

Discriminação de sistemas de produção da pecuária por meio de séries temporais de EVI

Danilo Miguel Agostinho^{1,2}
Sandra Furlan Nogueira²
Célia Regina Grego²
Gustavo Bayma-Silva²
Roberto Giolo de Almeida³
Manuel Cláudio Motta Macedo³

¹ Universidade Estadual de Campinas
Cidade Universitária Zeferino Vaz – 13083-970 – Campinas – SP, Brasil
danilo.agostinho@colaborador.embrapa.br

² Embrapa Monitoramento por Satélite
Av. Soldado Passarinho, 303 – 13070-115- Campinas - SP, Brasil
{sandra.nogueira, celia.grego, gustavo.bayma}@embrapa.br

³ Embrapa Gado de Corte
Av. Rádio Maia, 830 – 79106-550- Campo Grande - MS, Brasil
{roberto.giolo, Manuel.macedo}@embrapa.br

Abstract. The aim of this study was to evaluate the Enhanced Vegetation Index (EVI) variation between crop-livestock integration (iLP) and extensive (EXT) systems, as well as between crop-forest-livestock integration systems (iLPF) with 14 and 22 m of trees spacing. For EVI values extraction from each production system, 33 images were used between April 2013 and October 2016, 24 in dry periods, between April and September, and 9 in rainy periods, between October and March. For iLP x EXT, in the rainy periods a difference between 8 of the 9 evaluated dates (88.9%) was observed. In 7 of these 8 dates, the iLP presented higher EVI values than the EXT (87.5%). In the dry periods, the difference occurred in 18 of the 24 dates (75%). In 10 of the 18 dates, the iLP presented mean values of EVI greater than the EXT (55.6%). For iLP14 x iLPF22, rainfall periods differed in 7 of the 9 dates (77.8%). Of the 7 dates, in 4 of them, the iLPF14 had EVI values higher than the iLPF22 (57.1%). In dry periods, the difference occurred in 22 of the 24 dates (91.6%). Of the 22 dates, in 19 of them, the iLPF14 had EVI values higher than the iLPF22 (86.4%). In the whole period, discrimination between the iLP x EXT and iLPF14 x iLPF22 systems was observed in 78.8% and 87.9% of the analyzed dates, respectively.

Palavras-chave: livestock integrated systems, remote sensing, vegetation index, temporal series, sistemas integrados de pecuária, sensoriamento remoto, índice de vegetação, séries temporais

1. Introdução

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no Censo Agropecuário realizado em 2006, o Brasil apresentava aproximadamente 171 milhões de hectares de pastagens, entre naturais, plantadas degradadas, plantadas em boas condições e sistemas agroflorestais. Neste censo, os sistemas agroflorestais correspondiam a uma área de 8,3 milhões de hectares cultivadas com espécies florestais e também usadas para lavouras e pastoreio. As áreas totais de pastagens têm sido ocupadas por cerca de 215 milhões de cabeças de bovinos (IBGE, 2016).

Atualmente, existe uma grande preocupação nacional com o aumento da produção de carne sem que ocorra a expansão da pecuária para novas áreas. Esta preocupação se baseia em dois aspectos, na importância econômica do setor para a economia nacional e na repercussão internacional negativa de aumento da produção sobre áreas desflorestadas. É consenso entre pesquisadores e formuladores de políticas públicas (Plano ABC) que diante do cenário de elevada área de pastagens degradadas no país, cerca de 24 a 60% no bioma Cerrado (Andrade et al., 2016), e da introdução de novas tecnologias para o setor, como os sistemas integrados, o

aumento da produção de carne deve ocorrer necessariamente com o aumento da produtividade (e.g. aumento de produção por área).

Os sistemas agroflorestais, também conhecidos como sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF), no período de 2006 e 2016, passaram de 8,3 para 11,5 milhões de hectares. Antes as áreas de iLPF ocupavam cerca 4,5% da área total destinada à produção agropecuária, atualmente ocupam 9% (Embrapa, 2016). Essas informações foram, contudo, obtidas através de 7900 entrevistas em vários estados do país, podendo não compreender a totalidade das áreas ocupadas pelos sistemas integrados.

Desta forma, os autores acreditam que outras técnicas precisam ser implementadas para a obtenção de dados mais precisos e que contemplem todo o território nacional. O sensoriamento remoto apresenta-se como uma ferramenta viável para mapeamento e monitoramento em função de suas características, entre elas a cobertura da superfície terrestre de forma sistemática e ampla (Jensen, 2009). Entre as técnicas de sensoriamento remoto, a utilização de séries temporais para a análise da dinâmica da vegetação é utilizada em diversos estudos (Spanner et al., 1990; Huete et al., 2002; Baldi e Paruelo, 2008; Rosembach et al., 2010). A avaliação de series temporais minimizam variações causadas por fatores externos, servem como indicadores de crescimento vegetativo e mostram mudanças fenológicas.

Diante da necessidade de informações mais detalhadas sobre o comportamento espectral de sistemas pecuários, principalmente os integrados, este trabalho objetivou avaliar a variação do índice de vegetação EVI sob o efeito de manejos da pastagem (integração lavoura-pecuária (iLP) e extensivo), assim como sob o efeito de manejos integrados (iLPF com diferentes adensamentos de *Eucalyptus sp*) e verificar a possibilidade de discriminá-los através desta técnica em sensoriamento remoto.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de Estudo

A área de estudo localiza-se na Fazenda da Embrapa Gado de Corte, município de Campo Grande (MS). A fazenda situa-se no bioma Cerrado, com pluviosidade média anual de 1560 mm, temperatura média anual de 22,8°C e a classificação do clima, de acordo com Köppen e Geiger, é Clima temperado úmido com verão quente (Cfa) e Clima tropical com estação de seca de inverno (Aw).

Os dados pluviométricos no período de 01/04/2016 e 01/02/2016 foram obtidos da estação pluviométrica ID-02154005, próxima a área de estudo (Latitude 21°18'41'' e Longitude 53°57'25'') e disponíveis na plataforma HIDROWEB (<http://hidroweb.ana.gov.br>). A distribuição da precipitação ao longo do período avaliado pode ser observada em (Figura 1).

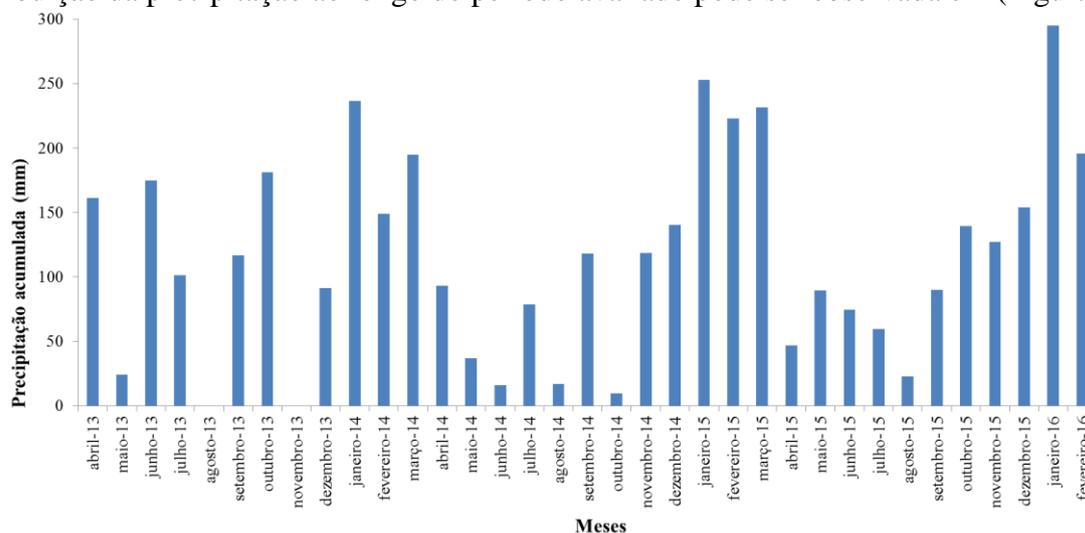


Figura 1. Distribuição da precipitação acumulada mensal

A área experimental avaliada apresenta quatro sistemas de produção, sendo: 1) extensivo (EXT); 2) integração lavoura-pecuária (iLP); 3) integração lavoura-pecuária-floresta com densidade de árvores de 227 árvores/ha, com espaçamento de 22x2 metros (iLPF22) (iLPF14); e 4) integração lavoura-pecuária-floresta com densidade de árvores de 357 árvores/ha e espaçamento de 14x2 metros (Figura 2). Os sistemas integrados foram cultivados com lavoura de soja no ano de 2012/2013 e receberam 75 kg de N/ha. Após a colheita da soja, receberam doses de 50 kg de N/ha nos anos de 2014 e 2015. O sistema extensivo não recebeu nenhuma adubação. Todos os sistemas são pastejados por bovinos de corte e de forma contínua. A composição de cobertura vegetal dos sistemas iLPF são *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã e *Eucalyptus* sp. O sistema iLP tem a mesma espécie de forragem e o sistema extensivo foi cultivado por *Brachiaria decumbens*.



Figura 2. Sistemas de produção da área de estudo localizada na Fazenda da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande (MS)

2.2 Obtenção e processamento das imagens orbitais

A seleção das imagens orbitais foi realizada na plataforma EarthExplorer (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) e o processamento (conversão para reflectância de superfície) e aquisição foi realizado por meio da plataforma ESPA (<http://espa.cr.usgs.gov/>), seguindo a proposta de Conceição et al. (2015). Foram utilizadas 33 imagens entre as datas de abril de 2013 a outubro de 2016, sendo 24 imagens na época denominada “seca”, entre abril e setembro, e 9 imagens na época denominada “chuva”, entre outubro e março, com cobertura de nuvens inferior a 10%, a partir do satélite Landsat 8, que utiliza os sensores *Operational Land Imager* (OLI) e *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) e resolução espacial de 30m (OLI) e 100m (TIRS) e possui 11 bandas radiométricas.

Para a extração dos valores de EVI as imagens foram empilhadas para que compusessem um único arquivo com múltiplas bandas, correspondentes à cada data disponível. Posteriormente, utilizando a Equação 1, efetuou-se o cálculo do EVI para todos os pixels compreendidos em cada sistema de produção a partir do software ENVI 4.5, gerando tabelas

contendo os sistemas de produção, as datas das imagens e os índices de vegetação EVI para cada pixel.

$$EVI=G\left(\frac{N-R}{N+C_1R-C_2B+L}\right) \quad (1)$$

onde N corresponde a banda do infravermelho próximo, R do vermelho, B do azul e as constantes $L = 1$, $C_1 = 6$, $C_2 = 7.5$ e $G = 2.5$ (Huete et al., 2002).

Objetivando a análise estatística dos dados, os valores de EVI foram agrupados em sistemas de produção por data da imagem, de acordo com os períodos sazonais definidos, “seca” (abril a setembro de 2013, 2014, 2015 e 2016) e “chuva” (outubro a março de 2013/14, 2014/15 e 2015/16) e considerando o período todo analisado. Testes estatísticos foram conduzidos para avaliar a diferença significativa dos valores de EVI entre as classes “iLP” e “EXT” e entre as classes “iLPF14” e “iLPF22” para cada data (imagem). Posteriormente procedeu-se com o cálculo de porcentagem de datas com discriminação entre os sistemas para os períodos completo, seca” e chuvas” e período todo.

3. Resultados e Discussão

A análise estatística conduzida pelo “teste-t” apontou a não normalidade dos dados, com isso o teste Mann-Whitney (“teste u”) foi utilizado para avaliar a diferença significativa a partir dos valores das medianas (StatSoft, 2014).

3.1 Avaliação dos sistemas de integração lavoura-pecuária (iLP) e sistema extensivo (EXT)

As séries temporais de valores de EVI para os sistemas iLP e EXT são apresentados na Figura 3.

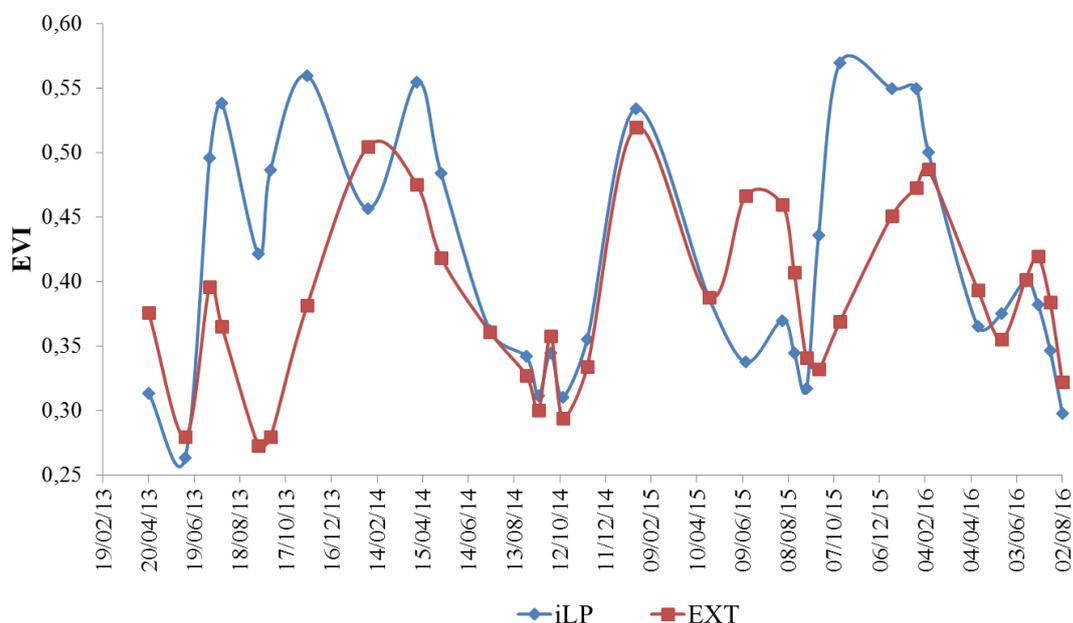


Figura 3. Valores de EVI em sistemas integrado e extensivo de produção de gado de corte

Nos períodos de chuva observou-se diferença significativa entre os sistemas iLP e EXT em 8 das 9 datas avaliadas (88,9%) (Figura 4). Em 7 destas 8 datas, o iLP apresentou valores médios de EVI superiores ao EXT (87,5%). Nos períodos de seca a diferença significativa ocorreu em 18 das 24 datas avaliadas (75%) (Figura 4). Em 10 destas 18 datas, o iLP apresentou valores

médios de EVI superiores ao EXT (55,6%). No período completo ocorreu diferença significativa entre as áreas de iLP e EXT em 78,8% das datas (Figura 4).

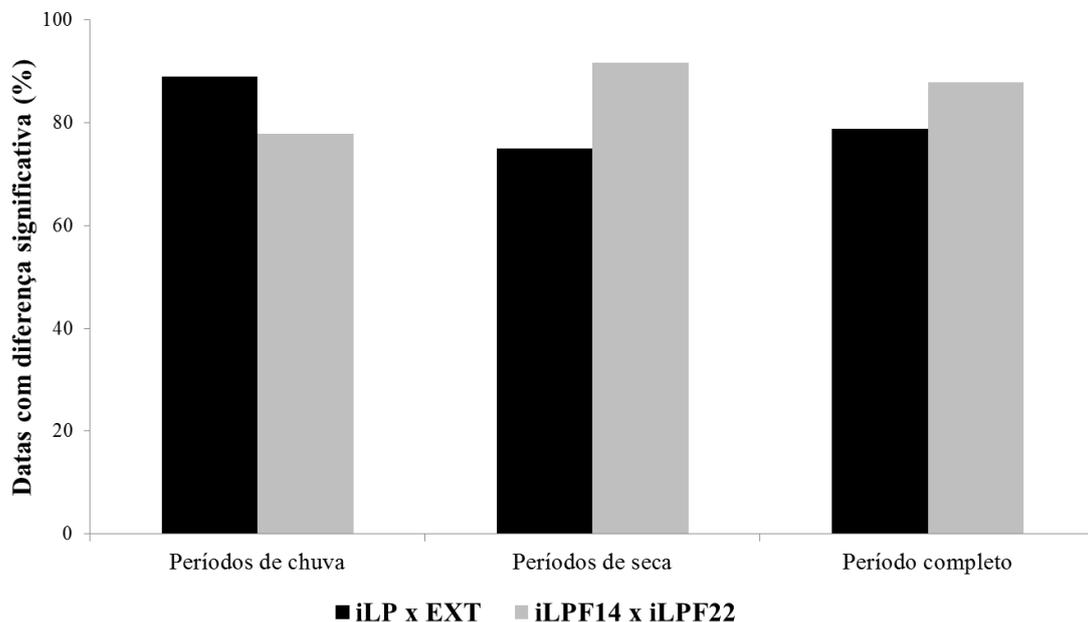


Figura 4. Percentual de datas com discriminação entre os sistemas de produção considerando o período completo, o período de chuvas e o período de seca.

Foi identificado que os sistemas de produção iLP e EXT se apresentam diferentes. O sistema iLP na maioria dos testes apresentou índice de vegetação superior ao EXT, isso indica que o manejo do solo das áreas de estudos pode ser uma das variáveis de diferenciação do EVI. Na maioria das vezes, sistemas mais produtivos podem ser diferenciados de sistemas menos produtivos, a partir do índice de vegetação (Conceição et al., 2016). No entanto em épocas de seca o sistema EXT apresentou 44,4% do índice de vegetação superior ao iLP, uma das explicações para essa ocorrência, é que a variedade *Brachiaria decumbens* apresenta maior resistência a seca e apresenta boa produtividade em solo de baixa fertilidade, segundo Botrel et al. (1998).

3.2. Avaliação dos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta

A Figura 5 apresenta as séries temporais de EVI dos sistemas iLPF14 e iLPF22 ao longo do período avaliado. Através de uma avaliação visual é possível observar que nos períodos de seca o sistema iLPF14 (mais adensado) apresenta maiores valores médios de EVI do que o sistema iLPF22 (menos adensado). Nos períodos de chuva, entre os anos 2013/2014 e 2015/2016, os valores médios de EVI dos sistemas foram semelhantes.

Nos períodos de chuva ocorreram diferença significativa entre os sistemas integrados em 7 das 9 datas analisados (77,8%) (Figura 4). Dessas 7 datas, em 4 delas o sistema iLPF14 apresentou maiores valores médios de EVI que o sistema iLPF22 (57,1%). Nos períodos de seca a diferença significativa entre os valores médios de EVI ocorreu em 22 das 24 datas analisadas (91,6%) (Figura 4). Dessas 22 em 19 delas o iLPF14 apresentou maior EVI que iLPF22 (86,4%). No período completo, observou-se discriminação entre os sistemas em 29 das 33 datas analisadas (87,9%) (Figura 4). Huete et al. (1999) e Huete et al. (2002) explicam que o índice de vegetação EVI é bastante sensível a variação do dossel e, portanto, era esperado pelos autores que o sistema integrado mais adensado apresenta-se valores médios de EVI mais elevados na maior parte das datas avaliadas.

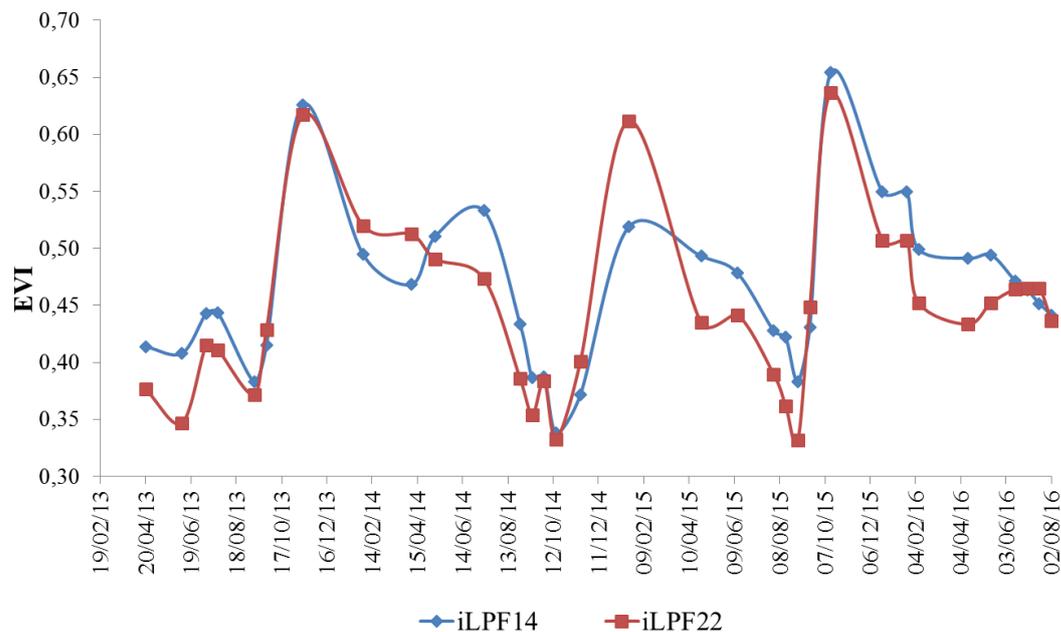


Figura 5. Valores de EVI em sistemas integrados de produção de gado de corte

Diferentemente do apresentado na comparação entre sistemas iLP e EXT, entre os sistemas iLPF14 e iLPF22, nos períodos de seca observou-se maior diferença significativa entre os sistemas. Provavelmente este comportamento deve-se à maior resiliência das espécies arbóreas aos períodos de seca em virtude de seus sistemas radiculares mais profundos.

4. Conclusões

A avaliação de variação dos valores de EVI entre os sistemas iLP x EXT demonstrou que o sistema integrado apresentou valores médios de EVI superiores ao do sistema extensivo em 51,5% das datas avaliadas, sendo mais evidente em épocas de chuva. Entre os sistemas ILPF, o sistema mais adensado apresentou valores médios de EVI superiores em 69,7% das datas analisadas, com mais ênfase nos períodos de seca. No período total avaliado, observou-se discriminação entre os sistemas de iLP x EXT e iLPF14 x iLPF22 em 78,8% e 87,9% das datas, respectivamente.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro concedido.

Referências Bibliográficas

Andrade, R. G.; Bolfe, E.L.; Victoria, D. C.; Nogueira, S. F. **Geotecnologia - Recuperação de pastagens no Cerrado**. Agroanalysis (FGV), v. 36, p. 30-33, 2016.

Baldí, G.; Paruelo, J. M. Land-use and land cover dynamics in South American temperate grasslands. **Ecology and Society**, v.13, p.1-20, 2008.

Botrel, M.A.; Novaes, L.P.; Alvim, M.J. **Características forrageiras de algumas gramíneas tropicais**. Juiz de Fora: EMBRAPA, CNPGL, 1998. 35 p

Conceição, M. P. C.; Bayma-Silva, G.; Nogueira, S. F. **Elaboração de perfis temporais de índices de vegetação a partir de imagens Landsat**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2015. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Circular Técnica, 32). Disponível em: <ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/139750/1/025-15-V2.pdf>. Acesso em: 15 out. 2016.

EMBRAPA. **Adoção de ILPF chega a 11,5 milhões de hectares.** Disponível em:
<<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/17755008/adocao-de-ilpf-chega-a-115-milhoes-de-hectares>> Acesso em: 31 out 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário e Pesquisa Pecuária Municipal. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/default.asp?t=2>>. Acesso em: 31 out 2016.

Huete, A.R.; Justice, C.; Leeuwen, W.V. **MODIS vegetation index (MOD13) Algorithm theoretical basis Document Version 3**, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland 20771, USA, p. 122, 1999.

Huete, A.; Didan, K.; Miura, T.; Rodriguez, E. P.; Gao, X.; Ferreira, L. G. **Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices.** Remote Sensing of Environment, n. 83, p. 195-213, 2002.

Jensen, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em Recursos Terrestres.** Tradução de J. C. N. Epiphânio. São José dos Campos, SP: Parênteses, 2009. 598 p. (Prentice Hall Series in Geographic Information Science) Tradução de: Remote Sensing of the environment: na earth resource perspective.

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**, v.2, p.401-4016, 2010.

Spanner, M. A.; Pierce, L. L.; Running, S. W.; Peterson, D. L. The seasonality of AVHRR data of temperate coniferous forests: Relationships with leaf area index. **Remote Sensing of Environment**, v.33, p.97-112, 1990.

StatSoft, Inc. **STATISTICA** (data analysis software system), version 12, 2014.