

MONITORAMENTO DA SECA OCORRIDA EM 2012 NO NORDESTE BRASILEIRO A PARTIR DOS DADOS DO SPOT-VEGETATION E TRMM

Janice Leivas¹, Ricardo Andrade², Daniel Victoria³, Fabio Torresan⁴, Edson Bolfe⁵, Thiago Barros⁶

¹Pesquisadora da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas - SP, janice@cnpm.embrapa.br

²Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas - SP, ricardo@cnpm.embrapa.br

³Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas - SP, daniel@cnpm.embrapa.br

⁴Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas - SP, torresan@cnpm.embrapa.br

⁵Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas - SP, bolfe@cnpm.embrapa.br

⁶Estagiário da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas - SP, thiago@cnpm.embrapa.br

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento do Índice de Vegetação Padronizado (IVP) obtido a partir do produto NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) decenal do satélite SPOT-Vegetation, para o monitoramento da seca no nordeste brasileiro, a partir da série histórica de 1998 a 2012. Para subsidiar os resultados foi realizada a padronização dos dados de precipitação obtidos do satélite TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*), de março de 2011 a março de 2012. Os resultados são satisfatórios, indicando a ocorrência de intensa seca no nordeste brasileiro a partir de janeiro de 2012. Foi observada variabilidade do IVP e defasagem na resposta da vegetação à precipitação estimada a partir do TRMM. As análises comprovam que o IVP mostrou-se eficaz no monitoramento das secas na região nordeste do Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: NDVI, sensoriamento remoto, secas

INTRODUÇÃO: A seca é uma deficiência de precipitação durante um período prolongado de tempo que resulta em escassez de água para algumas atividades, grupo ou setor ambiental (NDMC, 2007). A seca de 2011/2012 está sendo considerada a pior dos últimos 30 anos, acarretando, além da deficiência hídrica que assola o Nordeste Brasileiro (NEB), aumento nos preços dos alimentos.

O produto decenal de NDVI do sensor Vegetation (VGT), a bordo do satélite SPOT, tem a finalidade específica de imageamento da vegetação. Com a finalidade de quantificar as anomalias em forma de desvio padrão em relação à média, obteve-se o Índice de Vegetação Padronizado (IVP). Essa estimativa, proposta por Park et al. (2008), permite verificar o quanto a cobertura vegetal ficou acima ou abaixo do comportamento normal da vegetação, devido à padronização dos dados, possibilitando realizar comparações entre diferentes regiões, como é o caso do nordeste brasileiro, que apresenta diversidade da cobertura vegetal.

O monitoramento do IVP para o nordeste brasileiro foi realizado a partir de séries temporais do SPOT Vegetation, através da padronização do Índice de Vegetação (NDVI) decenal da série histórica de 1998 a 2012. Estes dados foram comparados com estimativas de precipitação, obtidas a partir do satélite TRMM que, devido à falta de uma densa rede de pluviômetros no território brasileiro, se mostra como uma alternativa interessante.

Desta forma, o objetivo do trabalho foi verificar o comportamento da cobertura vegetal no NEB, através da análise do IVP em relação ao padrão histórico para cada pixel do período de março de 2011 a agosto de 2012, do produto NDVI do SPOT-Vegetation e comparar com as estimativas de precipitação padronizada do TRMM, de março de 2011 a março de 2012.

MATERIAL E MÉTODOS: A área de estudo é a região Nordeste do Brasil (NEB) que compreende os estados Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí e Maranhão (Figura 1). A região está localizada na zona intertropical da Terra, que apresenta uma elevada quantidade de luz incidente na superfície do local, resultando em temperaturas muito elevadas durante o ano todo. Nessa região as chuvas não são bem distribuídas no decorrer do ano. Segundo a classificação de Koeppen, são identificados os tipos climáticos ao longo da região de estudo: Tropical (Aw, As e Af), Semiárido (BSH) e Equatorial Úmido (Am).

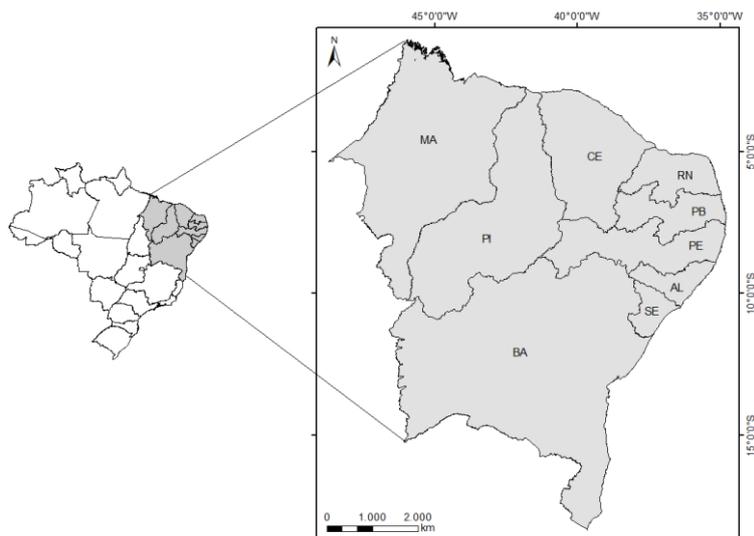


Figura 1. Localização da área de estudo

Para a realização do trabalho, foram utilizados os produtos V2KRNS10 do sensor SPOT Vegetation (VGT) que fornece a síntese decenal do NDVI. Este produto é obtido a partir do valor máximo do índice de vegetação observado durante o período da composta temporal (10 dias) para cada pixel da imagem, o *Maximum Value Composite* (MVC). Como o produto é decenal, ocorre seleção dos pixels com maior valor de NDVI durante o período, reduzindo a contaminação por nuvens. O V2KRNS10 possui resolução radiométrica de 8 bits e resolução espacial de 1km. A conversão dos valores digitais da imagem para valores de NDVI é feita a partir da regressão linear:

$$NDVI = (0,004 \times NC) - 0,1$$

em que, NC é o nível de cinza de cada pixel.

A partir do produto V2KRNS10 foi obtido o Índice de Vegetação Padronizado (IVP) ao aplicar a metodologia proposta por Park et al. (2008), que permitiu quantificar o quanto o índice de vegetação de um determinado decênio difere do valor médio de longo prazo para o mesmo decênio.

Para cada decênio, foi calculada a imagem anomalia de vegetação. Este cálculo foi realizado pixel a pixel e foi obtido através da subtração do NDVI mensurado no decênio e a média de longo prazo do NDVI do decênio, dividido pelo desvio padrão do NDVI do referido decênio. Com isso, foi obtido o valor da anomalia de vegetação para cada decênio do período analisado na região nordeste.

A partir da imagem anomalia de vegetação, ou seja, o quanto o IVP ficou acima ou abaixo da média do NDVI para o decênio, pode-se identificar a variabilidade da vegetação. Esses resultados foram comparados com os dados de precipitação padronizados do TRMM, obtendo-se o Índice de Precipitação Padronizado (IPP). As anomalias de precipitação foram comparadas com os desvios do Índice de Vegetação, em relação à média climatológica.

Para obtenção do Índice de Vegetação Padronizado (IVP) foi necessário gerar as imagens médias de NDVI de cada decênio, do período de abril de 1998 a 2012. A partir daí, foram obtidas as anomalias da cobertura vegetal em relação ao padrão histórico para o período analisado, ou seja, o quanto o vigor vegetativo ficou acima ou abaixo da média para o decênio referido. O Índice de Vegetação Padronizado (IVP) foi obtido conforme a expressão:

$$IVP_{dec} = \frac{NDVI_{dec} - NDVI_{med dec}}{\sigma_{dec}}$$

Onde, IVP_{dec} é o Índice de Vegetação Padronizado do decênio referido; $NDVI_{dec}$ é o Índice de Vegetação do decênio referido; $NDVI_{med dec}$ é a média do Índice de Vegetação para diversos anos, no decênio referido; σ_{dec} é o desvio padrão dos índices de vegetação de vários anos no decênio referido. Os valores de IVP e IPP foram categorizados de acordo com a Tabela 1, que representam valores do índice de vegetação muito abaixo do normal ($IVP < -2$) até muito acima do normal ($IVP > 2$).

Tabela 1 - Intervalos de classes dos valores do Índice de Vegetação Padronizado (IVP) e da precipitação (IPP) estimada pelo TRMM e sua correspondente categorização indicativa.

Valores de IVP e IPP	Categorização	Legenda IVP e IPP
$\leq - 2,0$	Muito abaixo do normal	Vermelho escuro
$-2,0 < IVP \leq -1,5$	Abaixo do normal	Vermelho
$-1,5 < IVP \leq -1,0$	Ligeiramente abaixo do normal	Laranja
$-1,0 < IVP \leq 1,0$	Normal	Amarelo/ Branco
$1,0 < IVP \leq 1,5$	Ligeiramente acima do normal	Verde claro/ Azul claro
$1,5 < IVP < 2,0$	Acima do normal	Verde / Azul
$\geq 2,0$	Muito acima do normal	Verde escuro / Azul escuro

Com a obtenção do Índice de Vegetação Padronizado (IVP), foi possível avaliar o vigor vegetativo em relação aos padrões históricos (1998/2012) para cada pixel e decêndio do período analisado.

Os resultados foram expressos em desvios padrão em relação à média, ou seja, anomalia de vegetação em relação à média, possibilitando avaliar a distribuição espacial dos Índices de Vegetação Padronizado (IVP). A escala em tons de verde corresponde aos valores de NDVI ligeiramente acima do normal, acima do normal e muito acima do normal, respectivamente, ou seja, pode-se afirmar que o NDVI está acima do que era esperado para o local e decêndio analisado. As áreas em amarelo correspondem ao Índice de Vegetação (NDVI) normal, ou seja, NDVI da área assemelha-se à média do período 1998/2012, para o referido pixel. Nas áreas em tom de cinza não foram obtidos dados. Isto se deve à presença de nuvens ou pixels ruidosos, eliminados na fase de pré-processamento. Em cada decêndio, foi determinada a variação média do IVP ao longo do tempo. Para tanto, associando-se as imagens decêndiais do SPOT Vegetation ao mapa de referência, foi possível determinar o IVP em cada local (pixel). Foi analisado o IVP em relação à precipitação padronizada estimada pelo TRMM, o IPP.

A estimativa dos desvios temporais na precipitação foi estimada a partir do Índice Padronizado de Precipitação (IPP). De forma análoga ao Índice de Vegetação Padronizado, este índice avalia a diferença da precipitação em um determinado período em relação à precipitação média do período, normalizado pelo desvio padrão.

Os dados de precipitação utilizados no cálculo do IPP foram obtidos das estimativas mensais de precipitação do satélite TRMM, produto 3B43, obtidos via ftp em <http://daac.gsfc.nasa.gov/data/>.

Estes apresentam resolução espacial de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ (aproximadamente 25 km) e correspondem ao acumulado mensal de precipitação estimada, ajustada a partir de dados de uma rede mundial de postos pluviométricos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Figura 2, é apresentada a distribuição espacial do IVP na região nordeste do Brasil. Observa-se que o IVP variou entre normal e abaixo do normal na maior parte da região nordeste, com exceção ao período entre novembro e dezembro de 2011, onde foi observado IVP acima do normal para o período, na parte norte do NEB. Na Figura 3, observa-se ocorrência de IPP acima do normal na mesma região. Logo, o comportamento da cobertura vegetal nessa região respondeu à precipitação com a defasagem de uma a dois meses. A partir de dezembro de 2011, observa-se que a precipitação ficou abaixo do normal (Figura 3) na maior parte do NEB, acarretando diminuição do IVP em toda a região estudada (Figura 2). A partir de janeiro de 2012, observa-se intensificação da seca no NEB, sendo considerada como a pior dos últimos 30 anos, afetando principalmente a região do semi-árido. Na Bahia, observa-se que a precipitação abaixo do normal estendeu-se desde maio de 2011. Molion et al. (2002) mostraram que no sul do NEB, em praticamente toda Bahia, norte de Minas Gerais, noroeste do Espírito Santo e partes sul do Maranhão e Piauí e extremo sudoeste de Pernambuco, os índices pluviométricos variam de 600 mm/ano (interior) a mais de 3.000 mm/ano (litoral) e seu período mais chuvoso está compreendido entre os meses novembro a fevereiro (NDJF). Na seca de 2012, a precipitação esperada não ocorreu, conforme constatado nos resultados deste estudo, causando sérios problemas para a população.

Observa-se defasagem entre o IVP e a precipitação padronizada do TRMM. O comportamento do NDVI está fortemente influenciado pela precipitação, bem como o tempo da defasagem de dois meses entre a precipitação e o NDVI, conforme já constatado em estudos anteriores como o realizado por

Ávila et al. (2009) e Wang et al. (2003). Barbosa et al. (2011) analisaram a dinâmica temporal do NDVI no semi-árido do nordeste brasileiro, ocupado pela caatinga e em área de savana africana, verificando que o NDVI varia de acordo com as condições climáticas locais, apresentando uma lacuna temporal entre a ocorrência de precipitação e absorção de água disponível na vegetação corroborando com o monitoramento das secas e a resposta da cobertura vegetal, através do IVP.

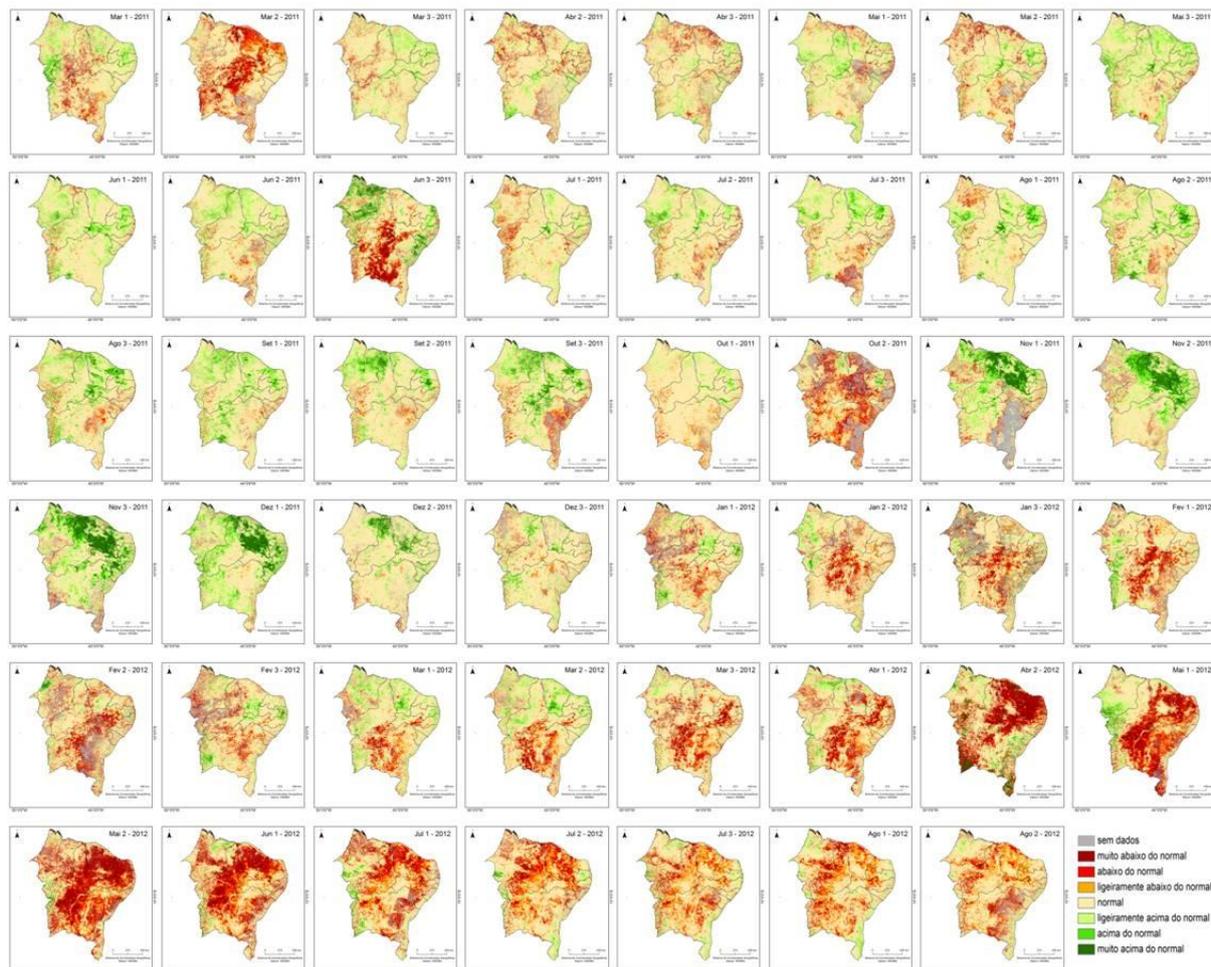


Figura 2. Distribuição espacial do Índice de Vegetação Padronizado do 1º decêndio de março de 2011 a 2º decêndio de agosto de 2012.

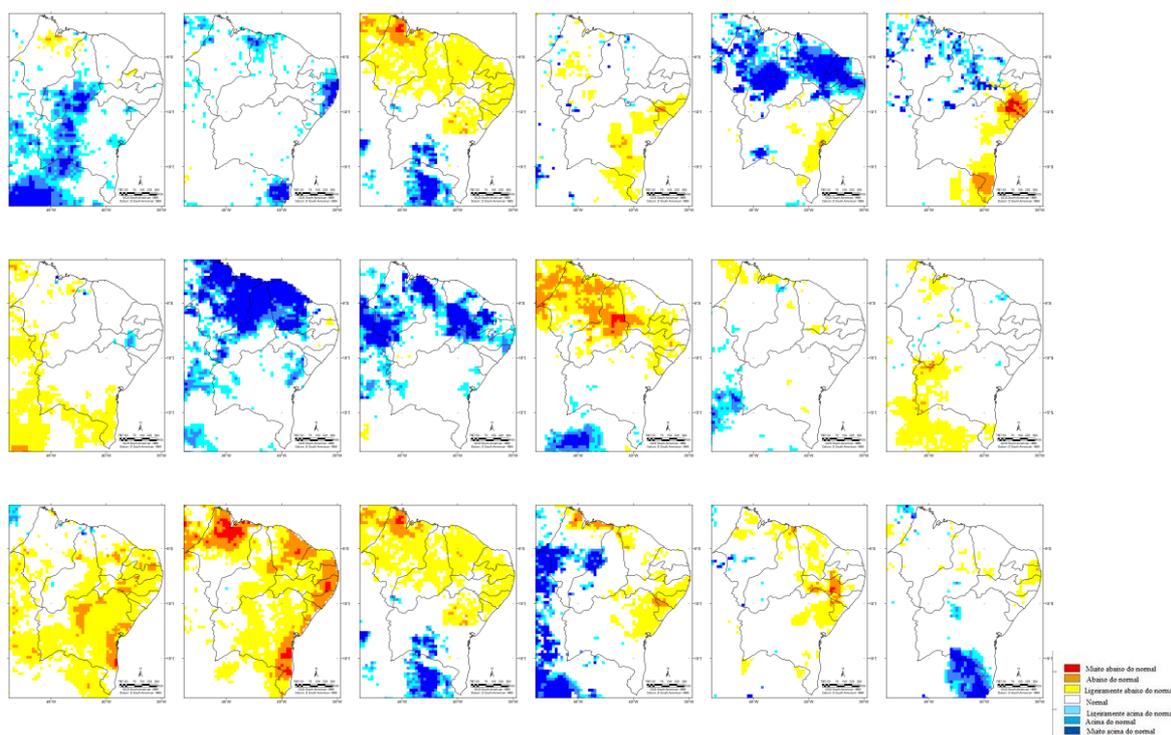


Figura 3. Distribuição espacial do Índice de Precipitação Padronizado do TRMM, de março de 2011 a agosto de 2012.

As estimativas de precipitação obtidas do satélite TRMM apresentam a variabilidade sazonal. Há uma tendência dos dados do satélite superestimarem a precipitação total. Essa diferença é da mesma ordem das verificadas em trabalhos anteriores (RAMAGE et al., 2003, COLLISCHONN et al., 2006), e os resultados podem ser considerados satisfatórios. Uma característica importante é que o satélite TRMM estima corretamente a ausência de chuva, fator importante para o monitoramento da seca na região nordeste do Brasil.

5. CONCLUSÕES

A seca que ocorreu no nordeste brasileiro em 2012 foi monitorada a partir o Índice de Vegetação Padronizado derivado das imagens do sensor SPOT-Vegetation devido à grande extensão do evento extremo climático. O período mais crítico foi observado a partir de janeiro de 2012, onde grandes áreas do semi-árido apresentaram IVP muito abaixo do normal, associadas ao baixo índice pluviométrico obtido a partir dos dados do TRMM.

A metodologia proposta a partir da análise do NDVI do SPOT-Vegetation pode ser aplicada para o monitoramento decenal de áreas com potencial de ocorrência de secas no nordeste brasileiro.

REFERÊNCIAS

- ÁVILA, A.M.H; GONÇALVES, R.R.V.; PINTO, H.S.; ZULLO, J.J. Relação entre a precipitação e o NDVI em imagens AVHRR/NOAA para a cana-de-açúcar, no estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...**, São José dos Campos: INPE, 2009. p. 553-560. On-line. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2007/biblioteca/>>. Acesso em: 12 fev. 2012.
- BARBOSA, H.A.; KUMAR, T.V.L.; SILVA JUNIOR, I.W. Analysis of the NDVI Temporal Dynamics in Semi-arid Ecosystems: Brazilian Caatinga and African Western Sahel. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.02, n. 01, p. 300-306, 2011.

COLLISCHONN, B; COLLISCHONN, W; ALLASA, D. TUCCI, C. Estimativa de precipitação por sensoriamento remoto passivo: desempenho do satélite TRMM sobre a Bacia do Alto Paraguai até Descalvados. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59, n. 01, 2007.

MOLION, L. C. B; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 17, n. 1, p. 1-10, 2002.

NDMC, 2007: Inaugural Annual Report 2006-2007. National Disaster Management Centre, Provincial and Local Government Department, Pretoria, South Africa, 172 pp.

PARK J. S.; KIM, K. T.; CHOI, Y. S. Application of Vegetation Condition Index and Standardized Vegetation Index for assessment of spring drought in South Korea. In: GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM, 2008. IGARSS 2008, Boston, Massachusetts, U.S.A. **Proceedings...** IEEE International, 2008. p. 774-777. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/> . Acesso em: 5 dez. 2011.

RAMAGE, K.; JOBARD, I.; LEBEL, T.; DESBOIS, M. Satellite estimation of 1-day to 10-day cumulated precipitation: comparison and validation over tropical Africa of TRMM, METEOSAT and GPCP products. In: THE 2003 EUMETSAT METEOROLOGICAL SATELLITE CONFERENCE, 2003, Weimar, Alemanha. **Proceedings...**, Eumetsat, 2003. CD-ROM. Disponível em: <http://www.eumetsat.int/> Acesso em: 20 nov 2011.

WANG, J.; PRICE K. P.; RICH, P. M. Temporal responses of NDVI to precipitation and temperature in the Central Great Plains. **International Journal of Remote Sensing**, v.24, n.11, p. 2345-2364, 2003.