

Monitoramento de estiagens com imagens MODIS

Mara Rubia Silva
Marcelo Guimarães Ribeiro
Jorge Antonio Silva Centeno

Curso de pós-graduação em ciências geodésicas - UFPR
Caixa Postal 19001
81531-990 - Curitiba - PR, Brasil
mara_silva@ufpr.br, mgrcivil@hotmail.com, centeno@ufpr.br

Abstract. This work seeks to analyze the spectral answer of the vegetable covering in the State of Paraná as a whole, in the period June of 2005 to June of 2006. And in the period of March of 2005 to June of 2006, analysis of the spectral answer of the vegetation for some areas chosen random in the referring state. These areas to have dimension of 100kmx100km, and they correspond Park Iguassu's areas, of the north and of the center-east of state of Paraná. For the accomplishment of this analyzes the product it was used MOD13Q1, of sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). The obtained data of sensor Modis, they describe the variation of the data of medium precipitation of the state, because when the period of low precipitation, the vegetable covering begins it presents fall in the variation of EVI and NDVI. IVs came as an important instrument for the monitored of the affected areas for the dryness continue.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, MODIS, Estado do Paraná, índices de vegetação, remote sensing, MODIS, state of Paraná, vegetation indices.

1. Introdução

Na "Declaração Universal dos Direitos da Água" da ONU (ONU, 1992) datada em 22 de março de 1992 consta que a água é a seiva do planeta e condição essencial de vida de todo ser vegetal, animal ou humano. A água é um recurso renovável, mas, finito que depende das condições ambientais e estas são resultantes ou consequência das próprias ações desenvolvidas pelos seres humanos, as quais podem provocar alterações no ciclo hidrológico, dando como resultado a escassez de água, que afeta a produção agrícola e o fornecimento de água nos centros urbanos, dentre outros.

As mudanças climáticas sofrem as consequências da ação humana na superfície da terra. Esta polêmica é um tema atual, que divide tanto cientistas como governantes na busca de um desenvolvimento consciente da preservação do meio ambiente para gerações futuras. Porém, as variações temporais do ciclo hidrológico não são apenas o resultado da ação antrópica, mas também obedecem a oscilações naturais ainda pouco conhecidas, principalmente em função do pouco conhecimento deste processo. Os registros históricos de chuva, por exemplo, são recentes, apenas alguns países europeus contam com longas séries de registros, que mesmo assim, quando comparados com o início da civilização, podem ser considerados recentes. Soma-se a isto o fato de alguns ciclos climáticos serem seculares, não sendo registrados nas séries disponíveis. A precipitação ainda pode ser considerada uma variável monitorada, mesmo que deficientemente, no equacionamento do ciclo hidrológico. Outras grandezas, como a evaporação ou a umidade do solo nem sempre são medidas, em função do alto custo da implementação de uma rede eficiente. O conhecimento da umidade do solo, por exemplo, é fundamental durante períodos de seca. Na estiagem, baixas precipitações, aliadas a altas taxas de evaporação e o uso intensivo da água superficial e subterrânea, afetam a população e agricultura.

Uma opção para suprir esta carência de informações é o uso de sensoriamento remoto. No contexto de países em desenvolvimento, os produtos gratuitos do sensoriamento remoto,

como por exemplo, as imagens do sensor MODIS, tornam-se aliados valiosos no monitoramento de extensas regiões. Neste artigo, o resultado de um estudo temporal da estiagem que afetou o sul do Brasil, focado na região do estado do Paraná, é apresentado e as vantagens do uso desta metodologia são discutidas.

2. Objetivo

Este trabalho tem como objetivo fazer o estudo temporal da estiagem no estado do Paraná, utilizando o produto MODIS (MOD13Q1), referente aos índices de vegetação.

3. Material e Métodos

As áreas de estudo utilizadas neste trabalho foram: o estado do Paraná, com três áreas de dimensão 100kmx100km espaçadas em diferentes regiões dentro do referido estado. O estado do Paraná localiza-se entre as latitudes 22° e 27° Sul e as longitudes 48° e 55° oeste, e é dividido em 10 mesoregiões geográficas (noroeste, centro-ocidental, norte central, norte pioneiro, centro-oriental, oeste, sudoeste, centro-sul, sudeste e metropolitana de Curitiba). A localização do estado do Paraná pode ser observada na **figura 1**.

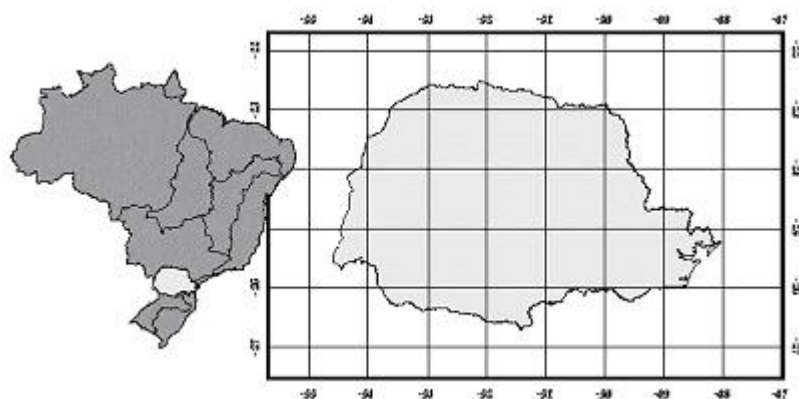


Figura 1. Região de Estudo – Estado do Paraná.

Para a obtenção das áreas de estudo local, delimitou-se em ambiente ARCGIS um arquivo vetor contendo as três áreas, depois este vetor foi importado para o ambiente ENVI, onde foi criada uma máscara, e esta foi multiplicada com as imagens MODIS para se calcular os valores dos índices de vegetação das regiões em questão. Cada região obtida no arquivo vetor apresenta uma área de 10.000 km².

As áreas representam regiões com diferentes características de uso de solo. Segundo o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), a região 1, denominada “Parque Iguaçu”, localizada na mesoregião oeste do estado, engloba o Parque Nacional do Iguaçu e uma região com extensa área de plantio contínuo, principalmente culturas de soja e milho. A região 2, denominada “Norte do Paraná”, situa-se nas mesoregiões norte pioneiro e norte central, onde o plantio é bem diversificado, como por exemplo, cultivo de café, algodão e cana de açúcar. E a região 3, denominada “Leste Central”, localiza-se nas mesoregiões metropolitana de Curitiba, centro-oriental e sudeste, a qual corresponde aos campos gerais, e é região de interesse para futura expansão da região metropolitana de Curitiba.

A localização da três áreas pode ser observada na **figura 2**, e a precipitação média mensal de longo período no **gráfico 1**.



Figura 2 – Regiões de estudo local.

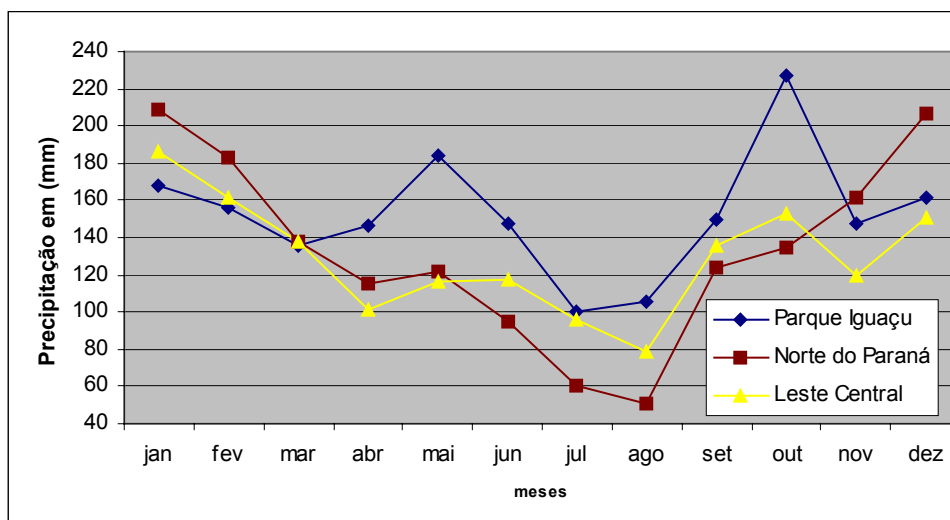


Gráfico 1 – Precipitação Média Mensal de Longo Período no Paraná.

Fonte: IAPAR 2006.

De acordo com o **gráfico 1**, nota-se que o trimestre histórico mais seco corresponde aos meses de junho, julho e agosto. Segundo Braga et al. (2003) a vegetação demora cerca de um a dois meses para responder as variações do regime de precipitação pluvial. O que correspondem aos períodos de menor valor dos IV no trimestre, agosto a outubro de 2005 .

Como base de dados para este estudo temporal foram utilizados dados do produto MOD13Q1. Este produto contém dois índices de vegetação, o EVI (Enhanced Vegetation Index) e NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) do sensor MODIS. Estes dados são distribuídos gratuitamente pelo Earth Observing System Data Gateway (EOS) da NASA.

O sensor MODIS, é o principal instrumento a bordo do satélite Terra (EOS AM-1), é um dos Sistemas de Observação da Terra da NASA. Conta com 36 bandas espectrais, sendo 10 localizadas na faixa do visível, 7 na faixa do infravermelho próximo, 11 na faixa do infravermelho médio e 8 na faixa do infravermelho distante, como é mostrado na **tabela 1**.

Tabela 1. Número das bandas com os comprimentos de ondas

Bandas	Cumprimento de onda (μm)	Bandas	Cumprimento de onda (μm)
1	0,620 – 0,670	19	0,915 – 0,965
2	0,841 – 0,876	20	3,660 – 3,840
3	0,459 – 0,479	21	3,929 – 3,989
4	0,545 – 0,565	22	3,929 – 3,989
5	1,230 – 1,250	23	4,020 – 4,080
6	1,628 – 1,652	24	4,433 – 4,498
7	2,105 – 2,155	25	4,482 – 4,549
8	0,405 – 0,420	26	1,360 – 1,390
9	0,438 – 0,448	27	6,535 – 6,895
10	0,483 – 0,493	28	7,175 – 7,475
11	0,526 – 0,536	29	8,400 – 8,700
12	0,546 – 0,556	30	9,580 – 9,880
13	0,662 – 0,672	31	10,780 – 11,280
14	0,673 – 0,683	32	11,770 – 12,270
15	0,743 – 0,753	33	13,185 – 13,485
16	0,862 – 0,877	34	13,485 – 13,785
17	0,890 – 0,920	35	13,785 – 14,085
18	0,931 – 0,941	36	14,085 – 14,385

Os índices de vegetação, como o EVI ou o NDVI, podem se calculados para uma região a partir dos valores digitais das algumas bandas, conforme é mostrado nas equações (01) e (02).

Para o cálculo do NDVI, a partir do sensor MODIS, utiliza-se as bandas 1 e 2, uma vez que, a banda 1 refere-se ao comprimento de onda do vermelho do espectro eletromagnético, e a banda 2 ao comprimento do infravermelho.

$$NDVI = \frac{\rho_{iv} - \rho_v}{\rho_{iv} + \rho_v} \quad (01)$$

Onde, ρ_{iv} = valor do *pixel* na banda do infravermelho próximo;

ρ_v = valor do *pixel* na banda do vermelho.

Segundo Kuntschik (2004) o EVI é um dos poucos índices que consegue diminuir a influência de dois fatores externos ao mesmo tempo. Ele foi desenvolvido com o objetivo de aumentar a sensibilidade das imagens em relação à vegetação em áreas com muita biomassa e, simultaneamente, reduzir a influência da atmosfera nos valores que o índice assume. As bandas utilizadas para o cálculo do EVI são 1, 2 e 3.

$$EVI = G \frac{\rho_{iv} - \rho_v}{\rho_{iv} + C1 * \rho_v - C2 * \rho_a + L} \quad (02)$$

Onde,

ρ_{iv} = Reflectância no infra-vermelho;

G = fator ganho;

ρ_v = Reflectância no vermelho;

L = Correção do solo;

ρ_a = Refletância no azul;

C1 e C2 são os coeficientes que corrigem a influência dos aerossóis na banda da região espectral correspondente ao vermelho, e L o fator L faz um ajuste para compensar a radiação de fundo do dossel. Essa compensação deve ser feita porque a transmissão da radiação, correspondente às faixas espectrais do vermelho e do infravermelho próximo, através do dossel vegetal, é diferente, e ambas estando relacionadas através de uma equação não linear (Kuntschik 2004).

O índice de vegetação reflete o vigor da vegetação a partir do contraste entre a bandas do infravermelho próximo e visível. Embora este índice não seja uma medida direta da umidade do solo, estudos anteriores mostram que ele pode ser utilizado para monitorá-la, pois durante

períodos de estiagem a cobertura vegetal sofre diretamente os impactos da queda da umidade no solo. Segundo Centeno et al. (1993) em situações de deficiência hídrica, a diferença entre as duas bandas diminui, o que causa queda no valor do índice. Pelo contrário, a vegetação sadia é associada a valores altos de índice.

Com os dados do MOD12Q1, o efeito da estiagem na vegetação foi monitorada entre 23 de março de 2005 e 26 de junho de 2006. Duas imagens foram obtidas a cada mês dentro deste intervalo. O índice de vegetação é calculado usando os valores de séries de 16 dias, para reduzir o efeito de nuvens ou falhas nas imagens.

As regiões de interesse foram delimitadas utilizando um mapa disponibilizado pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2006). Polígonos no sistema de projeção Universal Transversal de Mercator (UTM), datum WGS 84, foram digitalizados para cada região.

A seguir, as imagens foram processadas no programa MRT (*MODIS Reprojection Tool*). O produto fornecido pela NASA encontra-se no sistema de coordenadas geográficas, portanto a mudança de projeção é necessária para utilizar tais dados junto com os arquivos vetoriais que delimitam a região de estudo. Assim sendo, o seguinte passo consiste em georeferenciar as imagens, usando o sistema de projeção Universal Transversal de Mercator (UTM), datum WGS 84.

Os valores de NDVI e EVI foram agrupados em quatro classes, definidas com base nos parâmetros fornecidos pelo USGS/NASA (*Distributed Active Archive Center*). O pacote de índice de vegetação dos produtos MODIS vem em formato 16 bit com valores discretos de intensidade variando de -3.000 a 10.000, que correspondem a variação dos IV que é de -1,0 a 1,0 multiplicados por 10.000. Os valores abaixo de -2.000 são desprezados.

Os limiares definidos estão representados na **tabela 2**. A avaliação multitemporal dos índices baseou-se nos maiores valores representativos. Estes dados se enquadram na classe com valor de IV maior do que 7.000, sendo classificado como de intensidade alta, já os valores de -2.000 a 7.000 são considerados com intensidade variando de baixa a boa.

Tabela 2 classes representativas do índice de vegetação

-3.000 a -2.000	Valores não classificados
-2.000 a 2.000	Intensidade baixa
2000 a 4.000	Intensidade regular
4.000 a 7.000	Intensidade boa
7.000 a 10.000	Intensidade alta

A análise da variação multitemporal dos índices de vegetação se dividiu em duas partes. A primeira com uma visão geral sobre o estado como um todo, onde se caracteriza a variação geral dos IV no período de um ano, compreendido entre os meses de junho de 2005 e 2006. A segunda consiste da análise das três áreas de interesse, com a finalidade de efetuar um estudo comparativo e identificar diferenças da evolução do índice de vegetação nelas. Para estas áreas além do período anual, utilizou também mais seis imagens do ano de 2005, totalizando 30 imagens. A **figura 4**, representa a variação do NDVI nos meses de abril, maio e junho do ano de 2006.

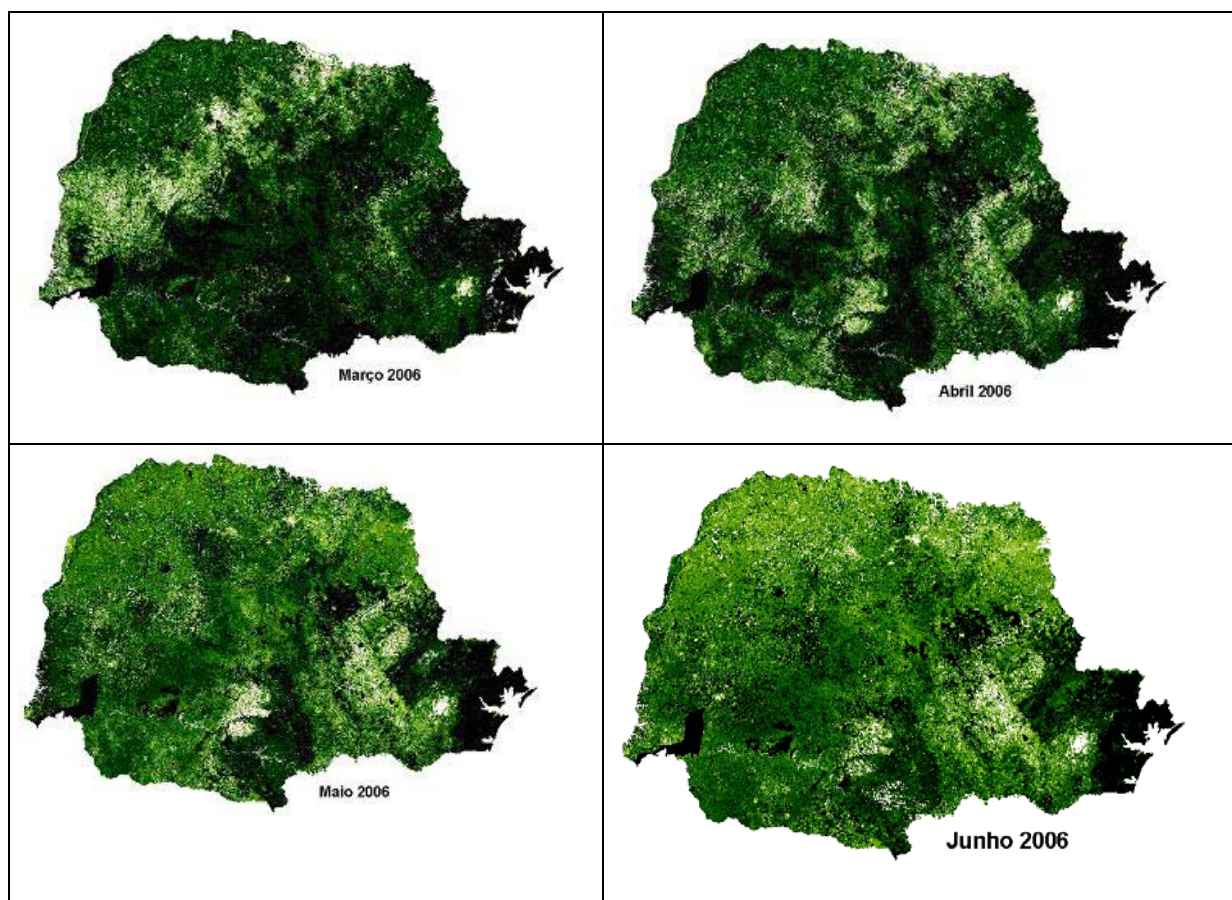


Figura 4 – Variação das Imagens NDVI no período da estiagem no estado do Paraná.

4. Resultados e Discussão

O gráfico 2, representa a variação multi-temporal dos valores mais altos de NDVI e EVI no estado do Paraná, durante o período de um ano (2005/6). Nota-se que os valores mais baixos de ambos os índices correspondem aos meses de setembro a novembro do ano de 2005, e não ao período mais acentuado da estiagem nos meses de abril a junho do ano de 2006, como seria esperado.

A correlação entre os dados de EVI e NDVI, para este período, é de 0,65. Ambos índices refletem a mesma tendência, porém o NDVI mostra maiores oscilações ao longo do tempo. Neste trabalho são apresentados apenas os dados de NDVI.

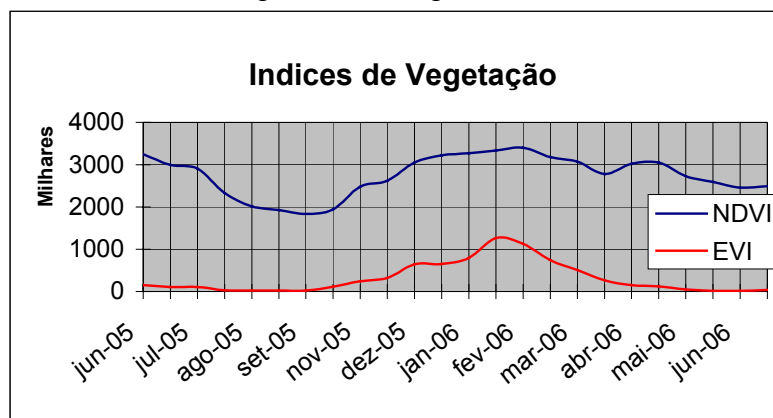


Gráfico 2 – Variação multi-temporal anual dos índices de vegetação no estado do Paraná.

Quando se foca as regiões em separado, **gráfico 3**, verifica-se uma acentuação da variação do NDVI no trimestre mais seco na região do norte do estado, onde o déficit hídrico que ocorreu em 2005 chegou a casa dos 100mm (IAPAR). Já na região do Parque Iguazu este déficit foi um pouco menor, alcançando os 50mm nos meses de junho e julho de 2005. A região central do estado foi menos atingida pela falta de chuva no ano anterior, chegando ao déficit de 50 mm apenas no mês de junho.

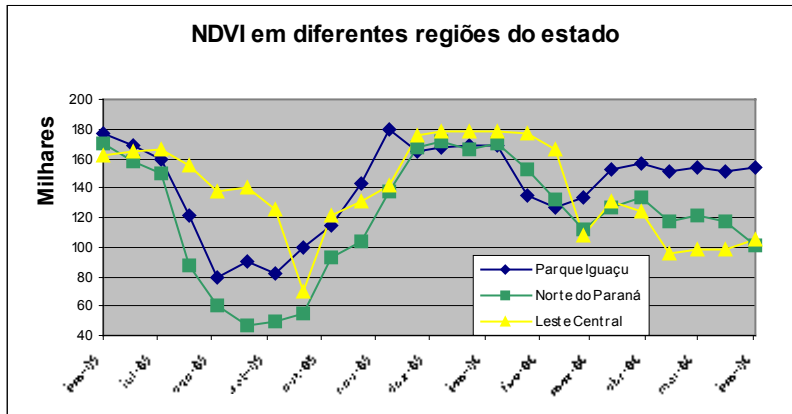


Gráfico 3 - Variação do NDVI em diferentes áreas.

Nas combinações de NDVI do período da primeira quinzena do mês de outubro de 2005 e segunda quinzena do mês de março de 2006, os valores de índice de vegetação foram afetados por uma grande incidência de nuvens no período. A região mais afetada foi a região leste do estado, identificada no **gráfico 3** por uma acentuada depressão na curva.

Quando se estuda o início do período da estiagem de 2006, no mês de março, verifica-se que os valores de índice de vegetação são superiores aos do ano anterior. Isto se deve ao fato de que o índice de vegetação do mês de março/05 reflete o forte déficit hídrico do mês de fevereiro/05, principalmente nas regiões oeste e norte do estado, onde a precipitação ficou 250mm abaixo da média histórica. Nos meses seguintes observa-se que houve uma inversão do gráfico de 2006 em relação a 2005. O **gráfico 4**, representa esta tendência. A região do Parque Iguazu apresentou o maior déficit hídrico, principalmente no mês de maio de 2006 onde em relação à média histórica choveu 250 mm a menos. Nos meses de junho e julho houve uma melhora nos dados de precipitação, com o déficit hídrico se reduzindo para 100 mm na região. Nas regiões norte e central a estiagem foi menos rigorosa atingindo 100 mm de redução em relação à média histórica.

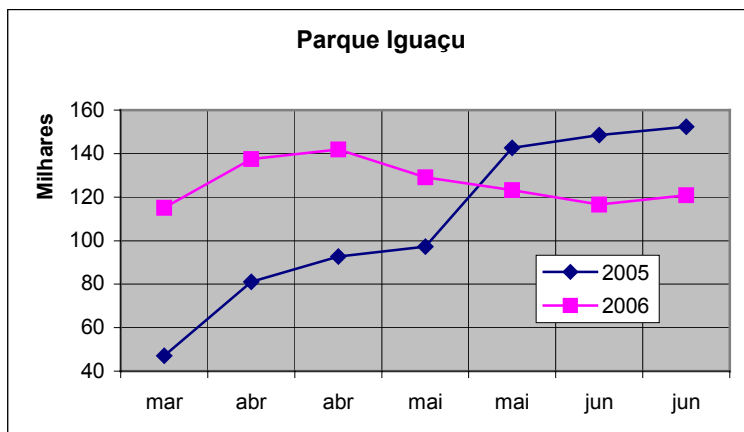


Gráfico 4a – Comparação do NDVI na região do parque Iguaçu.

5. Conclusões e Sugestões

Os índices de vegetação (NDVI e EVI) estudados neste trabalho, apresentaram-se como um importante instrumento para o monitoramento das áreas afetadas pelas estiagens prolongadas no estado do Paraná. Estes índices podem ser utilizados para o mesmo propósito em outras regiões, mas deve-se levar em consideração as características próprias de cada região e também suas variações sazonais (de clima, tipos de cultivos entre outros). Também, deve-se ficar atento ao tempo de resposta da vegetação às variabilidades sazonais da precipitação. O monitoramento contínuo de regiões através dos índices de vegetação pode ser uma alternativa para previsão de recuperação da vegetação, após um período de estiagem, sendo assim os índices de vegetação podem servir de parâmetro para se quantificar os efeitos de eventos desta natureza.

6. Referências

Ambiente Brasil S/S Ltda. **Ambiente Água**. 2000. Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./agua/doce/index.html&conteudo=./agua/declaracao_gua.html>. Acessado em 16/08/2006.

BRAGA, C. C.; BRITO, J. I. B.; SANSIGOLO, C. A.; RAO, T. V. R. Tempo de resposta da vegetação às variabilidades sazonais da precipitação no Nordeste do Brasil. Santa Maria. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 11, n. 1, p. 149-157. 2003.

CENTENO, J. A. S.; KISHI, R. T.; TOLEDO FILHO, M. R. Monitoramento do período seco na zona da mata do Estado de Alagoas utilizando dados do sensor AVHRR. 1993, Porto Alegre. **Anais do VIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 1993. p. 51.

D'ARCO, E.; RIZZI, R.; RUDORFF, B. F. T. Análise de combinação dos Índices de vegetação EVI e NDVI derivadas do sensor MODIS para identificação de áreas de arroz irrigado. 2005, Goiânia. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, São José dos Campos: INPE, 2005. p. 91-93.

IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná. Monitoramento Agroclimático: Zoneamento Agrícola. 2006. Disponível em: <<http://www.iapar.br/zonpr/>>. Acessado em 29 de agosto de 2006.

KUNTSCHIK, G. **Estimativa de biomassa vegetal lenhosa em cerrado por meio de sensoriamento remoto óptico e de radar**. 2004. p. 154. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Ecologia. 2004

Ministério do Meio Ambiente. ANA – Agência Nacional de Águas: Informações Hidrológicas – Hidroweb: Dados Hidrológicos: Séries Históricas. 2003. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acessado em 29/08/2006.

USGS - NASA Distributed Active Archive Center: U.S. Government: Public Information Exchange Resource: NASA: Privacy Policy and Important Notices: USGS: Privacy Statement, Disclaimer, Accessibility, FOIA, DOI: Privacy Statement, Privacy Disclaimer, No FEAR Act, FOIA, Performance Plan, Children's Privacy. Disponível em: <<http://LPDAAC.usgs.gov/main.asp>>. Acessado em 29/08/2006.