto a presença de extensas áreas verdes e a utilização de práticas rudimentares de uso do solo. Devido à intensa atividade antrópica na região sudeste do Brasil, representada também pelo intenso progresso do setor industrial, diferentes ecossistemas têm sofrido com os avanços de fronteiras agrícolas e com o uso insustentável do solo, alcançando áreas próximas às Unidades de Conservação (UC) de domínios importantes, como as UCs da Mata Atlântica.

A Mata Atlântica, na região fronteira entre os estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais, apresenta uma rede de fragmentos remanescentes registrados na portaria nº 351 de 11 de dezembro de 2006 pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2006), compondo o mosaico de UCs da Serra da Mantiqueira (Mosaico da Mantiqueira, 2010). Essas UCs representam o fornecimento de importantes serviços ambientais em nível regional,

especialmente por serem refúgios para a conservação da biodiversidade e para a manutenção dos fluxos de energia e massa entre os meios biótico e abiótico, que também garantem a manutenção de recursos hídricos para a América do Sul, por abrigar grande parte das nascentes que formam os rios da Bacia do Rio da Prata.

Diante de variações de altitude, com desníveis de mais de 2.000 metros (CEPF, 2001), a Região do Mosaico da Mantiqueira (RMM) contempla áreas de Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Semidecídua, Campos de Altitude e Campos rupestres, inseridas em uma matriz de uso da terra, onde se destacam atividades agrosilvipastoris em pequenas e médias propriedades rurais, além de um intenso e contínuo processo de urbanização com crescente número de indústrias em seu entorno e interior (Mosaico da Mantiqueira, 2010).

Diante da heterogeneidade da cobertura e do uso da terra desta região e a sua importância sócio-econômica e ambiental, objetivou-se estudar a relação entre a ocorrência de queimadas com a altitude e cobertura vegetal na Região do Mosaico da Mantiqueira. Para isso, utilizou-se uma abordagem baseada em dois bancos de dados de vegetação disponibilizados pela FAO (*Food and Agriculture Organization*) para a densidade e cobertura vegetal, e um banco de dados de altitude disponibilizado pelo CIAT (*Centre for Tropical Agriculture*), associados a cinco diferentes produtos de sensoriamento remoto de detecção de queimadas. Com este estudo, espera-se fornecer subsídios para políticas ambientais que permitam adotar estratégias para o monitoramento, manejo e o combate a queimadas que ameaçam as UCs dessa região.

## 2. Material e métodos

### 2.1. Área de estudo

A Região do Mosaico da Mantiqueira (RMM) (Figura 1) é composta atualmente por 16 UCs públicas e três reservas privadas (RPPN), em aproximadamente 750 mil hectares, as quais são gerenciadas pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), vinculado ao Ministério do Meio Ambiente. A região é caracterizada por apresentar uma complexa rede de remanescentes florestais entre grandes fragmentos de Mata Atlântica, abrangendo aqui 46 municípios nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro.

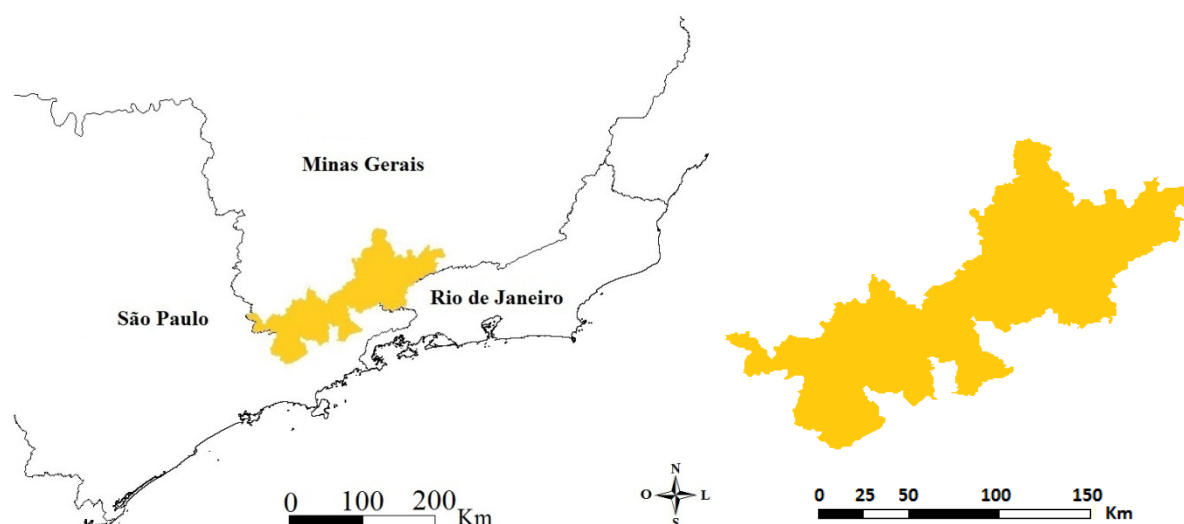


Figura 1: Localização da área de estudo (polígono amarelo).

### 2.2- Análises

Foi utilizado o banco de dados SRTM 4.1 (*Shuttle Radar Topography Mission*) disponibilizado pelo *Centre for Tropical Agriculture* (CIAT) em uma proposta de classificação da RMM em três classes de gradientes altimétricos distintos (Figura 2 e Tabela 1). A partir desta

classificação, foi possível verificar a ocorrência de queimadas em função da altitude, dentro de uma variação de 100 metros, empregando-se o software livre R.

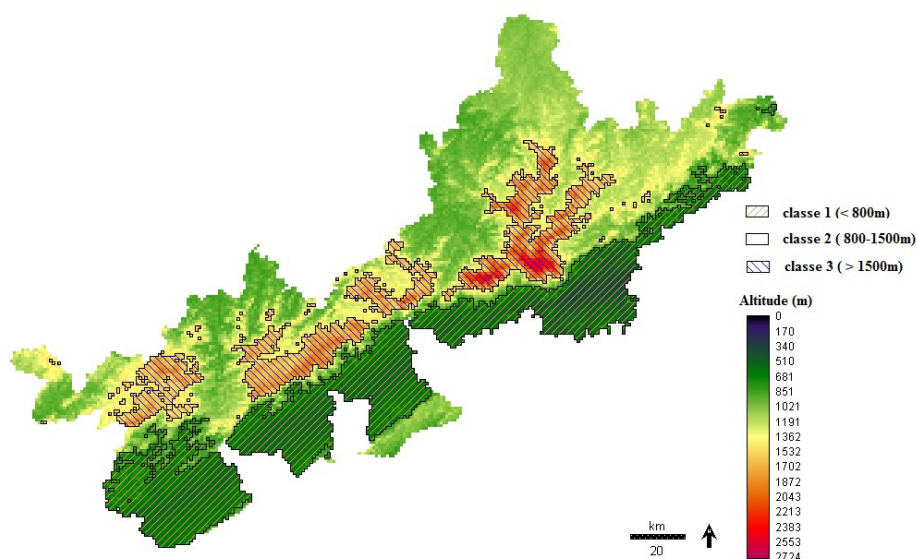


Figura 2: Mapa da classificação altimétrica da RMM de acordo com o banco de dados SRTM 4.1 (*Shuttle Radar Topography Mission*).

Tabela 1: Caracterização das classes altimétricas (1, 2 e 3) da RMM.

Classe	Gradiente altimétrico (m)	Descrição
1	<800	Localizada majoritariamente no estado de São Paulo é caracterizada por intensa dinâmica de cultivo do solo e pela presença de grandes áreas metropolitanas; cerca de 70% da área se encontra ocupada por terrenos agricultáveis e menos de 8% de sua superfície apresenta fragmentos florestais de acordo com o banco de dados de cobertura vegetal GLC2000.
2	800 a 1500	Corresponde a região do sul de Minas Gerais, onde a matriz agrossilvipastoril de produção é cercada por importantes fragmentos florestais e formações montanhosas.
3	>1500	Concentra parte do Corredor Central da Mata Atlântica (CCMA) (Brasil, 2006), apresentando mais de 60% da área com complexa formação florestal e 15% de sua superfície com Campos Rupestres (Magalhães, 1966) e Campos de Altitude (Ferri, 1980).

Em relação à classificação vegetal, utilizou-se o banco de dados GLC2000 (*Global Land Cover, 2000*) para a cobertura vegetal (Figura 3) e o FRA2000 (*Forest Resource Assessment, 2000*) para a densidade florestal, no qual foram definidas cinco classes distintas (0-20%; 21-40%; 41-60%; 61-80%; 80-100%). Estes dois bancos de dados são disponibilizados gratuitamente pela FAO (*Food and Agriculture Organization*).

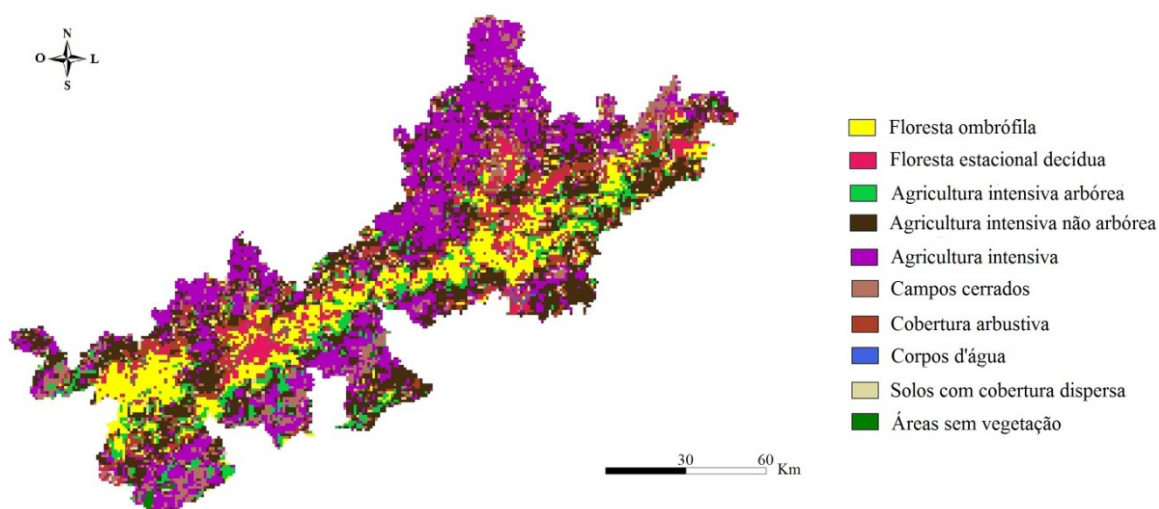


Figura 3: Mapa de classificação da cobertura vegetal na RMM de acordo com o banco de dados GLC2000.

### 2.3 Sensoriamento Remoto para detecção de focos de queimadas

Na avaliação quantitativa da ocorrência de queimadas, foram utilizados cinco produtos de teledetecção, *Burnt Área Estimation Global Carbon Project* (BAE-GCP) (*Global Carbon Project*, 2010), *Burnt Área Product Global VGT* (BAE-L3JRC), sensores 1 e 2 de *Along Track Scanning Radiometer* (ATSR), e os sensores 12, 14, 15, 16 e 17 do *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), compreendendo 1Km<sup>2</sup> de resolução. As escalas temporais são 1999-2007 (BAE-GCP), 2000-2006 (BAE-L3JRC), 1997-2009 (ATSR 1 e 2), disponibilizados pela ESA (*European Space Agency*) e 2000-2009 (NOAA), administrado pelo *National Environmental Satellite and Information Service* (NESDIS) e pelo *National Aeronautics and Space Administration* (NASA).

Como os mecanismos de teledetecção são realizados de maneira distinta de acordo com os respectivos sensores embarcados, empregou-se uma série temporal única de 13 anos (1997 a 2009), com a finalidade de captar todos os *pixels* com focos de queimadas (Figura 4) na RMM. Sendo assim, a série temporal foi definida pela frequência de focos por *pixel* [F (*i,j*)] descrita pela Equação 1, em que *j* apresenta os valores mínimo de 1 e máximo de 5 (número de produtos de teledetecção), e a variável *n* representando o intervalo de tempo (anos).

$$F_{(i,j)} = \frac{\sum_i^j \text{número de focos}}{n} \quad (1)$$

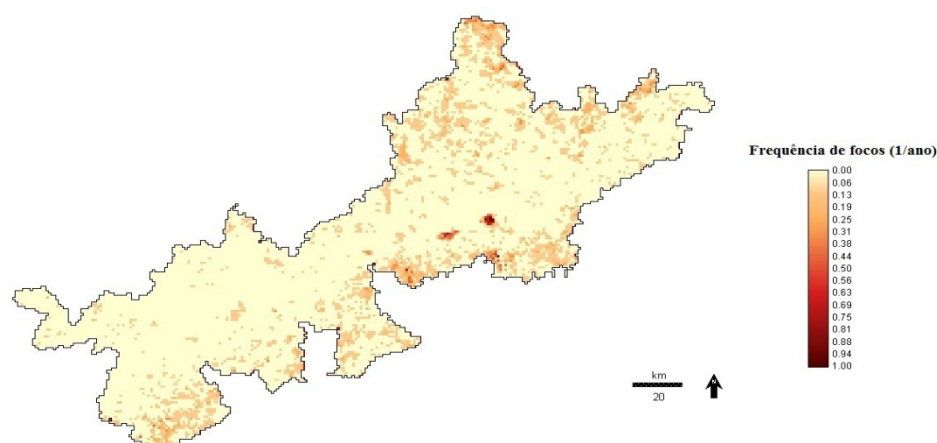


Figura 4: Mapa de frequência de queimadas na RMM na série 1997-2009 através de cinco produtos de sensoriamento remoto (BAE-GCP, BAE-L3JRC, ATSR 1 e 2, NOAA).

### 3. Resultados e Discussões

#### 3.1 Ocorrência de focos de queimadas em função da altitude

Ao se realizar a distribuição da ocorrência de queimadas em função da altitude na RMM, no período de 1997 a 2009, observou-se a ocorrência de aproximadamente 51% dos focos na classe 1, cerca de 34% dos focos na classe 2 e os restantes 15% na classe 3 (Figura 5).

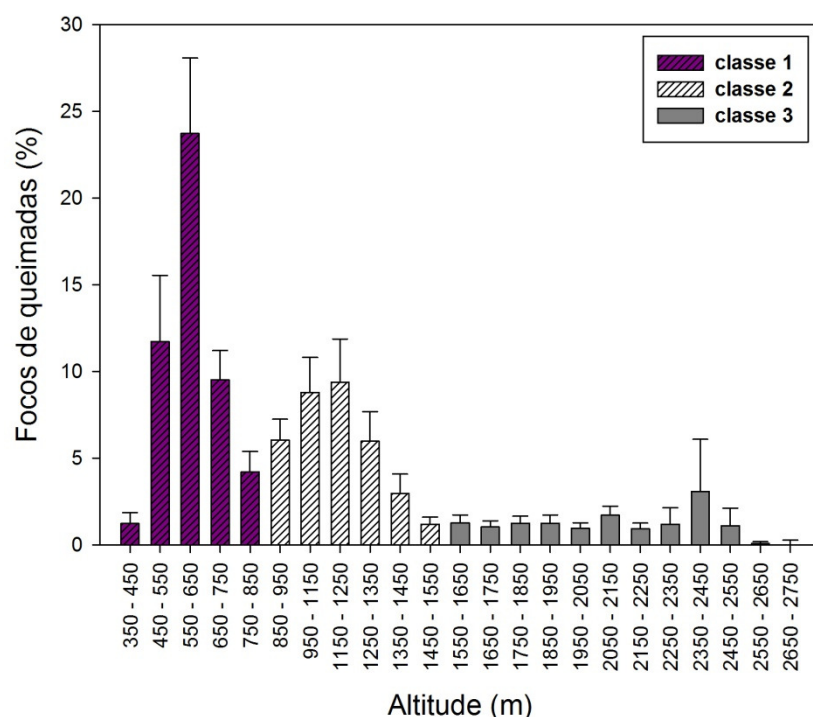


Figura 5: Distribuição percentual média de focos de queimadas nas classes de altitude (1, 2 e 3) na RMM no período de 1997 a 2009. As barras de erro representam o desvio padrão da média.

A maior ocorrência de focos de queimadas (85%) está concentrada em áreas de baixa altitude da RMM (classes 1 e 2), pois encontram-se próximas a malha rodoviária, onde o acesso de pessoas e veículos aumentam o risco de queimadas às florestas, devido a vários

fatores, como incêndios criminosos, práticas de cultos religiosos, incêndios causados por cigarros, práticas de pequenas fogueiras, além de outras ocorrências (Ferraz e Vettorazzi, 1998; RisQue, 1998) como a demanda do rápido, crescente e contínuo desenvolvimento econômico agro-industrial na região.

### 3.2 Ocorrência de focos de queimadas em função da cobertura vegetal

Ao se avaliar a distribuição de focos de queimadas em função da cobertura vegetal, para cada classe de altitude estudada, verificou-se que as maiores porcentagens de focos de queimadas (de 60 a 80%) ocorrem nas baixas densidades vegetais (0 a 20%) para as classes 1 e 2, e em altas densidades (de 61 a 80%) para a classe 3 (Figura 6).

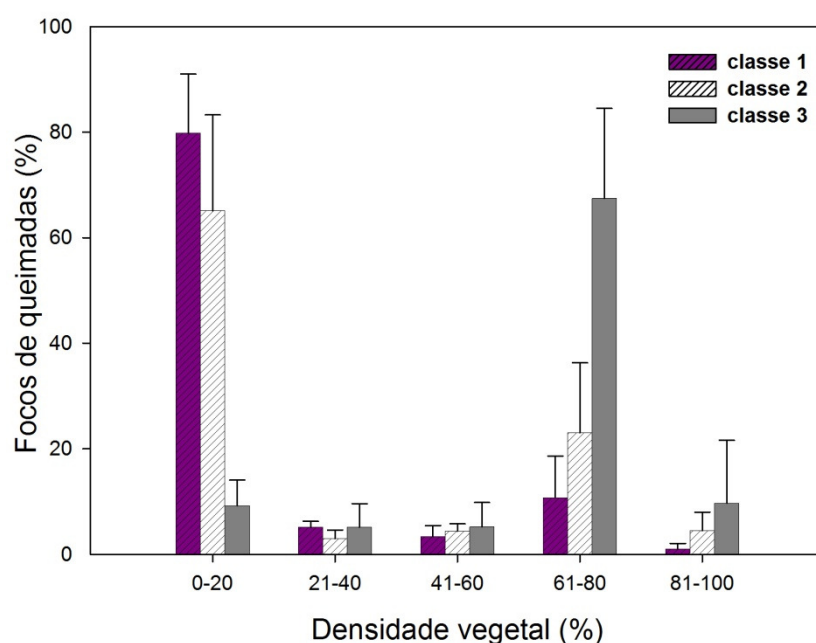


Figura 6: Distribuição percentual média de focos de queimadas nas três classes de altitude (1, 2 e 3) em função da densidade vegetal (%) na RMM no período de 1997 a 2009. As barras de erro representam o desvio padrão da média.

As elevadas ocorrências de focos de queimadas nas classes 1 e 2, com menores altitudes e densidade vegetal podem estar associadas ao uso do solo para o desenvolvimento urbano-industrial e agropecuário, os quais exigem atividades muito intensas e se concentram no Vale do Paraíba. Já os focos detectados em maiores altitudes e coberturas vegetais (classe 3) podem estar relacionadas com o manejo inadequado das queimadas agrícolas ou a queimadas não controladas (incêndios) que atingem fragmentos florestais, demonstrando ser uma classe mais vulnerável a ocorrência do fogo por espalhamento natural, a qual é fundamental para áreas de campos rupestres, pois influencia o ciclo de nutrientes minerais, acelerando a velocidade de remineralização da biomassa e da transferência de nutrientes (Coutinho, 1978). Além disso, suas características edafoclimáticas contribuem para um ciclo de maior acúmulo de matéria orgânica favorável aos eventos de ignição e espalhamento do fogo que nas outras classes em estudo.

Diante destas análises, verificou-se que o fogo influencia a diversidade e a dinâmica dos ecossistemas, mas não é um efeito isolado, pois resulta de uma complexa matriz de interação espaço-temporal com os fatores ambientais, como a altitude, a cobertura vegetal e a fatores antrópicos fundamentais no regime de queimadas na Região do Mosaico da Mantiqueira.



#### 4. Conclusões

Esses resultados destacam a necessidade de estudos que visem investigar mais a fundo as causas e os impactos da ocorrência de queimadas na região do Mosaico da Mantiqueira, com enfoque na matriz sócio-ecológica, em que o fogo se associa ao funcionamento e dinâmica dos ecossistemas e a aspectos econômicos e culturais da região. Dessa forma, será possível fornecer informações importantes para o estabelecimento de um sistema de monitoramento dinâmico, capaz de processar dados de produtos globais de sensoriamento remoto em uma base contínua de análise e associá-los a informações de campo, para minimizar erros e proporcionar maior confiabilidade e validação das ferramentas de sensoriamento. Com isso será possível fornecer subsídios a medidas político-administrativas mais compatíveis com a Região do Mosaico da Mantiqueira, realizando ações de fiscalização quanto ao uso sustentável do solo e o combate aos incêndios em suas unidades de conservação, as quais cumprirão efetivamente a função de proteger a biodiversidade local e seus atributos ambientais tão ameaçados.

#### 5. Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido com o apoio do Projeto CLARIS LPB (A Europe-South America Network for Climate Change Assessment and Impact Studies in La Plata Basin - European Community's Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013) Grant Agreement N° 212492).

#### 6. Referências Bibliográficas

- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. O corredor central da mata atlântica: uma escala de conservação da biodiversidade. Ministério do Meio Ambiente, Conservação Internacional e Fundação SOS Mata Atlântica. Brasília: **Ministério do Meio Ambiente**; Conservação Internacional, 2006.
- CEPF. **Critical Ecosystem Partnership Fund**. Ecosystem profile: Atlantic Forest biodiversity hotspot. Brazil. Final version. December 11, 2001.
- Coutinho, L.M. O Conceito de Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v.1, p.17-23, 1978.
- Dwyer, E.; Pinnock, S.; Grégoire, J.M.; Pereira, J.M.C. Global spatial and temporal distribution of vegetation fire as determined from satellite information. **International Journal of Remote Sensing**, v. 21, 1289–1302, 2000.
- ESA. European Space Agency. Disponível em: <<http://earth.eo.esa.int/pcs/ers/ra/>>. Acesso em: 18.out.2010.
- Eva H.D., de Miranda E.E., Di Bella V. Gond O. Huber et al., 2003- A vegetation map of south america. European commission, joint research center. EUR 20159 EN
- FRA. Forest Resource Assesment. Disponível em: < <http://www.fao.org/forestry/fra/en/>>. Acesso em: 12.out.2010.
- Ferraz, S.F.B.; Vettorazzi, C. A. mapeamento de riscos florestais por meio de sistemas de informação geográfica (SIG). **Scientia Forestalis**. n. 53, pg. 39-48, jun., 1998.
- Ferri, M. G. Vegetação Brasileira. São Paulo, 1ªed. **Ed. USP**, 157p., 1980.
- Global Carbon Project. Disponível em: < <http://www.globalcarbonproject.org/about/index.htm>>. Acesso em: 15.out.2010.
- Global Land Cover, 2000. Disponível em: Hao, W.M.; Liu, M.H. Spatial and temporal distribution of tropical biomass burning. **Global Biogeochemical Cycles**, 8(4): 495-503, 1994.
- Magalhães, G. M. Sobre os cerrados de Minas Gerais. **Anais da Acad. Brasileira Ciências**, Rio de Janeiro, V.38, p. 59 - 70. 1966.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. 2006. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/sitio/>>. Acesso em: 19.out.2010.
- Mosaico da Mantiqueira. Disponível em: <<http://www.mosaicomantiqueira.org.br/site/>>. Acesso em: 15.out.2010.
- NOAA. National Oceanic & Atmospheric Administration. Disponível em: <<http://www.noaa.gov>>. Acesso em: 12.out.2010.
- Risque98. Mapa de risco de incêndios florestais e queimadas agrícolas na Amazônia Brasileira para o segundo semestre de 1998. pg.27, Belém, jul., 1998.
- Rivera-Lombardi, R. J. Estudo da recorrência de queimadas e permanência de cicatrizes do fogo em áreas selecionadas do cerrado brasileiro, utilizando imagens TM/Landsat / R. J. Rivera- Lombardi. – São José dos Campos: **INPE**, 2003. 172p. – (INPE-12663-TDI/1006).

R Development Core Team (2008). R: A language and environment for statistical computing R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 20.out.2010

SRTM 4.1 (*Shuttle Radar Topography Mission*). Disponível em: <<http://srtm.csi.cgiar.org>>. Acesso em: 26.set.2010.