

Análise dos padrões da vegetação e da precipitação no Parque Nacional do Caparaó entre 2001 e 2014

Rosane Gomes da Silva¹
Kaíse Barbosa de Souza¹
Telma Machado de Oliveira Peluzio^{1,2}
Ronie Silva Juvanhol¹
João Batista Esteves Peluzio²
Alexandre Rosa dos Santos¹

¹ Universidade Federal do Espírito Santo - UFES/PPGCFL
Caixa postal 16 - 29550-000, Jerônimo Monteiro, ES, Brasil
{rosanegomes.eaa, roniejuvanhol}@gmail.com, tmpeluzio@hotmail.com, {kaisesouza172, mundogeomatica}@yahoo.com.br

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo- Ifes/campus de Alegre Caixa Postal 47 - Rive, Alegre - ES, Brasil
jbpeluzio@gmail.com

Abstract. Climate variations are main change agent in vegetation dynamics, and the precipitation is one of factors that affect in different ways their growth according to the intensity, duration and distribution. Detection of disturbances in weather patterns, could mean the alteration of natural landscapes in a given area and in its benefits. In this context, the objective of this study was to identify anomalies in behavior patterns of vegetation and precipitation using of remote sensing time series in Caparaó National Park, and its relations to the occurrence of La Niña and El Niño events. Anomalies time series were generated for EVI and NDVI indices of the MODIS sensor and TRMM satellite precipitation between 2001 and 2014. There was a standard of anomaly peaks wich positive and negative values in all series, except for the day 2005/12/03 for NDVI, wich the value was -0.28, extremely out of the patterns found in the NDVI time serie. This can be explained by the El Niño occurrence, low intensity between 2005 and 2006, which results in impacts to the study area in mid-December and January. The use of remote sensing time series is suitable for the study of behavior patterns of vegetation and rainfall. However, in case of maximum pixel composition images, anomalies will be observed if its persistence corresponds the period considered for obtaining of image.

Palavras-chave: anomaly, vegetation index, MODIS, TRMM, anomalia, índice de vegetação.

1. Introdução

As variações climáticas constituem o principal agente de alterações na dinâmica da vegetação, por meio da diminuição na taxa fotossintética (Smith et al., 2014), mudanças nos intervalos ecológicos de árvores (Chumura et al., 2011) e mudanças de regime (McClachlan et al., 2014). Dentre os fatores climáticos, a precipitação pode afetar de formas diferentes o crescimento da vegetação de acordo com sua intensidade, duração e distribuição. A precipitação com baixa duração e alta intensidade, por exemplo, gera escoamento superficial e drenagem rápida pelos córregos, deixando pouca água disponível para a vegetação (Duan e Bastiaanssen; 2013).

Com o uso de séries multi-temporais de imagens de satélite é possível estudar os padrões de comportamento de diferentes alvos na superfície e, assim, identificar perturbações e suas possíveis causas. Séries temporais de contínua observação da Terra baseadas em estimativas de vegetação têm melhorado significativamente a compreensão das variações intra e interanuais na vegetação em escala global (Fensholt et al., 2013). Perturbações nos padrões climáticos são normalmente originárias de eventos anômalos, tais como os fenômenos El Niño e La Niña, conhecidos pela sua importante participação na variabilidade das condições meteorológicas, em especial no regime de nebulosidade e de precipitação pluvial, que por consequência afetam a vegetação (Steinmetz et al., 2004).

O fenômeno climático El Niño é um evento não cíclico, caracterizado pelo aumento da temperatura superficial e sub-superficial das águas do Oceano Pacífico Equatorial. Tal anomalia influencia a interação oceano-atmosfera, cuja troca de energia e umidade é responsável pelo comportamento do clima, em escala regional e global. O fenômeno La Niña, é o episódio frio do Oceano Pacífico, caracterizado pela queda da temperatura superficial do mesmo, nas regiões equatorial e central. Esta diminuição, em média de 3,5°C, se dá numa estreita faixa de latitude, aproximadamente 10°, estendendo-se da costa do Peru até 180° de longitude (Rosembach et al., 2013).

Os ecossistemas naturais proporcionam uma série de benefícios, dentre eles a regulação climática, regulação de fluxos hidrológicos, sequestro e armazenamento de carbono, conservação da biodiversidade, ciclagem de nutrientes e beleza cênica (Costa, 2008). Os fenômenos El Niño e La Niña são cada vez mais recorrentes, e caso constatadas influências dos mesmos em determinada região, implica na alteração das paisagens naturais ali existentes e dos benefícios proporcionados por essas áreas.

Neste contexto insere-se o Parque Nacional do Caparaó (PARNA Caparaó), área protegida instituída por lei, com formação florestal Mata Atlântica, parte de um ecossistema natural frágil e carente de estudos relacionados ao comportamento temporal da vegetação ali existente e sua relação com mudanças na variabilidade climática.

O objetivo deste trabalho foi identificar anomalias nos padrões de comportamento da vegetação e da precipitação por meio de séries temporais de sensoriamento remoto, no Parque Nacional do Caparaó, assim como associá-las à ocorrência dos eventos La Niña e El Niño.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo abrange o PARNA Caparaó e a parte leste da sua zona de amortecimento, definida como uma faixa de 10 km de distância a partir dos limites do Parque, de acordo com seu plano de manejo. Localizada entre os paralelos 20°12' e 20°42' de latitude Sul e os meridianos 41°52' e 41°38' de longitude Oeste, corresponde a uma área de 970,01 km² (Figura 1), sendo aproximadamente 317,03 km² do PARNA Caparaó.

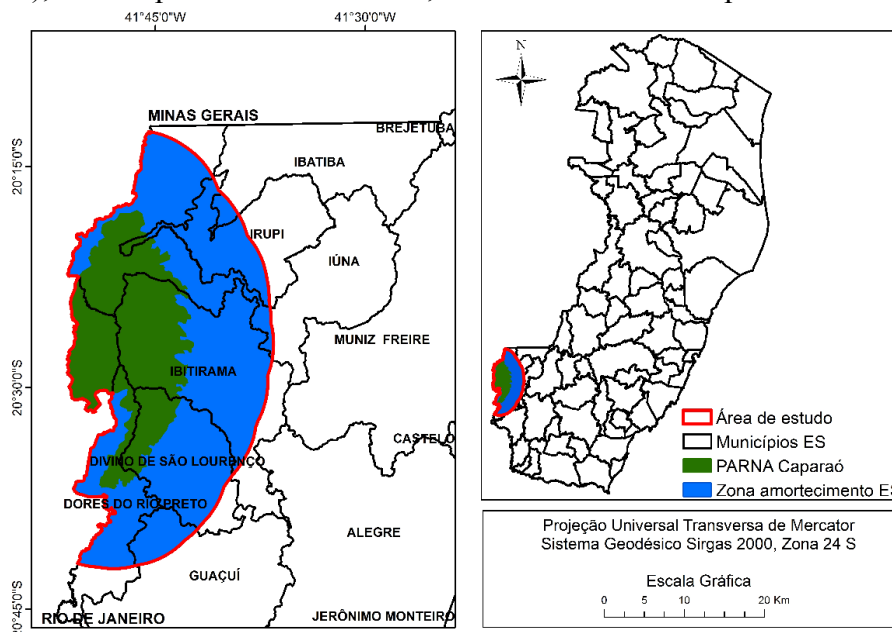


Figura 1. Localização da área de estudo.

O clima da região enquadra-se no tipo CwB, de acordo com a classificação de Köppen, caracterizado como clima tropical de altitude. A temperatura média anual varia entre 19 e

22°C, sendo as mínimas de -4°C nos picos mais altos do parque (Ibama, 1995). A pluviosidade média anual é de 1.400 mm, podendo chegar a 1.750 mm. As chuvas concentram-se no trimestre de novembro a janeiro, correspondendo de 35 a 50% das precipitações anuais. Entre junho e agosto encontram-se as menores médias anuais, embora este fator varie em consequência do relevo local (IBDF, 1981).

2.2 Dados e processamento

Foram utilizados dados de índices de vegetação *Enhanced Vegetation Index* (EVI) e *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) do produto MOD13Q1, sensor MODIS, satélite Terra, referentes ao quadrante h14v11, abrangendo a área apresentada na Figura 2. O período do estudo foi de 2001 a 2014, totalizando 322 imagens de satélite.

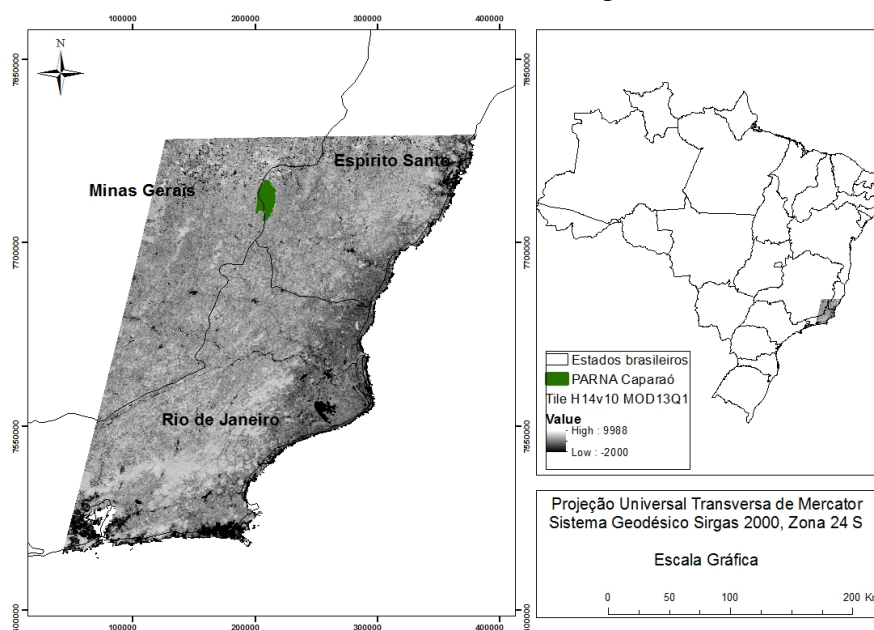


Figura 2. Área imageada pelo sensor MODIS, correspondente ao quadrante h14v11.

Foi utilizado o *software Modis Reprojection Tools* (MRT), para reprojeção e descompactação das imagens MODIS. Essas imagens foram recortadas tendo como base arquivo vetorial em formato *shape*, representativo da área de estudo, obtido do banco de dados do Geobases, e aplicando-se um *buffer* de 10 km, referente à zona de amortecimento do Parque no estado do Espírito Santo.

O produto MOD13Q1 é composto pelas seguintes imagens: NDVI, EVI, *VI Quality*, *Pixel Reliability* e as imagens de reflectância referentes às bandas utilizadas para geração do NDVI e EVI (Bandas 1, 2 e 3). As imagens NDVI e EVI são processadas a cada 16 dias, sendo a primeira a partir das bandas 1 e 2; e a segunda a partir das bandas 1, 2 e 3, referentes à reflectância nas faixas do vermelho, infravermelho próximo e azul, respectivamente.

Com o intuito de corrigir possíveis erros nas imagens de índices de vegetação, foram criadas máscaras das imagens de confiabilidade *Pixel reliability*, adotando o valor *NoData* para os valores a serem excluídos (-1, 2 e 3) e o valor 0 para os valores confiáveis (0 e 1). Esse procedimento não foi aplicado às imagens *VI Quality*, uma vez que as mesmas não acusaram pixels espúrios para a região de estudo. Cada máscara resultante foi somada às imagens NDVI e EVI da data correspondente, a fim de eliminar os pixels espúrios. Após essa etapa, foi criado um arquivo de série temporal para cada grupo de imagens, NDVI e EVI. Para preenchimento dos dados faltantes nas imagens representativas das séries temporais (Valores *NoData*, referentes aos pixels espúrios), foram utilizadas etapas sucessivas de interpolação.

Primeiramente, procedeu-se com a interpolação espacial, na qual os valores dos pixels são preenchidos de acordo com os valores médios dos pixels vizinhos. Então, utilizou-se o método de interpolação linear, no qual o preenchimento do valor do pixel baseia-se nos valores médios do mesmo pixel em imagens anteriores e posteriores à data a ser preenchida. Por fim, foi utilizado o método de interpolação por média temporal ou climatologia, na qual os valores em falta são preenchidos de acordo com uma mediana em longo prazo dos valores das imagens da série temporal.

Os dados de precipitação foram obtidos do satélite TRMM, produto 3B43, versão v7 e v6A (para as datas que não possuíam versão v7), abrangendo o período de 2001 a 2014. Tratando-se de dados mensais, foram obtidas 168 imagens referentes à precipitação, do quadrante selecionado conforme na Figura 3.

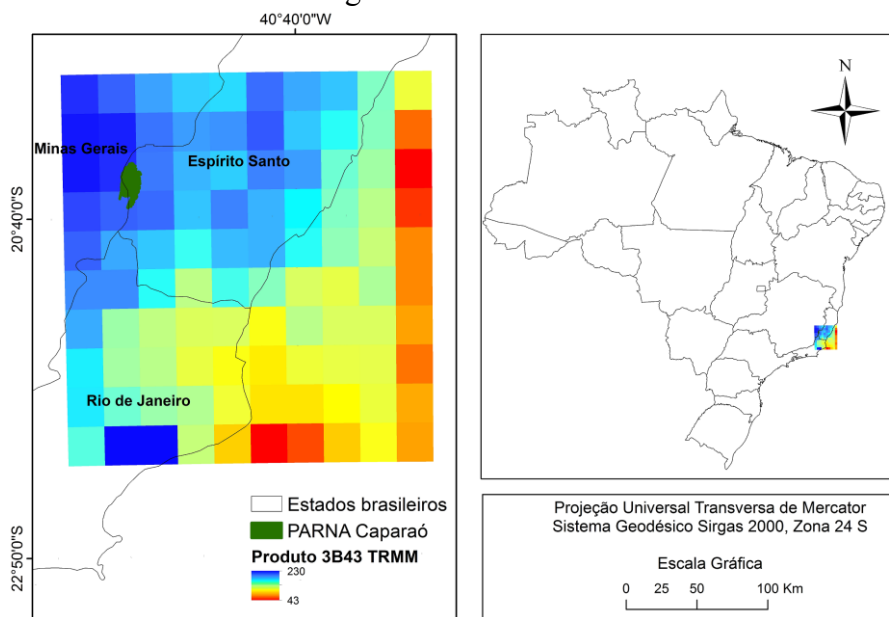


Figura 3. Quadrante selecionado para download das imagens TRMM.

De acordo com a NASA (2015), o algoritmo 3B43 tem como objetivo estimar a melhor taxa de precipitação em um mês, conforme o erro quadrado médio. Estas estimativas possuem uma resolução espacial em grade de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$, se estendendo de 50° de latitude Sul a 50° de latitude Norte, sendo resultante de uma combinação da fusão de alta qualidade de dados a cada 3 horas/IR com a precipitação acumulada mensal global do centro de climatologia (GPCC) com auxílio de pluviômetros. A taxa de precipitação média mensal é descrita em mm h^{-1} e para obtenção da precipitação acumulada mensal, em mm, foi necessária a multiplicação do valor disponibilizado pelo número de horas mensais.

Posteriormente, foi feita reamostragem dos pixels, para converter a resolução espacial para 250×250 m (resolução do sensor MODIS). As imagens foram reprojatadas para o sistema de referência SIRGAS 2000, zona 24 S e recortadas a partir do arquivo vetorial em formato *shape* representativo da área de estudo. Após foi elaborado o arquivo de série temporal.

Para detectar os padrões de comportamento fora da normalidade, característicos de eventos anômalos, como por exemplo os fenômenos climáticos El Niño e La Niña, foram geradas séries temporais de anomalias para os índices de vegetação, EVI e NDVI, e para a precipitação. O cálculo da anomalia foi realizado por meio da diferença entre a média dos dados para cada repetição e a média correspondente a todo o período, para cada série considerada.

No caso dos dados mensais, como os de precipitação, foi elaborada uma média de todos os meses de janeiro, de todos os meses de fevereiro e assim por diante. Sequencialmente, subtrai-se de cada valor encontrado, a média em longo prazo de cada mês. Exemplificando, a imagem de anomalia para janeiro de 2001, por exemplo, seria igual a janeiro de 2001 menos a média de todos os meses de janeiro, de 2001 a 2014. Para os dados de índices de vegetação, o procedimento é análogo, porém, considerando que os dados variaram de 16 em 16 dias.

3. Resultados e Discussão

Os perfis temporais gerados para as séries de anomalias podem ser visualizados por meio da Figura 4. Observa-se a variação dos valores em torno da média, caracterizada por um padrão de comportamento de picos com anomalia positiva e negativa para cada ano considerado.

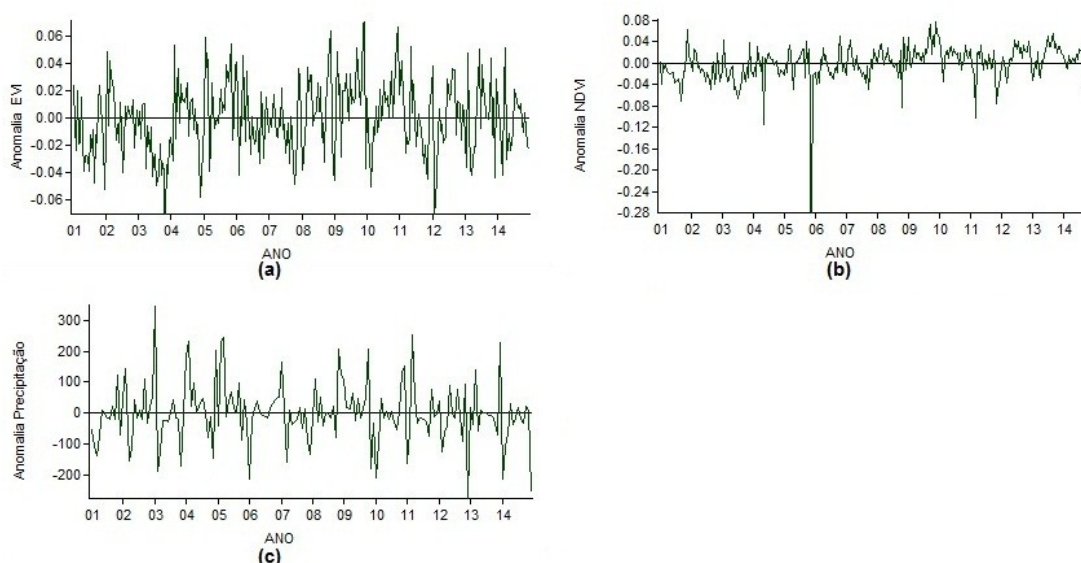


Figura 4. Perfis temporais das anomalias para: (a) EVI; (b) NDVI; (c) precipitação.

Para o EVI, as anomalias mantiveram um padrão de valores entre -0,06 e +0,06 em torno da média, havendo uma breve tendência de comportamento para fora dos padrões no final de 2003 e no início de 2012. Para a precipitação, o raciocínio é semelhante, com valores oscilando entre -300 e +300, e apenas uma diferenciação no final do ano de 2012.

A tabela 1 mostra as datas de ocorrência de fenômenos climáticos La Niña e El Niño, obtidas no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Tabela 1. Períodos de ocorrência dos fenômenos climáticos El Niño e La Niña

Período de ocorrência	Fenômeno climático
2002-2003	El Niño
2004-2005	El Niño
2006-2007	El Niño
2007-2008	La Niña
2009-2010	El Niño

Adaptado de: INPE, 2016.

O ano de 2003 foi marcado pela ocorrência de evento de El Niño. Porém, em 2012, não houve registros de eventos anômalos. Quanto aos dados de anomalias para o NDVI, é observável um padrão de comportamento ao longo do tempo, com valores entre -0,08 e +0,08 em torno da média, exceto para o período correspondente ao final do ano de 2005. Pode-se perceber, nesse período, um comportamento em que a anomalia chegou a um valor de 0,28 abaixo da média, extremamente fora dos padrões para anomalias negativas e positivas. Ao analisar as imagens na série temporal de anomalia do NDVI, constatou-se a evidência de anomalias fora do intervalo médio da série para o dia 03 de dezembro de 2005. Essa resposta pode ser visualizada na Figura 5, que mostra os valores de anomalia encontrados para cada pixel na área de estudo, na data considerada.

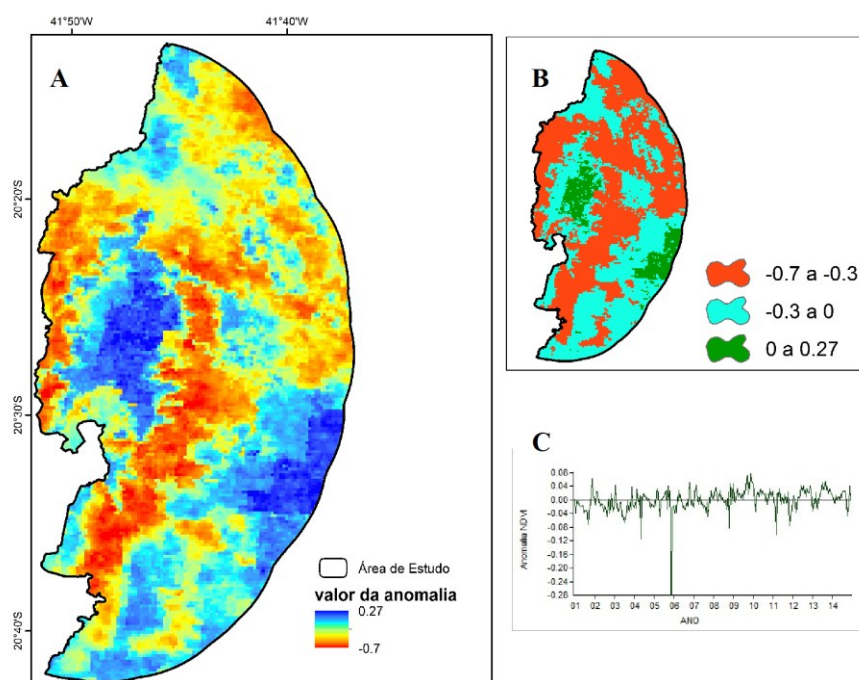


Figura 5. A) Mapa da anomalia do NDVI do dia 03/12/2005, B) mapa A reclassificado, com valores iguais a média da série em azul, acima da média em verde e abaixo da média, em vermelho e C) representação do perfil temporal da série de anomalia do NDVI.

Observa-se que os valores de anomalias negativas chegaram a -0,7, sendo a normalidade de no máximo -0,3 para as anomalias negativas das outras datas. É possível perceber ainda, que a maior parte da área apresentou anomalias negativas de -0,3 a -0,7, valores abaixo da média geral do restante da série. Além disso, uma menor parte da área apresentou anomalias positivas, que chegaram a um valor máximo de 0,27.

No período estudado, não foi registrada ocorrência de El Niño de forte intensidade, porém, nos anos de 2005 e 2006 houve registro de El Niño de intensidade fraca, em que os impactos para a região de estudo ocorreram em meados de dezembro e janeiro. Contudo, deve-se considerar que dados de NDVI de máxima composição de pixels num período de 16 dias, não são os mais favoráveis à detecção da ocorrência de anomalias negativas, salvo os casos em que há persistência de valores muito baixos no período.

4. Conclusões

A utilização de séries temporais de sensoriamento remoto é adequada para o estudo dos padrões de comportamento da vegetação e precipitação pluviométrica.

Anomalias ocasionadas pela presença de eventos como El Niño e La Niña podem ser observadas em imagens de máxima composição de pixel, desde que a persistência das mesmas corresponda ao período mínimo de obtenção das imagens.

Agradecimentos

À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), à Fundação de Amparo a Pesquisa do Espírito Santo (FAPES), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes) e ao grupo de pesquisa *Geotechnology Applied to Global Environment* (GAGEN).

Referências Bibliográficas

Chumura, D.J.; Anderson, P.D.; Howe, G.T.; Harrington, C.A.; Halofsky, J.E.; Peterson, D.L. Forest responses to climate change in the northwestern United States: Ecophysiological foundations adaptive management. **Forest Ecology and Management**, v. 261, p. 1121-1142, 2011.

Costa, R.C. **Pagamento por serviços ambientais: limites e oportunidades para o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar na Amazônia brasileira**. 2008. Tese (doutorado em ciência ambiental)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

Duan, Z., Bastiaanssen, W.G.M. First results from Version 7 TRMM 3B43 precipitation product in combination with a new downscaling-calibration procedure. **Remote sensing of environment**. v. 131, p. 1-13, 2013.

Fensholt, R.; Rasmussen, K.; Kaspersen, P.; Huber, S.; Horion, S.; Swinnen, E. Assessing land degradation/recovery in the African Sahel from long-term earth observation based primary productivity and precipitation relationships. **Remote Sensing**. v. 5, 664-686, 2013.

Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF). **Plano de Manejo para o Parque Nacional do Caparaó**. Brasília: Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza, 1981. 139p. (Doc. Tec. n. 8.)

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. IBAMA. **Roteiro metodológico para a elaboração de planos de ação para implementação e gerenciamento de unidades de conservação de uso indireto**. Brasília: IBAMADIREC, 1993. 24 p.

Mclauchlan, K.; Higuera, P.E.; Gavin, D.G.; Perakis, S.S.; Mack, M.C.; Alexander, H. Reconstructing disturbances and their biogeochemical consequences over multiple timescales. **BioScience**, v. 64, n. 2, p. 105-116, 2014.

Rosemback, R., Ferreira, N.J., Shimabukuro, Y.E., Conforte, J.C. Análise da dinâmica da cobertura vegetal na região sul do Brasil a partir de dados MODIS/TERRA. **Revista Brasileira de Cartografia**, p. 62, 2013.

Smith, A.M.S.; Kolden, C.A.; Tinkham, W.T.; Talhelm, A.F.; Marshall, J.D.; Hudak, A.T.; Boschetti, L., Falkowski, M.J.; Greenberg, J.A.; Anderson, J.W.; Kliskey, A.; Alessa, L.; Keefe, R.F.; Gosz, J.R. Remote sensing the vulnerability of vegetation in natural terrestrial ecosystems. **Remote sensing of environment**. v. 154, p. 322-337, 2014.

Steinmentz, S. Influência do clima na cultura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul. In: Gomes, A. S., Magalhães Junior, A. M. de. (Org.) **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2004, 899 p.