Observação do *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) de diferentes tipos de vegetação nativa no período de estiagem de 2011 e 2014, em Piracicaba-SP

Observation of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) of different types of native vegetation in the dry season of 2011 and 2014 , in Piracicaba -SP

Tiago Rodrigues Tavares[1]
Prof. Dr. Peterson Ricardo Fiorio[1]
Maurício Martello[1]
Taila Fernanda Strabeli[1]
Prof. Ms. Pedro Paulo da Silva Barros[1]

[1] Departamento de Engenharia de Sistemas Agrícolas– ESALQ/USP, tiagosrt@usp.br

Submetido em 27/03/2015
Revisado em 09/04/2015
Aprovado em 07/05/2015

Resumo: Diante deste marcante ano de seca e da frágil vegetação nativa de Piracicaba-SP, este trabalho objetivou comparar o NDVI através de imagens Landsat 5 (TM) e Landsat 8 (OLI) de diferentes fitofisionomias deste município no período de estiagem de 2011 e 2014. Para caracterização do período de estiagem foram utilizados os dados de precipitação mensal da série histórica de 1984-2014 registrados na estação meteorológica da ESALQ-USP. Também foi calculado o Índice de Anomalia de Chuva (RAI) do período de janeiro a setembro dos anos estudados. As imagens foram processadas utilizando *softwares* de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e obtiveram-se os valores médios de NDVI de cada tipo de vegetação após o período de seca de ambos os anos. Foi utilizado delineamento de blocos inteiramente casualizados com 3 tratamentos e 2 blocos e teste de turkey para comparação de médias. A fim de facilitar a visualização e interpretação da variação temporal do NDVI, também foi realizada a operação matemática de subtração entre os mesmos fragmentos dos dois anos analisados. Foi constatado que as vegetações nativas de Piracicaba não apresentaram variação temporal de NDVI após o período de estiagem nos anos de 2011 e 2014.
Palavras-chave: anomalia de chuva, geotecnologia, índice de vegetação, seca

Abstract: Given this atypical drought and the fragile native vegetation of Piracicaba-SP, this study compares the NDVI through Landsat 5 (TM) and Landsat 8 (OLI) images of different vegetation types in this city in the drought of 2011 and 2014. To characterize the drought we used data of the monthly precipitation time series from 1984 to 2014 recorded at the weather station at ESALQ-USP. We also calculated the Rain Anomaly Index (RAI) for the period from January to September of the studied years. The images were processed using softwares of Geographic Information System (GIS) for the obtainment of the average NDVI values of each vegetation type after the dry period for both years. Completely randomized block design with three treatments and two blocks and Turkey test for comparison of means were used. To facilitate the visualization and interpretation of the temporal variation of NDVI, the mathematical operation of subtraction was also performed between the same fragments of the two years analyzed. It was found that the native vegetation of Piracicaba showed no temporal variation of NDVI after the drought in 2011 and 2014.
Key-words: rainfall anomaly, geotechnology, vegetation index, drought

Introdução

Ainda não se chegou ao um consenso sobre as consequências das mudanças climáticas globais, no entanto a maioria da comunidade científica concorda que já ocorreram impactos relevantes, colocando em risco o equilíbrio do planeta (Gore, 2006). Segundo Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável – FBDS (2009), a atenuação dos efeitos deste fenômeno global e a adaptação a estas alterações são grandes desafios da atualidade.

Segundo Gutiérrez *et al.* (2014), o aumento da intensidade ou frequência de eventos extremos, como ondas de calor, secas prolongadas, enchentes, tufões e tornados são efeitos que poderão ocorrer, causados pelas mudanças climáticas, porém segundo alguns cientistas, acredita-se que a confiabilidade é baixa para o aumento da ocorrência destes extremos do tempo e clima (Nobre, 2001).

No Brasil, tem-se percebido na região sudeste que seus períodos de secas estão sendo cada vez mais intensos e prolongados, inclusive no período chuvoso de outubro a março (Minuzzi *et al.* 2007). Segundo Nobre (2014), a falta de precipitação, sentida principalmente no Sudeste, em especial no estado de São Paulo, seria consequência indireta do desflorestamento da Floresta Amazônica.

Claramente o ano de 2014 foi marcado por apresentar um período de estiagem bastante marcante, com precipitação de vários meses abaixo da média histórica. Gutiérrez *et al.*(2014), relata que esta provável intensificação de secas extremas ocasionadas pelas mudanças climáticas no Brasil ampliam a importância de medidas pró-ativas para aumentar a resiliência aos impactos esperados.

Paralelamente as alterações climáticas, houve uma acelerada degradação das formações florestais no Estado de São Paulo, as quais foram intensificadas principalmente pela expansão da fronteira agrícola, desde a cultura cafeeira no início do século XIX até a cultura canavieira mecanizada dos dias atuais. Esta última veio como proposta energética do país, frente à crise mundial de combustíveis e redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) (Troppmair, 1969; Victor, 1975; Compeán & Polenske, 2011).

O município de Piracicaba perdeu suas áreas verdes de forma acelerada nos últimos anos, em 1999 só restavam apenas 2,1% da cobertura florestal nativa e 87,8% era fragmentos menores que 50 ha; atualmente apenas pequenos fragmentos, isolados e altamente perturbados são encontrados; (Rodrigues, 1999; Nascimento *et al.*, 1999).

Em 2001, na bacia do Rio Piracicaba existiam mais de 7.000 indústrias e aproximadamente 31% da bacia estava coberta por cana de açúcar (Lara *et al.*, 2001). Estas mudanças de uso da terra e a alta atividade industrial são consideradas forçantes responsáveis pela intensificação do processo de degradação e desequilíbrio ambiental.

Essa expressiva fragmentação e perturbação dos fragmentos de vegetação nativa de Piracicaba associada ao possível aumento da frequência e intensidade de períodos secos podem trazer impactos ambientais e sociais ao município, que integra o consórcio PCJ (Piracicaba, Capivari e Jundiaí), responsáveis pelo abastecimento de água da grande São Paulo.

Uma ferramenta para monitoramento da vegetação é o uso de sensores remotos e índices de vegetação, como *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) proposto por Rouse *et al.*, (1973). O NDVI possui forte relação com o aspecto vegetativo e possibilita o estudo da dinâmica da vegetação em períodos adversos, como de estresse hídrico, pois é sensível a variação na atividade fotossintética em períodos de baixa oferta pluvial (Poelking *et al.*, 2007).

O NDVI tem se apresentando como uma ferramenta eficaz no monitoramento e análise temporal da vegetação (Ponzoni *et al.*, 2012); a semelhança de Melo (2011), utilizando NDVI calculado a partir de imagens Landsat 2 (MSS) e Landsat 5 (TM) avaliou de maneira satisfatória as reais condições de conservação e de degradação ambiental da microbacia do Riacho dos Cavalos, município de Crateús – CE.

O índice é calculado a partir da reflectância das faixas do infravermelho próximo (720 – 1100 nanômetros) e a faixa do vermelho (645 – 720 nanômetros).

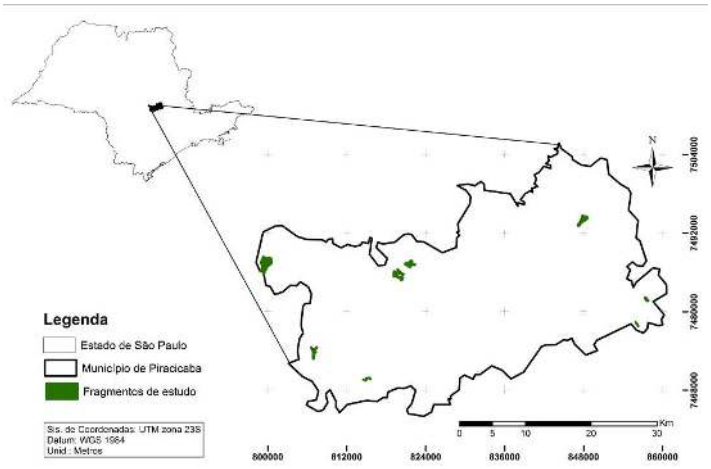
A interação da energia incidente com a estrutura do mesófilo da folha gera altos valores de reflectância na faixa do infravermelho próximo e a clorofila é responsável pela absorção da energia na faixa do vermelho, propiciando assim diferenciar e analisar a vegetação (Jensen, 2009).

Diante da frágil vegetação nativa do município de Piracicaba e da intensa seca presenciada neste ano no sudeste brasileiro, surge a necessidade de se entender o comportamento da vegetação nativa frente a estes efeitos extremos. Assim, este trabalho teve como objetivo comparar o comportamento temporal de diferentes fitofisionomias utilizando o NDVI de imagens Landsat nos anos de 2011 e 2014.

Metodologia de Trabalho

A área de estudo abrangeu diferentes fragmentos de vegetação nativa do município de Piracicaba – SP. O município possui uma área territorial de 1.378,501 km² e situa-se no centro oeste do Estado de São Paulo, entre a coordenadas UTM, latitude 7464699 - 7507168 S e longitude 181752 - 244266 E, Zona 23S (Figura1). A vegetação natural é classificada pelo Sistema Fitogeográfico Brasileiro como Floresta Estacional Semidecidual, com a presença de formações mistas com savana arbustivo-herbácea (IBGE, 2012).

Figura 01: Localização geográfica das áreas de estudo.



O clima da região de Piracicaba está classificado segundo Köppen, como mesotérmico subtropical (Cwa), Apresentando inverno frio e seco, de abril a setembro, e verão quente e chuvoso, de outubro a março (Rolim *et al.*, 2007; Barros, 2012). A temperatura média dos meses mais quentes fica em torno de 22ºC e dos meses mais frios 18ºC. As chuvas ocorrem com maior frequência nos períodos de verão, exibindo precipitação média anual entorno de 1.250mm (Barros, 2012).

Para caracterização do regime de chuva foram analisados dados de precipitação de janeiro a setembro de 2011, 2014 e da série histórica de 1984 a 2014; registrados na estação meteorológica convencional, disponibilizados pelo departamento de Engenharia de Biossistemas da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

Para a caracterização da seca deste período foi utilizado o índice de anomalia de chuva (*Rainfall Anomaly Index* – RAI), desenvolvido por Rooy (1965). Este índice foi escolhido, pois 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.

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

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

Sendo: 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, variando de ≥ 4 (extremamente úmido) a ≤ -4 (extremamente seco). Nesta interpretação, meses com índice variando entre -0,5 e +0,5 são considerados de precipitação normal, ou seja, sua precipitação não desviou o suficiente das médias históricas de precipitação para que este fosse caracterizado como seco ou húmido; Por outro lado, meses com índice inferior a -0,5 são avaliados como meses secos, aumentando sua intensidade de seca conforme o aumento modular do índice (Rooy, 1965). A Tabela 1 resume a interpretação de cada categoria do índice utilizado.

Tabela 01: Classificação do Índice de Anomalia de Chuva (Rooy, 1965)

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

Para análise espectro-temporal dos fragmentos vegetais foram adquiridas imagens dos satélites Landsat 5 (TM) e Landsat 8 (OLI) datadas, respectivamente, em 19 de setembro de 2011 e 11 de setembro de 2014, na órbita/ponto 220/76, ambas disponibilizadas de forma gratuita pela NASA via U.S. (*Geological Survey* USGS).

As imagens foram pré-processadas no *software* ENVI 5.1, onde se realizou a correção radiométrica, pela função: *Radiometric Calibration*; e a correção atmosférica através da função: *Dark Subtration*.

Após o pré-processamento, as imagens foram importadas e processadas por meio do *software* ArcGIS 10.0. 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*.

Também foi utilizada a base de dados vetoriais (*shapefile*), cedido pelo Instituto Florestal do Estado de São Paulo (2014), com a classificação dos fragmentos de diferentes tipos de vegetação nativa de Piracicaba. Destes fragmentos vegetais foram escolhidos os dois maiores fragmentos das fitofisionomias: Floresta Estacional Semidecidual, Vegetação Secundária da Floresta Estacional Semidecidual e Vegetação Secundária da Floresta Estacional em contato com Savana. Através da função *Extract by Mask* foram extraídos os *layers* de NDVI para cada fragmento vegetal e gerados mapas temáticos dos valores de NDVI de cada tipo de vegetação para cada imagem adquirida.

As médias de NDVI para os tipos de vegetação nos diferentes anos analisados foram obtidas através da extração de 10 valores pontuais aleatorizados dentro de cada um dos fragmentos vegetais estudados, totalizando assim, 20 pontos por fitofisionomia.

Para análise estatística, foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados com três tratamentos e dois blocos. Os tratamentos foram os diferentes tipos de vegetação (T1-Floresta Estacional Semidecidual, T2- Vegetação Secundária da Floresta Estacional Semidecidual e T3- Vegetação Secundária da Floresta Estacional em contato com Savana) e os blocos as diferentes datas (Set/2011 e set/2014). Para a análise de variância e teste de comparação de médias,

utilizou-se o *software* estatístico ASSISTAT 7.7 beta, disponibilizado pela Universidade Federal de Campina Grande-PB.

A fim de facilitar a visualização e interpretação da variação temporal do NDVI foi realizada a operação matemática de subtração (equação 3) entre os mapas de cada fragmento vegetal dos dois anos de estudo. Esta operação foi realizada também através da função *Raster Calculator* do *software* ArcGIS.

$$DIF_{11-14} = NDVI_{2011} - NDVI_{2014} \qquad (3)$$

Sendo:

DIF_{11-14} : corresponde aos mapas gerados pela diferença de NDVI entre Set/2011 e Set/2014 de cada fragmento vegetal estudado;

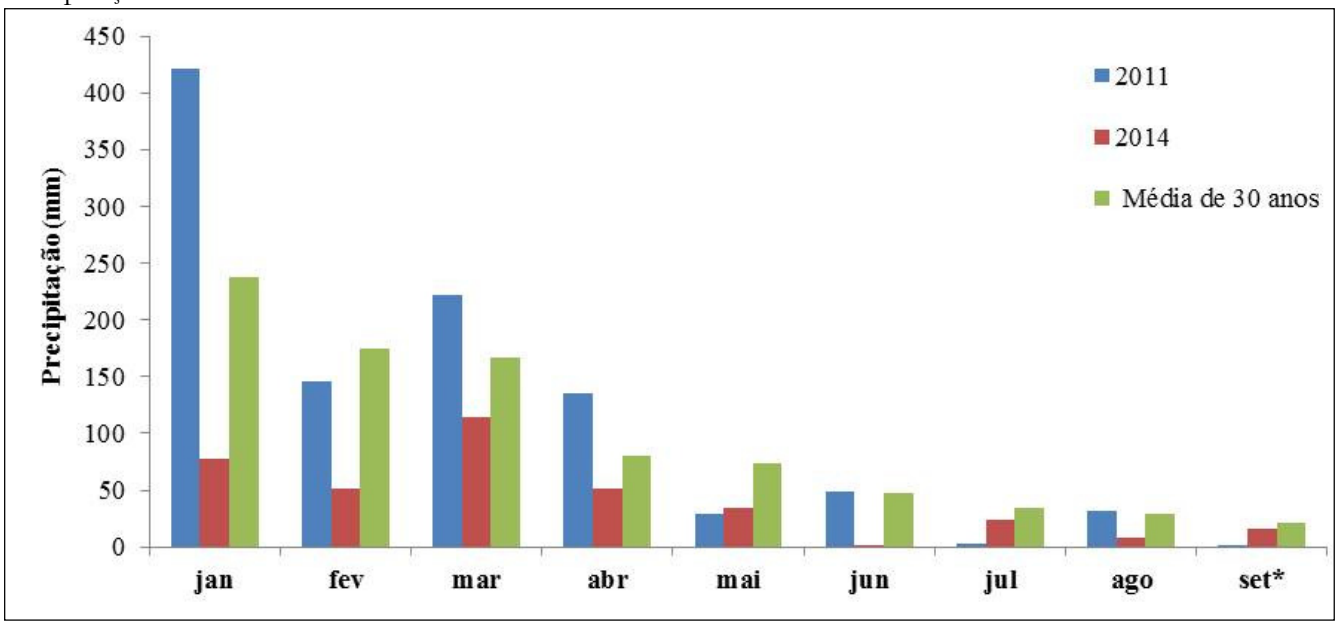
$NDVI_{2014}$: corresponde aos mapas de NDVI de cada fragmento vegetal em Set/2014;

$NDVI_{2011}$: corresponde aos mapas de NDVI de cada fragmento vegetal em Set/2011.

Resultados e Discussões

Na Figura 2 é apresentada a variação dos valores de precipitação para os períodos de janeiro a setembro de 2011 e 2014; e a média histórica de chuva para estes mesmos meses. Podemos observar que o ano de 2014 apresentou em todos os meses analisados precipitação inferior à média normal. Por outro lado, analisando o ano de 2011, seu período de janeiro a março apresentou altos níveis de precipitação, no entanto, os meses de julho e setembro foram marcados por índices de precipitação próximos a zero.

Figura 02: Precipitação observada de janeiro a setembro de 2011 (azul) e 2014 (vermelho) e Precipitação média da série histórica de.

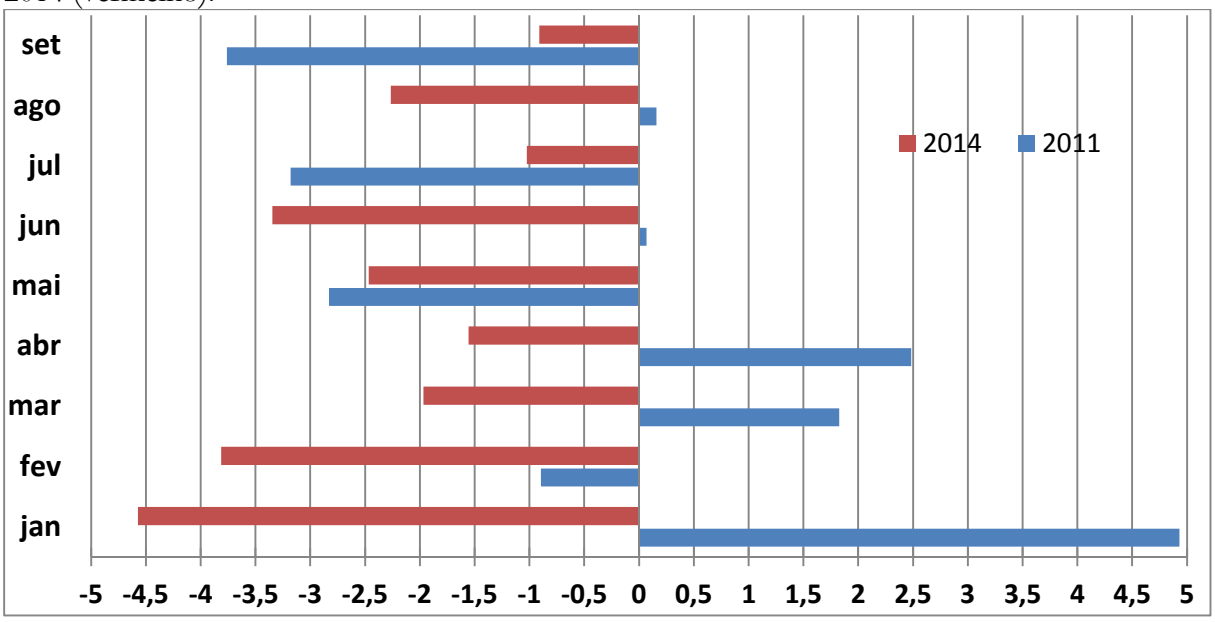


*Precipitação acumulada para o período do mês que antecedeu a imagem analisada.

Os dados de índice de seca nos permite realizar uma segunda avaliação dos dados de precipitação, possibilitando um melhor entendimento do regime de chuva de cada ano. Permite-nos também uma interpretação mais clara, baseada na classificação deste índice proposta por Rooy (1965), conforme descrita na metodologia do trabalho.

Na Figura 3 podemos analisar o comportamento do RAI no período estudado. Notamos que o ano de 2014 apresentou este índice constantemente negativo, corroborando com os dados de precipitação da Figura 2. Observamos também, que os meses de janeiro, fevereiro e junho foram os que apresentaram secas mais fortes; todos com RAI inferior a -3 (seca alta), sendo janeiro o caso mais severo de seca, onde alcançou RAI inferior a -4 (extremamente seco); e ainda, que no segundo semestre (julho a setembro) foi presenciada uma seca de suave a moderada, com RAI entre -0,9 e -2,3 (seca suave).

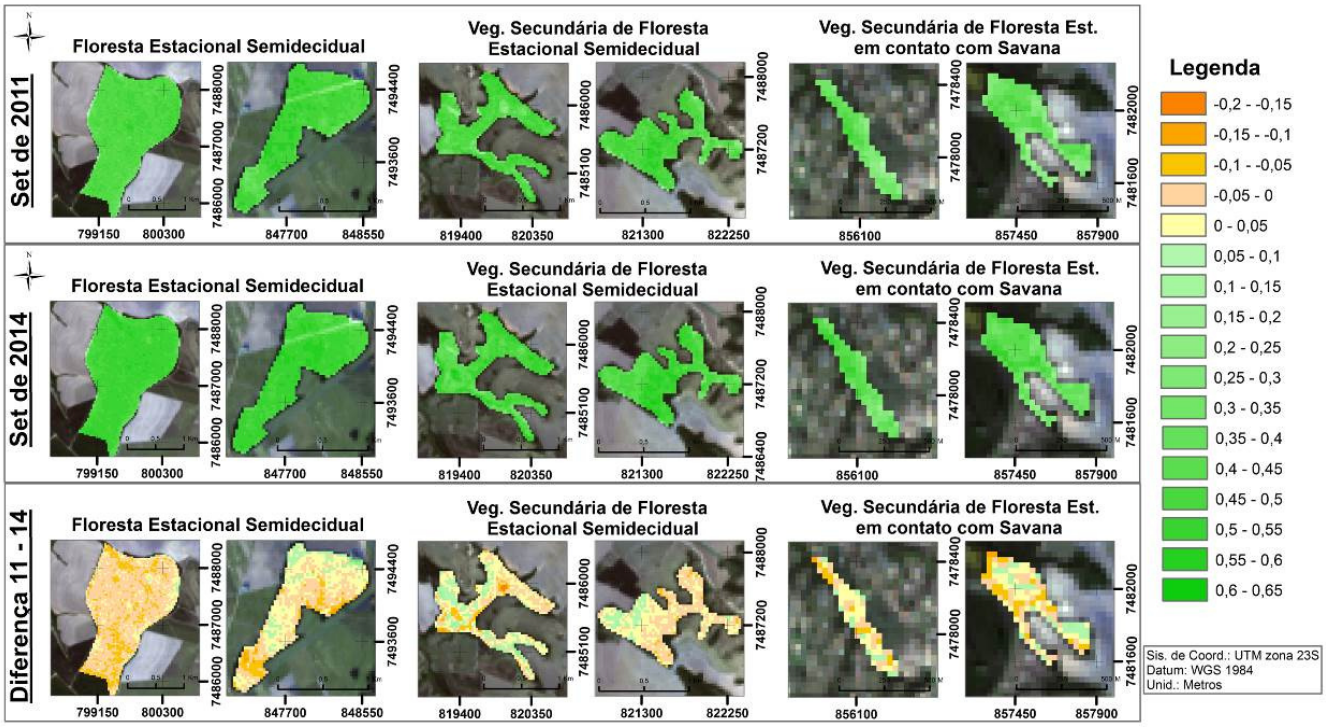
Figura 03: Índice de Anomalia de Chuva para o período de janeiro a setembro de 2011 (azul) e 2014 (vermelho).



Já o ano de 2011, como pode observar na Figura 3, apresentou regime de precipitação bastante oscilante em todo o período analisado. Em seu primeiro semestre constatamos nos meses de janeiro, março e abril anomalias positivas de chuva, ou seja, precipitação superior à média histórica; no entanto, o mês de fevereiro foi marcado por uma seca suave (RAI entre -1,9 e -0,5). Da mesma maneira, no segundo semestre foi presenciada forte estiagem nos meses de julho e setembro, com RAI alcançando valores entre -3 e -3,9 (seca alta), contudo, junho e agosto apresentaram precipitação normal, com regime de chuva semelhante ao observado na serie histórica.

Para análise de uma possível resposta da vegetação a estas anomalias de chuva utilizou-se o índice de vegetação NDVI, calculado a partir de imagens Landsat 5 e Landsat 8 obtidas em 19 de setembro de 2011 e 11 de setembro de 2014, respectivamente. Ao analisar o NDVI dos fragmentos vegetais nos anos de 2011 e 2014 (figura 5), pode-se notar que, apesar do prolongado regime de seca enfrentado em 2014, o índice de vegetação de ambos os anos não apresentou variação temporal neste mês de setembro. Semelhança que fica ainda mais visível quando observado o mapa resultante da subtração do NDVI de 2014 ao de 2011.

Figura 05: Mapas temáticos dos valores de NDVI de cada fragmento vegetal para os anos de 2011, 2014 e para a diferença entre os dois anos.



A operação matemática de subtração entre dois mapas de NDVI é uma forma alternativa de verificação de possíveis mudanças durante um período de tempo estudado (Sartori *et al.*, 2009). Neste mapa de subtração (Figura 5), os distintos fragmentos vegetais apresentam valores de NDVI próximos de zero (coloração próxima a bege), indicando, portanto, que ambos os anos apresentam valores de NDVI semelhantes.

Contudo, é possível observar a presença de alguns pixels com valores ligeiramente negativos. Esta tendência de valores negativos nos denota um comportamento de NDVI ligeiramente mais alto nos fragmentos vegetais de setembro de 2014. Isso é comprovado pela Tabela 2, onde podemos observar que a média de setembro de 2014 foi levemente maior que a de 2011 (0,461 e 0,454, respectivamente). Ainda assim, ao analisar estatisticamente as médias de NDVI dos tipos de vegetação em ambos os anos, comprova-se que não houve diferença significativa entre 2011 e 2014.

Tabela 02: Médias de NDVI de cada tipo de vegetação no mês de setembro de 2011 e 2014.

Tipo de Vegetação [1]	Blocos		Média [2]
	set/11	set/14	
T1	0,498	0,515	0,506 A
T2	0,488	0,482	0,485 A
T3	0,378	0,386	0,382 B
Média [2]	0,454 a	0,461 a	

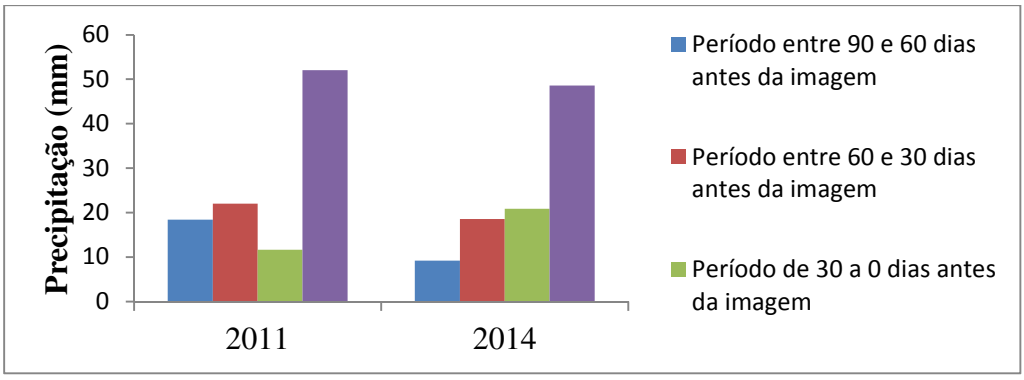
[1] T1 = Floresta Estacional Semidecidual, T2 = Vegetação Secundária da Floresta Estacional Semidecidual, T3= Vegetação Secundária da Floresta Estacional em Contato Savana.
[2] Médias seguidas por letras diferentes, maiúscula na linha e minúscula na coluna, diferem entre si pelo teste de turkey a 5%. DMS para bloco é igual a 0,028 e para grupos de vegetação equivale a 0,047.

Portanto, embora esta notável diferença entre o regime de chuva de 2011 e 2014, no qual o RAI de 2011 foi marcado por oscilações em seus valores e o de 2014 por um comportamento constantemente negativo; não foi observado nas florestas estudadas reflexos em seu vigor ocasionados por estas condições adversas de precipitação.

Segundo Assad *et al.* (1998), o NDVI apresenta aumento apenas no período posterior a ocorrência de chuvas, devido ao fato da vegetação necessitar de um tempo para absorver a água disponível e aumentar sua capacidade fotossintética. Nicácio *et al.* (2009), correlacionando NDVI da vegetação nativa da bacia do rio Coxim -MS com a precipitação acumulada desta região, obteve melhores correlações com a chuva acumulada de quatro a cinco meses (r^2 de 0,45 e 0,61).

Acredita-se, portanto, que a moderada estiagem presenciada no segundo semestre de 2014, foi compensada pelo comportamento oscilante de ausência e presença de estiagem em 2011, explicando assim a similaridade do NDVI entre os anos. Ademais, ao analisar as precipitações acumulada no período dos 90 dias anteriores a imagem de satélite (Figura 4) observou-se que estas se apresentam semelhantes para ambos os anos (por volta de 50mm). Assim sendo, a semelhança espectral encontrada nas diferentes fitofisionomias pode ser a explicada pela similaridade de precipitação acumulada no período de 90 dias anteriores à imagem orbital analisada.

Figura 04: Precipitação em períodos trintenários dos 90 dias anteriores a data das imagens analisadas.



Considerações Finais

Neste período analisado, não foi possível observar, através dos valores de NDVI, diferença estatística no comportamento espectral da vegetação estudada; portanto, as diferentes vegetações do município de Piracicaba apresentaram repostas espectrais semelhantes estatisticamente nos meses de setembro de 2011 e setembro de 2014.

Foi observado que as diferentes fitofisionomias analisadas no trabalho apresentaram resposta de NDVI coerentes com a precipitação acumulada nos 90 dias anteriores à data das imagens.

Os estudos realizados nesse trabalho apresentaram resultados preliminares que devem ser utilizados como subsídios para futuros estudos das variações e influências de eventos climáticos extremos sobre a vegetação nativa.

Referências

ASSAD, E. D.; SETZER, A. W.; MOREIRA, L. Estimativa de precipitação através dos índices de vegetação do satélite NOAA. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 5., 1998, São José dos Campos. *Anais*... São José dos Campos: INPE, 1998. v.2, p.425-429.

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. Disponível em: < http://migre.me/qnibc>. Acesso em: 28 out. 2014.

COMPEÁN, R.G.; POLENSKE, K.R. Antagonistic bioenergies: Technological divergence of the ethanol
industry in Brazil. *Energy Policy,* v.39, p.6951–6961. 2011.

FBDS - Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil. United Nations Climate Change Conference, *COP15*. 2009. Disponível em: http://migre.me/qnic0. Acesso em: 18 out.2014.

FERNANDES, D.S.; HEINEMANN, A.B.; PAZ, R.L. DA; AMORIM, A.DEO.; CARDOSO, A.S. Índices para a Quantificação da Seca. *Embrapa Arroz e feijão,* Goiânia, GO. 2009.

GORE, A. *Uma Verdade Inconveniente*: o que devemos saber (e fazer) sobre o aquecimento global. São Paulo: Malone. 2006.

GUTIÉRREZ, A.P.A.; ENGLE, N.L.; NYS, E.DE.; MOLEJÓN, C.; SÁVIO MARTINS, E.S. Drought preparedness in Brazil**.** *Weather and Climate Extremes***.** v.3 p.95–106. 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manual técnico da vegetação brasileira.* v.1. Brasil: Rio de Janeiro. 2012.

JENSEN, J.R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestre. *Tradução de José Carlos Epiphanio* (Coord) .2.ed. São José dos Campos: Parêntese Editora. 2009. 598p.

LARA, L.B.L.S; ARTAXOB, P.; MARTINELLIA, L.A.; VICTORIA, R.L.; CAMARGO, P.B.; KRUSCHE, A.; AYERSC, G.P.; FERRAZ, E.S.B.; BALLESTER, M.V. Chemical composition of rainwater and anthropogenic influences in the Piracicaba River Basin, Southeast Brazil. *Atmospheric Environment*. v. 35, p. 4937–4945. 2001.

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, p.338-344. 2007. Disponível em: < http://migre.me/qnidg >. Acesso em: 18 out. 2014.

MELO, E. T.; SALES, M. C. L.; OLIVEIRA, J. G. B. de; Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos, Crateús – CE. *RAEGA 23*, p.520-533. Curitiba. 2011.

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. . Disponível em: < http://migre.me/qniec >. Acesso em: 18 out. 2014..

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. *Rev. Geografia*, v. 34, Número Especial, p.667-680, 2009.

NOBRE, C. A. Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país. *Parcerias Estratégicas*, v.12, 2001 Disponível em: < http://migre.me/qnieZ >. Acesso em: 03-11-2014.

NOBRE, A. D. O futuro climático da Amazônia. *Relatório de Avaliação Científica* Articulación Regional Amazônica. Disponível em:
< http://migre.me/qnifl > Acesso em: 03-11-2014.

SARTORI, A. A. DA C.; SILVA, R. F. B. DA; PINUCCI, M. N.; ZIMBACK, C. R. L. Influência do período de estiagem no Índice de Vegetação (NDVI), no município de Botucatu-SP. . In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 14, 2009, Natal. , *Anais*... São José dos Campos: INPE, 2009. p. 4363-4369.

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. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, 2007, Florianópolis. , *Anais*... São José dos Campos: INPE, 2007. p. 4145-4150. Disponível em: < http://migre.me/qnifH >

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E.; KUPLICH, T.M. *Sensoriamento remoto da vegetação*. 2ªedição. *São Paulo*, 2012.

TROPPMAIR, H. A cobertura vegetal primitiva do Estado de São Paulo. *Biogeografia*, v.1, p.1-10, 1969.

RODRIGUES, R. R. A vegetação de Piracicaba e municípios do entorno. *Circular Técnica IPEF*, n 189, 1999

ROLIM, G. S; CAMARGO, M. B. P; LANIA, D. G; MORAES, J. F. L. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. *Bragantia, Campinas*, v.66, n.4, p.711-720, 2007.

ROOY, M. P. van. A rainfall anomaly index independent of time and space. *Notos*, Pretoria, v. 14, p. 43-48, 1965.

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, 1973, Washington D.C. *Anais*… Washington D.C.: NASA SP- 351, 1973. p. 309-317.

VICTOR, M.A.M. A devastação florestal. São Paulo: *Sociedade Brasileira de Silvicultura*, 1975.