

USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO FLORESTAL NATIVA EM PERÍODOS DE SECA NO MUNICÍPIO DE PIRACICABA-SP

TIAGO R. TAVARES¹, PETERSON R. FIORIO², MAURÍCIO MARTELLO³, DAIANA MONTEIRO⁴, TAILA F. STRABELI⁵

¹Eng. Agrônomo, Mestrando em Engenharia de Biosistemas, Departamento de Engenharia de Biosistemas, ESALQ/USP, Piracicaba – SP, Fone: (05519) 34478533, tiagosrt@usp.br/tiagosrt3@gmail.com

²Eng. Agrônomo, Prof. Dr. do Departamento de Engenharia de Biosistemas, ESALQ/USP, Piracicaba – SP

³Eng. Ambiental, Mestrando em Engenharia de Biosistemas, ESALQ/USP, Piracicaba – SP

⁴Msc. Bióloga, Doutoranda em Ecologia Aplicada, CENA/USP, Piracicaba – SP

⁵Eng. Florestal, Mestranda em Engenharia de Biosistemas, ESALQ/USP, Piracicaba – SP

Apresentado no
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro- SP, Brasil

RESUMO

O ano de 2014 foi marcado por um longo período de estiagem na região sudeste brasileira. Projeções mundiais apontam que fenômenos extremos, serão cada vez mais intensos e frequentes devido às mudanças climáticas globais. Diante deste marcante ano de seca e da frágil vegetação nativa de Piracicaba este trabalho objetivou avaliar o uso de geotecnologias para o monitoramento dos efeitos destes fenômenos extremos em fragmentos de vegetações florestais nativas na região deste município. Para caracterização do período de estiagem foram utilizados os dados de precipitação mensal da série histórica de 1982-2014 e calculado o Índice de Anomalia de Chuva (RAI). O efeito da estiagem na vegetação foi observado através da análise de seu comportamento anual de NDVI. Foram processadas imagens LANDSAT de cinco anos (2005, 2006, 2007, 2008 e 2014) utilizando *softwares* de GIS. Verificou-se no trabalho uma alta intensidade da seca no município de Piracicaba em 2014. Constatou-se também que a vegetação apresentou comportamento do índice de vegetação descendente em 2014, diferente do observado nos outros anos analisados. Os resultados mostraram a eficiência do uso geotecnologias como ferramenta para facilitar o monitoramento da vegetação florestal nativa local em períodos de seca.

PALAVRAS-CHAVE: Mudanças climáticas globais; Fenômenos extremos; Sensoriamento remoto.

THE GEOTECHNOLOGIES USE FOR THE MONITORING OF NATIVE FOREST VEGETATION DURING DROUGHT PERIODS IN PIRACICABA MUNICIPALITY

ABSTRACT

The year of 2014 was marked by presenting an extended period of no rain in Brazil's southeast region. Extreme phenomena will increase their frequency and intensity due to global climate changes. Given this atypical drought and the fragile native vegetation of Piracicaba-SP, this study aimed to evaluate the geotechnologies use for monitoring the effects of these extreme events on fragments of native forest vegetation in Piracicaba. The drought was characterized by using data from the monthly precipitation of historic series that were recorded during 1982 to 2014 and using the Rain Anomaly Index (RAI). The drought effects was observed by the NDVI behavior of each

vegetation type over the years analyzed. The LANDSAT images of 5 years (2005, 2006, 2007, 2008 e 2014) were processed using softwares of Geographic Information System (GIS). We observed through this work a high drought intensity in Piracicaba in 2014. Was also noticed that vegetation had a downward NDVI behavior in 2014, different from that is observed in the others years analyzed. The results showed the efficiency in the use of geotechnologies as a tool to facilitate the monitoring of local native forest vegetation in drought periods.

KEYWORDS: Global climate changes; Extreme phenomena; Remote sensing.

INTRODUÇÃO

Discussões sobre as mudanças climáticas globais têm alarmado a população mundial, possíveis efeitos deste fenômeno estão sendo presenciados no campo e nas cidades. Contudo suas consequências ainda não foram claramente dimensionadas, por outro lado, mesmo com uma margem de incertezas, não resta dúvida do papel do ser humano em seu agravamento (FBDS, 2009; MAGRIN *et al.*, 2013). Dessa forma, um conhecimento mais profundo dos efeitos das mudanças climáticas globais e adaptação a estas são os maiores desafios da atualidade.

Comportamentos climáticos atípicos têm sido cada vez mais presenciados na região Sudeste do Brasil. Segundo Gutiérrez *et al.* (2014), o aumento da intensidade ou frequência de eventos extremos, como enchentes, secas prolongadas e ondas de calor são consequências das mudanças climáticas. O ano de 2014 marcou a região de Piracicaba - SP por apresentar um período de seca intenso e prolongado. Este fenômeno foi observado principalmente no período chuvoso (outubro a março) por bloqueios no escoamento atmosférico, indicando a presença da Zona de Convergência do atlântico Sul (ZCAS) mais ao Sul (MINUZZI *et al.*, 2007).

O estado de São Paulo é marcado pela forte expansão da agropecuária, processo que ocorre desde a cultura do café (início do século XIX) até o presente momento com a cultura canavieira, contribuindo assim para a redução das áreas verdes e fragmentação das formações florestais (RODRIGUES, 1999). Este é o cenário hoje encontrado no município de Piracicaba, caracterizado por fragmentos florestais pequenos, isolados e altamente perturbados. Segundo Nascimento *et al.* (1999), restavam nesta época apenas 2,1% de suas formações florestais nativas originais e cerca de 87,8% destes fragmentos eram menores que 50 ha.

Frente a este cenário ambiental faz-se necessário o uso ferramentas que facilite o monitoramento do meio ambiente para propor medidas de prevenção, controle e adaptação. Sendo aplicação de técnicas de sensoriamento remoto em séries temporais uma forte ferramenta que vêm se destacando na comunidade científica por permitir uma avaliação rápida e de baixo custo, dentro de uma margem de precisão (XIAOLIN; DESHEND, 2014).

O uso de índices de vegetação oriundos de imagens orbitais como o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) proposto por Rouse *et al.* (1973) possui forte relação com o aspecto vegetativo e possibilita o estudo da dinâmica da vegetação em períodos adversos, devido ser sensível a variação na atividade fotossintética em períodos de estresse hídrico (POELKING *et al.*, 2007).

O NDVI tem se apresentado como uma ferramenta eficaz no monitoramento da vegetação, possibilitando a análise temporal para detecção de mudanças fisiológicas das folhas, atividade sazonal e fenológica (PONZONI *et al.*, 2012); o monitoramento do comportamento da vegetação em períodos de anomalias (SARTORI *et al.*, 2009; LEIVAS *et al.*, 2013) e; na estimativa da quantidade de biomassa presente em diferentes épocas do ano (XIAOLIN; DESHENG, 2014).

Diante da frágil vegetação nativa do município de Piracicaba e da intensa seca presenciada no ano de 2014, surge a necessidade de se entender o comportamento da vegetação nativa frente

a estes efeitos extremos. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento espectro-temporal em fragmentos florestais em períodos de seca, favorecendo o entendimento da influência destes períodos de estiagem no vigor e no desenvolvimento desta vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo abrangeu 4 diferentes fragmentos de vegetação nativa do município de Piracicaba (Figura 1). O município situa-se no centro oeste do Estado de São Paulo, entre as coordenadas UTM, latitude 7464699 - 7507168 S e longitude 181752 - 244266 E, Zona 23S. A vegetação natural é classificada pelo Sistema Fitogeográfico Brasileiro como Floresta Estacional Semidecidual, apresentando também algumas formações mistas com savana arbustivo-herbácea (IBGE, 2012).

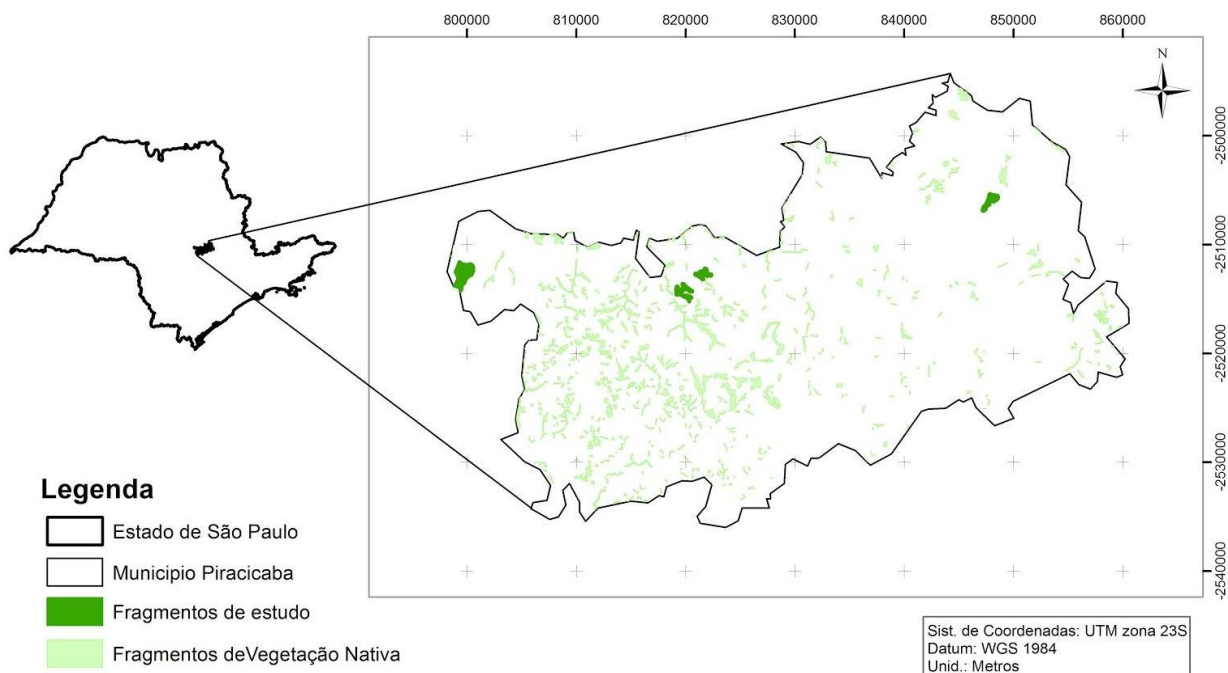


FIGURA 1. Mapa de Localização dos fragmentos analisados

O clima de Piracicaba está classificado segundo Köppen, como mesotérmico subtropical com inverno frio e seco (de abril a setembro) e verão quente e chuvoso Cwa (outubro a março) (ROLIM *et al.*, 2007; BARROS, 2012). A temperatura média dos meses mais quentes fica em torno de 24°C e dos meses mais frios 18°C, as chuvas ocorrem com maior frequência nos períodos de verão e a precipitação média anual é de 1.250 mm (BARROS, 2012).

Para caracterização do regime de chuva foram analisados dados mensais de precipitação (janeiro a dezembro) dos anos de 2005, 2006, 2007, 2008, 2011 e 2014, assim como o da série histórica de 1984 a 2014 para cálculo da precipitação normal de cada mês. Estes dados foram registrados na estação meteorológica convencional da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e disponibilizados pelo seu departamento de Engenharia de Biosistemas.

O ano de 2014 foi escolhido por haver apresentado precipitação atípica e os demais anos foram tomados para comparação de seu comportamento da chuva e vegetação. Outro fator na escolha dos anos foi à disponibilidade de imagens orbitais viáveis para a análise dos fragmentos escolhidos.

Para caracterização da severidade da seca presenciada em cada ano foi calculado o índice de anomalia de chuva (*Rainfall Anomaly Index* – RAI), desenvolvido por Rooy (1965). Este índice faz uma comparação entre a precipitação observada, a precipitação média e as precipitações extremas, permitindo conhecer o desvio da precipitação (anomalia de chuva) em relação à condição normal de chuva (Fernandes et al., 2009). As anomalias positivas e negativas foram calculadas segundo as equações 1 e 2, respectivamente.

$$RAI = 3 \left[\frac{p - \bar{p}}{\bar{m} - \bar{p}} \right] \quad (1)$$

$$RAI = -3 \left[\frac{p - \bar{p}}{\bar{x} - \bar{p}} \right] \quad (2)$$

Em que: p : precipitação observada (mm); \bar{p} : precipitação média (mm); \bar{m} : representa as médias dos 10 valores mais altos; \bar{x} : representa a média dos 10 valores mais baixos.

Para a interpretação do RAI o autor classifica os valores do índice em um esquema de nove categorias, o qual é resumido na Tabela 1.

TABELA 1. Classificação do Índice de Anomalia de Chuva (ROOY, 1965)

RAI	Classificação	RAI	Classificação
$\geq 4,00$	Extremamente úmido	-1,99 a -0,51	Seca suave
3,00 a 3,99	Umidade alta	-2,00 a -2,99	Seca moderada
2,00 a 2,99	Umidade moderada	-3,00 a -3,99	Seca alta
0,51 a 1,99	Umidade baixa	$\leq -4,00$	Extremamente seco
-0,5 a +0,5	Normal		

Para análise espectro-temporal da vegetação foram adquiridas imagens dos satélites LANDSAT 5 (TM) e LANDSAT 8 (OLI), na órbita/ponto 220/76 e nas datas apresentadas na TABELA 2. Devido a presença de nuvens sobre a região de interesse, as imagens de alguns meses não foram adquiridas.

TABELA 2. Data das imagens trabalhadas

Ano	Mês / Dia											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2005		22	10	11	13	14	16	17			21	
2006	24			14		16	19		5	23		2
2007		4		17	7		22	7	8			
2008			2			6		25	10	20	29	
2014	30		19		6	7		2	11	13		16

O pré-processamento das imagens foi realizado no *software* ENVI 5.1, onde foi feita a correção radiométrica, pela função: *Radiometric Calibration*; e a correção atmosférica através da função: *Dark Subtraction*.

Após pré-processadas as imagens foram importadas e trabalhadas utilizando o *software* ArcGIS 10.0. Para delimitação dos fragmentos vegetais foi utilizada uma base de dados vetoriais

(*shapefile*) disponibilizados pelo Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), já classificados com os fragmentos dos diferentes tipos de vegetação nativa de Piracicaba. Destes fragmentos vegetais foram escolhidos os quatro maiores e aleatorizados dentro de cada um 10 pontos. Este *shape* de pontos possibilitou a extração dos valores de NDVI nas diferentes imagens fosse realizada sempre nos mesmos locais, evitando interferências da variabilidade espacial sobre seus valores. Desta maneira totalizaram-se 40 repetições de NDVI para cada mês em cada ano.

Para a geração do NDVI foram utilizadas as bandas da região do vermelho e infravermelho, as quais no satélite LANDSAT 5 correspondem às bandas TM 3 e TM 4 e no LANDSAT 8, às bandas OLI 4 e OLI 5, respectivamente. O cálculo deste índice de vegetação foi realizado através da função *Raster Calculator*. Depois de gerados os *layers* de NDVI extraíram-se seus valores para cada mês em todos os anos analisados. Os quarenta valores pontuais de NDVI foram analisados através de gráficos *boxplots* para observação da variabilidade do conjunto de dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para uma compreensão mais eficaz do comportamento da chuva, assim como a identificação e avaliação dos períodos de seca, foi calculado o índice de seca RAI. Na Figura 2 está representado este índice e sua respectiva classificação para cada um dos meses analisados. Podemos observar que de forma geral nos anos analisados foi mais comum a ocorrência de anomalias de chuva em relação a ocorrência de precipitações “normais”, obedecendo a precipitação normal dos últimos 30 anos. Nota-se também que dentre as anomalias de chuva, prevalece a ocorrência de anomalias negativas. Do total de 60 meses analisados em 36 (60%) foi constatada a presença de seca, sendo 20 (33,3%) foi moderada/alta.

Analisando separadamente 2014, podemos observar que este ano apresentou o maior número de meses com seca moderada/alta, assim como uma maior frequência de meses com precipitação inferior a média. Como podemos ver na Figura 2, que a seca em 2014 se estendeu por 10 meses consecutivos (janeiro a outubro). Resultados que corroboram com os estudos de Gutiérrez *et al.* (2014), os quais apontam que no entorno da região metropolitana de São Paulo esta chovendo menos, causando danos econômicos e ecológicos.

Este comportamento pode ser explicado como um dos efeitos das mudanças climáticas. Gutiérrez *et al.* (2014), aponta que seria consequência das mudanças climáticas globais o aumento da intensidade e/ou frequência de eventos extremos. Denotando um cenário preocupante vista as atuais discussões globais sobre os câmbios climáticas.

A sequência de seca em diferentes graus de intensidade presenciada neste ano, também pode ser explicada pelo fenômeno El Niño. Este fenômeno continua em desenvolvimento no oceano pacífico equatorial e provoca aquecimento anormal nas águas superficiais do oceano, mudando os padrões de vento e afetando os regimes das chuvas (INPE, 2014). Outros grupos de pesquisadores também sugerem que exista uma relação entre a seca do Sudeste com o desmatamento da Amazônia, esta que oferta vapor formador de chuvas para regiões centro-sul do Brasil (Nobre, 2014).

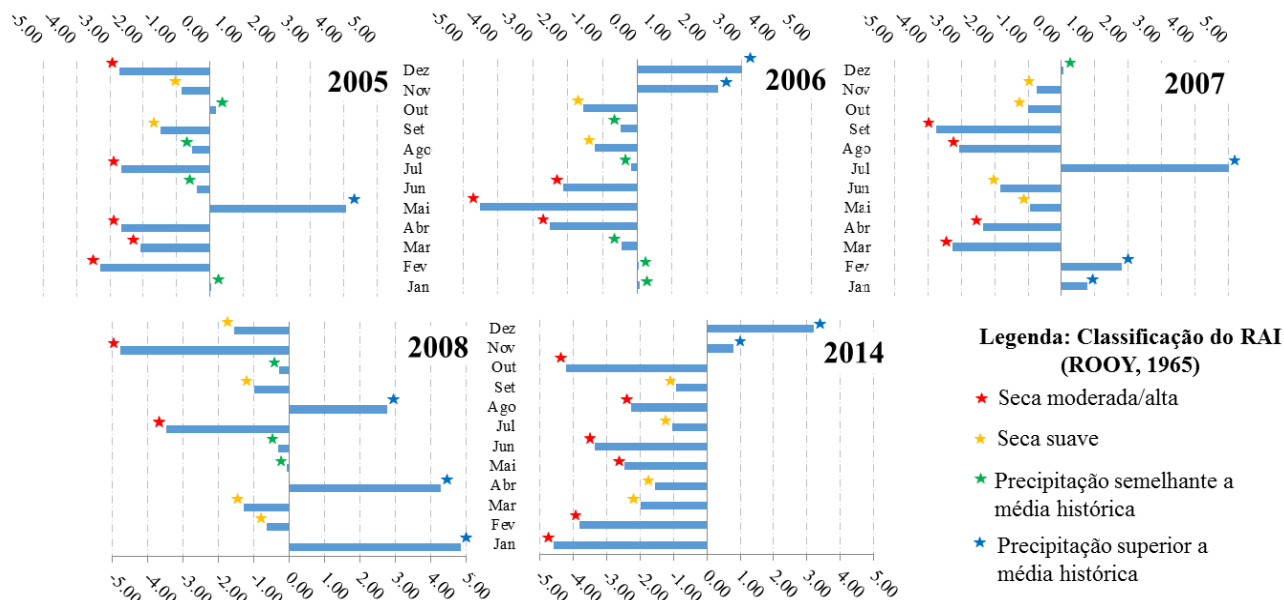


FIGURA 2. Índice de seca mensal (*Rainfall Anomaly Index* – RAI) e sua classificação segundo Rooy (1969) para os anos de 2005, 2006, 2007, 2008 e 2014.

Segundo Schultz e Halpert (1993), regiões tropicais apresentam o comportamento do NDVI fortemente influenciado pelo regime de chuva. Isso ocorre porque nestas regiões as temperaturas anuais se matem sempre acima do mínimo exigido pela vegetação, atribuindo a esta variável uma importância secundária sobre a variação do NDVI. Desta forma, para avaliação do efeito da seca de 2014 sobre os fragmentos florestais nativos de Piracicaba foi observado o comportamento anual do NDVI desta vegetação em diferentes anos (2005, 2006, 2007, 2008 e 2014) (Figura 3).

Analisando a Figura 3 observamos um comportamento ascendente do NDVI logo após o fim do período seco, iniciando próximo a agosto. Este padrão é bem caracterizado nos anos 2005, 2006 e 2008; anos que embora tenham apresentado alguns meses com presença de seca, esta não foi consecutiva, apresentando inclusive alternância com meses de precipitação normal/alta.

O ano de 2007, embora tenha apresentado precipitação alta em janeiro, fevereiro e julho, foi marcado por precipitações abaixo da média histórica e RAI negativo na maioria dos seus meses (Figura 2 e 3). Na Figura 3 podemos observar que o regime de chuva deste ano refletiu no vigor da vegetação analisada. A baixa precipitação de abril, maio e junho foi levada a uma queda de julho a uma queda; assim como a alta precipitação observada em julho foi refletida no leve aumento e estabilização do NDVI em agosto e setembro. Devido a falta de imagens com condições viáveis, não foi possível dar continuidade a avaliação do comportamento espectral da vegetação neste ano.

Segundo Nicácio *et al.* (2009) ocorre uma defasagem temporal entre a precipitação e a resposta do NDVI da vegetação. Esse atraso na resposta do NDVI se dá devido à necessidade de um acúmulo de água no solo até atingir o ponto de disponibilidade para o vegetal, possibilitando-o a absorver a água e produzir um melhor vigor vegetativo.

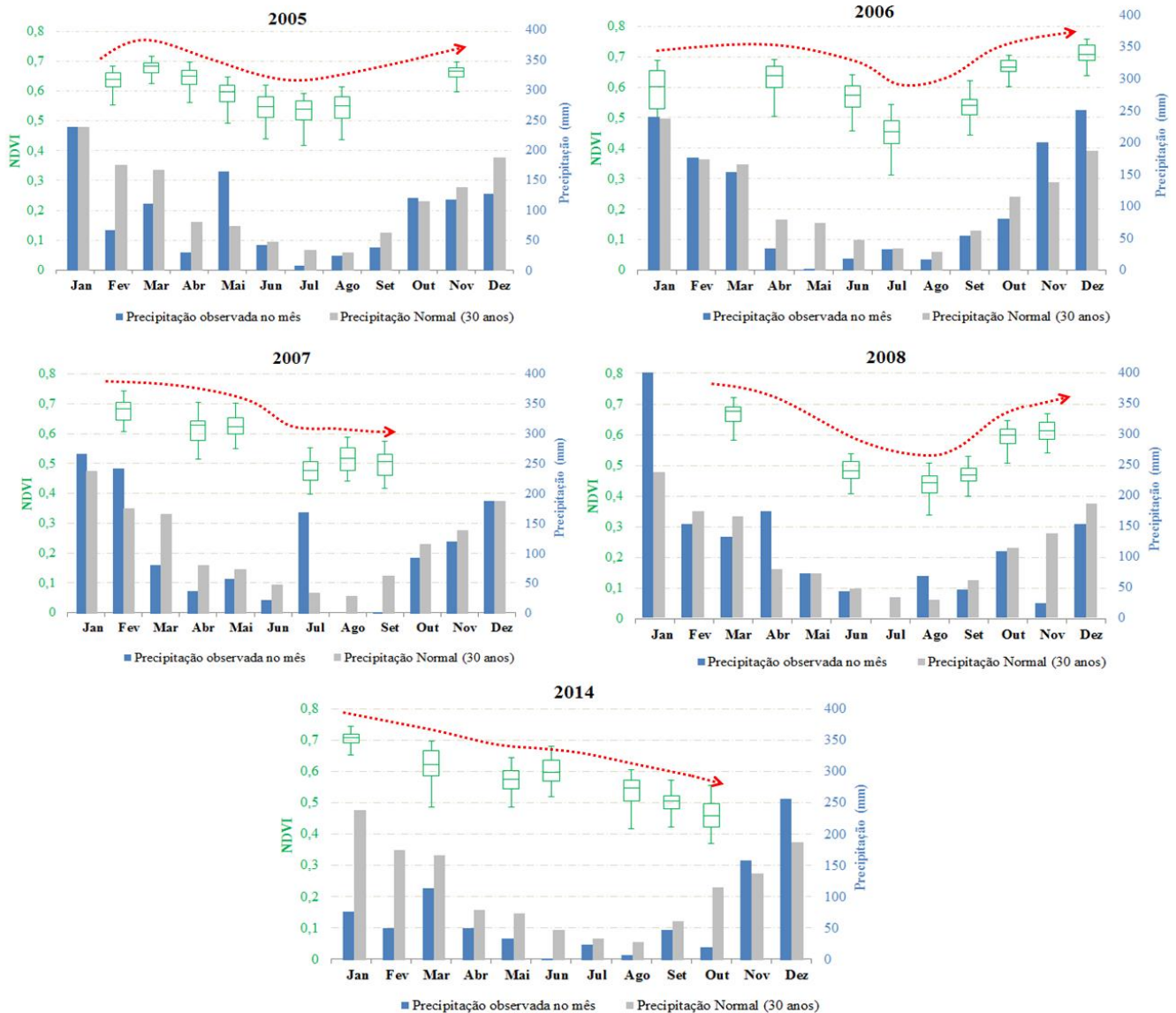


FIGURA 3. Comportamento anual do NDVI da vegetação nativa de Piracicaba para os anos de 2005, 2006, 2007, 2008 e 2014 (*boxplot* representado em verde); precipitação mensal dos anos 2005, 2006, 2007, 2008 e 2014 (representada nas barras azuis); e precipitação mensal normal da série histórica de 1984-2014 (representada nas barras cinza).

Em contrapartida aos demais anos, 2014 apresentou comportamento do NDVI constantemente descendente nos meses analisados. Comportamento claramente relacionado com o baixo regime de chuva e RAI constantemente negativo, observados neste ano. Na Figura 3 podemos constatar que o comportamento do NDVI que deveria apresentar tendência crescente a partir de agosto, neste ano continuou decrescendo.

Tais inferências demonstram o potencial da utilização de geotecnologias para o monitoramento ambiental. Ferramentas semelhantes poderiam ser propostas a fim de facilitar o monitoramento da vegetação nativa; funcionando como formas de suporte aos órgãos ambientais, auxiliando-os frente aos riscos esperados pelas mudanças climáticas.

CONCLUSÕES

A análise mensal do comportamento da chuva nos 5 anos analisados constatou que anomalias negativas de chuva (secas) foram mais presentes que precipitações normais (próxima a média histórica) e anomalias de chuva positivas (acima da média histórica), onde 60 % dos meses analisados apresentaram algum nível de seca.

O uso de geotecnologias permitiu a observação do comportamento da vegetação em fragmentos florestais sobre efeito de seca em Piracicaba-SP.

REFERÊNCIAS

- BARROS, P. P. S. Análise de diferentes cenários para adequação ambiental da Microbacia Hidrográfica do Ceveiro. 2012. **Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem)** - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.
- EMPRESA BRASILEIRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, Serviço de produção de informação, 2006.
- FBDS - Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil. United Nations Climate Change Conference, **COP15**, 2009. Disponível em: http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS_MudancasClimaticas.pdf. Acesso em: 18/10/2014.
- FERNANDES, D.S.; HEINEMANN, A.B.; PAZ, R.L. da; AMORIM, A.de O.; CARDOSO, A.S. Índices para a Quantificação da Seca. Embrapa Arroz e feijão, Goiânia, GO, 2009.
- GUTIÉRREZ, A.P.A.; ENGLE, N.L.; NYS, E.de.; MOLEJÓN, C.; SÁVIO MARTINS, E.S. Drought preparedness in Brazil. *Weather and Climate Extremes*. p.95–106, 2014..
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. N°1. Brasil: Rio de Janeiro, 2012.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal - Lavoura Temporária - Piracicaba. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. 2012.
- INPE- Instituto Nacional de Análise Espacial. Fenômenos ENOS (El Niño-Oscilação Sul). INPE, 2014. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso:10/11/2014.
- LEIVAS, J. F.; ANDRADE, R. G.; VICENTE, L. E.; TORRESAN, F. E.; VICTORIA, D. C.; BOLFE, E. L. Monitoramento da seca de 2011/12 a partir do NDWI e NDVI padronizado do SPOT-Vegetation, anais *XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Foz do Iguaçu, Brasil, 13 - 18 abril 2013, INPE, p. 364-370.
- MAGRIN, G.O.; MARENGO, J.A., BOULANGER, J.P; BUCKERIDGE, M.S.; CASTELLANOS, E.; POVEDA, G.; SCARANO, F.R.; VICUÑA, S. Central and South America. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B:Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the **Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1499-1566, 2014.
- MARTINELLI, L.A; GARRETT, R.; FERRAZ, S.; NAYLORA, R. Sugar and ethanol production as a rural development strategy in Brazil: Evidence from the state of São Paulo. *Agricultural Systems*. Volume 104, p. 419-428, 2011. DOI: 10.1016/j.agsy.2011.01.006.
- MINUZZI, R.B.; SEDIYAMA, G.C.; BARBOSA, E. da. M.; MELO JÚNIOR, J.C.F.de Climatologia do comportamento do período chuvoso da região sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.22, n.3, 338-344, 2007.

- NASCIMENTO, H. E. M.; DIAS, A. DA S.; TABANEZ, A. A. J. and VIANA, V. M.. Estrutura e dinâmica de populações arbóreas de um fragmento de floresta estacional semidecidual na região de Piracicaba, SP. *Rev. Bras. Biol.*, vol.59, n.2, p. 329-342, 1999.
- NICÁCIO, R. M.; ARAUJO, L. L.; GONZAGA, E. P.; LIBOS, M. I. P. de C.; OLIVEIRA, L. M. T. de. Relação NDVI e Precipitação na Bacia do Rio Coxim – MS. *Geografia*, Rio Claro, v.43, p.667-680, dez. 2009.
- NOBRE, A.D. O futuro climático da Amazônia. INPE, 2014. Disponível em: <http://www.ccst.inpe.br/wp-content/uploads/2014/10/Futuro-Climatico-da-Amazonia.pdf>. Acesso: 24/11/2014.
- POELKING, E. L.; LAUERMANN, A.; DALMOLIN, R. S. D. Imagens CBERS na geração de NDVI no estudo da dinâmica da vegetação em período de estresse hídrico, *Anais... XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 4145-415
- PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E.; KUPLICH, T.M. Sensoriamento remoto da vegetação. 2ª edição. São Paulo, 2012.
- RODRIGUES, R. R. A vegetação de Piracicaba e municípios do entorno. Circular Técnica IPEF, n 189, 1999
- ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A. DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: *ETRS SYMPOSIUM*, 3, Washington D.C. *Anais...* Washington D.C.: NASA SP- 351, 1973. p. 309-317, 1973.
- ROOY, M. P. van. A rainfall anomaly index independent of time and space. *Notos*, Pretoria, v. 14, p. 43-48, 1965.
- SARTORI, A. A. C.; SILVA, R. F. B.; PIANUCCI, M. N.; ZIMBACK, C. R. L. Influência do período de estiagem no Índice de Vegetação (NDVI), no município de Botucatu-SP, *anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal, INPE, p. 4363-4369, 2009.
- XIAOLIN, Z.; DESHENG, L. Improving forest aboveground biomass estimation using seasonal Landsat NDVI time-series. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2014.