

# VARIAÇÕES SAZONAIS DO EVI E NDVI EM ÁREAS DO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO

## EVI AND NDVI SAZONAL CHANGES IN BRAZILIAN SEMI-ARID AREAS

Silvana Andreoli Espig<sup>1</sup>, João Viane Soares<sup>2</sup>, João Roberto dos Santos<sup>2</sup>

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Caixa Postal 515 – CEP 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil; <sup>1</sup>Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto;

<sup>2</sup>Divisão de Sensoriamento Remoto

E-mail: {andreoli, viane, jroberto }@dsr.inpe.br

### RESUMO

A Caatinga, um dos maiores biomas nacionais, apresenta intensas mudanças sazonais na sua cobertura vegetal. Tais mudanças estão associadas ao regime pluviométrico da região do Semi-árido Brasileiro e podem ser monitoradas através de imagens de índices de vegetação. O presente trabalho estudou as variações sazonais de seis áreas selecionadas no Semi-árido Brasileiro (Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte), empregando imagens de índices de vegetação, EVI (*Enhanced Vegetation Index*) e NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) do produto MODIS/TERRA (MOD13), para os anos 2003 e 2004 a partir de composições de 16 dias e resolução espacial de 250m. Foram processadas 48 imagens para cada índice. Foram calculados parâmetros estatísticos a partir das imagens. Os valores de EVI e NDVI mais altos ocorreram nos meses de maior precipitação nas áreas estudadas. Foram encontradas altas correlações positivas entre o EVI e o NDVI, um *off-set* médio anual de aproximadamente 0,17 unidades entre os índices e grandes diferenças entre os valores máximos e mínimos dos índices. Os resultados permitiram avaliar sobre a adequação das imagens ao objetivo do estudo e a comparação entre os índices, concluindo-se sobre o índice mais adequado para o trabalho.

**Palavras-chave:** Caatinga, monitoramento, fenologia, MODIS, sensoriamento remoto.

### ABSTRACT

The Caatinga, one of the largest Brazilian biome, presents intense seasonal changes in its vegetable covering. Such changes are associated to the Semi-arid precipitation and they can be monitored through images of vegetation indexes. The present work studied the seasonal variations of six areas selected in the Brazilian Semi-arid (Pernambuco, Paraíba and Rio Grande do Norte), using images of vegetation indexes, EVI (*Enhanced Vegetation Index*) and NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) of the product MODIS/TERRA (MOD13), for the years 2003 and 2004 starting from compositions of 16 days and spatial resolution of 250m. 48 images were processed for each index. Statistical parameters were calculated using the images. The highest values of EVI and NDVI occurred in the months of larger precipitation in the studied areas. They were found high positive correlations between EVI and NDVI, an annual medium off-set of approximately 0,17 units between the indexes and great differences between maximum and minimum indexes values. The results allowed to evaluate about the adaptation of the images to the goal of the study and the comparison between the indexes, being concluded on the most appropriate index for the work.

**Word-key:** Caatinga, monitoramento, phenology, MODIS, remote sensing.

### INTRODUÇÃO

A vegetação da caatinga apresenta como principal fator de regulação dos estágios fenológicos o regime pluviométrico, que na região do semi-árido é irregular em quantidade, intensidade e distribuição espacial.

Os efeitos sazonais podem ser observados pelas alterações na biomassa foliar, podendo ser monitorados utilizando-se índices de vegetação derivados de dados sensorizados que verificam a dinâmica da vegetação ao realçar a resposta da vegetação fotossinteticamente ativa em relação aos demais alvos da superfície terrestre.

Durante o período de déficit hídrico os valores dos índices de vegetação na caatinga são baixos enquanto que nos meses chuvosos os valores são os mais altos, devido à resposta da vegetação. Diversos trabalhos (Santos

e Shimabukuro, 1993; Braga *et al.*, 2000; Gao e Huete, 2003; Ferreira *et al.*, 2005) mostraram o comportamento sazonal da vegetação em regiões semi-áridas ou do cerrado em que os valores dos índices de vegetação apresentaram ter grandes amplitudes anuais.

Dois dos Índices que estão sendo bastante utilizados para monitorar o comportamento vegetal são o EVI (*Enhanced Vegetation Index*) e NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), estes índices fazem parte dos produtos MODIS (MOD13).

O EVI foi desenvolvido para otimizar o sinal da vegetação, melhorando a sensibilidade em regiões com maiores densidades de biomassa, além do monitoramento da vegetação através de uma ligação do sinal de fundo do dossel e a redução das influências atmosféricas. O EVI pode ser calculado através da seguinte equação (Justice *et al.*, 1998):

$$EVI = G \frac{\rho IVP - \rho V}{\rho IVP + C_1 \rho V - C_2 \rho A + L}$$

onde, L é fator de ajuste para o solo,  $\rho A$  é o valor da reflectância no comprimento de onda do azul e  $C_1$  e  $C_2$  são coeficientes de ajuste para efeito de aerossóis da atmosfera. Os valores dos coeficientes adotados pelo algoritmo do EVI são:  $L=1$ ;  $C_1=6$ ;  $C_2=7,5$  e o fator de ganho  $G = 2,5$  (Huete *et al.*, 2002).

O NDVI criado por Rouse *et al.* (1973), visava amenizar a interferência do solo, da atmosfera e das variações zenitais do Sol na resposta espectral tida nas imagens orbitais.

$$NDVI = \frac{(\rho IVP - \rho V)}{(\rho IVP + \rho V)}$$

Os valores obtidos com o NDVI variam entre -1 e 1. Em cenas com vegetação, o NDVI, geralmente, varia entre 0,1 e 0,8, conforme a sua arquitetura, densidade e umidade. Rochas e solos sem vegetação apresentam valores próximos a zero e água apresenta valores negativos. (Holben, 1986; Justice *et al.*, 1985).

O presente estudo tem como objetivo avaliar as variações sazonais dos índices de vegetação, EVI (*Enhanced Vegetation Index*) e NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) do produto MODIS/TERRA (MOD13), na Caatinga, para os anos 2003 e 2004 a partir de composições de 16 dias e resolução espacial de 250m.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho utilizou imagens adquiridas pelo sensor MODIS a bordo da plataforma TERRA. Adquiriu-se gratuitamente o produto MOD13, *tile* H13V09, que abrange parte do Nordeste do Brasil, Região Semi-Árida, área de interesse neste estudo. Este produto é constituído de imagens índice de vegetação (EVI e NDVI) em composição de 16 dias, imagens reflectância (*Blue*, *Red* e *Infra-Red*) e de qualidade do produto. Neste estudo, foram utilizadas imagens EVI e NDVI de 2003 e 2004, num total de 96 imagens. Procurou-se avaliar o comportamento dos índices de vegetação como resposta à sazonalidade da caatinga e para isto foram selecionadas seis áreas de interesse. Escolheu-se, preferencialmente, áreas de Caatinga conservadas, ou seja, menos antropizadas. Foram elas: duas Unidades de Conservação, as Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN) – Maurício Dantas e Cantidiano Valgueiro Carvalho Barros, localizadas em Pernambuco; e outras quatro áreas pouco antropizadas, situadas nos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. As seis áreas amostrais foram chamadas de ROI (Regiões de Interesse) e amostrou-se uma janela de 3x3 pixels em cada área (Figura 1), tendo uma resolução espacial de 250m.

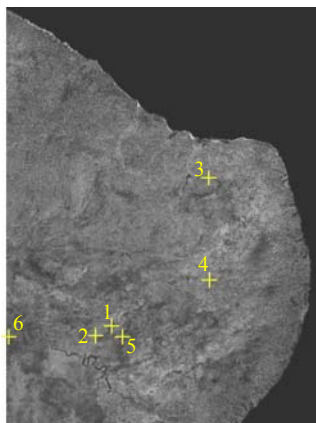


Figura 1. Áreas da vegetação de Caatinga (Regiões de Interesse - ROI) no semi-árido do Brasil.

Para estudar a variabilidade do EVI e NDVI nas ROI's fez-se a média de cada área amostral por período, avaliando-se a sua flutuação durante os anos de 2003 e 2004, valores máximos e mínimos dos períodos. Para avaliar o EVI em relação ao NDVI utilizaram-se coeficientes de correlação ( $r$ ) e as diferenças numéricas entre os dois índices.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho foi possível observar, através das imagens EVI e NDVI, a variação sazonal da vegetação do Semi-Árido Nordeste. A verificação da flutuação dos valores de EVI e NDVI na maioria das áreas permitiu dividir o comportamento das fitofisionomias de Caatinga em duas fases anuais, a primeira em que a vegetação se encontra com maior quantidade de biomassa foliar, sendo associada ao período de chuvas, correspondendo ao início do ano e na segunda fase, observou-se um declínio da atividade fotossintética evidenciando a perda de biomassa foliar; período este, associado ao déficit hídrico da região, a partir do mês de julho até dezembro (Figura 2 e 3).

Com o acompanhamento do EVI e NDVI durante os anos de 2003 e 2004, nas seis áreas amostradas, obtiveram-se os valores apresentados na Tabela 1. Estes valores, a partir de uma verificação de campo *a posteriori*, poderão ser associados a algumas características das áreas estudadas, como, a diferenciação entre as faciações de Caatinga (Caatinga Arbórea, Caatinga Arbustiva, Caatinga Parque, dentre outras), como também, características pedoclimáticas.

Nas áreas estudadas, observou-se que os menores valores de EVI apresentaram-se entre 0,08 a 0,13 em 2003 e entre 0,08 a 0,14 em 2004, os maiores valores entre 0,44 a 0,86 em 2003 e 0,53 a 0,88 em 2004 e os valores médios entre 0,23 a 0,28 em 2003 e entre 0,25 a 0,32 em 2004. Os menores valores de NDVI no período e nas áreas amostradas ficaram entre 0,09 a 0,23 em 2003 e entre 0,07 a 0,24 em 2004; maiores entre 0,63 a 0,87 em 2003 e 0,69 a 0,88 em 2004 e médios entre 0,37 a 0,48 em 2003 e 0,39 a 0,56 em 2004. Foi possível perceber que entre os anos observados as variações dos menores valores foram pequenas, entretanto quando os índices são comparados entre si há uma maior amplitude entre os mesmos. O mesmo foi verificado em relação aos valores máximos e médios.



Figura 2. Comportamento do EVI e NDVI nas áreas amostradas 1, 2 e 3; durante os anos de 2003 e 2004.



Figura 3. Comportamento do EVI e NDVI nas áreas amostradas 4, 5 e 6; durante os anos de 2003 e 2004.

Tabela 1. Valores Médios de EVI e NDVI obtidos nos anos de 2003 e 2004, nas áreas amostradas.

		2003			2004		
		MÍN	MÉD	MÁX	MÍN	MÉD	MÁX
ÁREA 1	EVI	0,08	0,28	0,82	0,08	0,32	0,65
	NDVI	0,23	0,48	0,87	0,24	0,54	0,85
ÁREA 2	EVI	0,09	0,24	0,56	0,12	0,26	0,53
	NDVI	0,10	0,40	0,78	0,16	0,40	0,75
ÁREA 3	EVI	0,09	0,24	0,44	0,12	0,27	0,71
	NDVI	0,22	0,37	0,63	0,22	0,39	0,70
ÁREA 4	EVI	0,13	0,24	0,60	0,14	0,29	0,88
	NDVI	0,09	0,43	0,69	0,16	0,56	0,91
ÁREA 5	EVI	0,06	0,24	0,48	0,08	0,25	0,57
	NDVI	0,11	0,44	0,76	0,07	0,44	0,81
ÁREA 6	EVI	0,09	0,23	0,86	0,12	0,26	0,79
	NDVI	0,21	0,37	0,66	0,18	0,41	0,69

Na Figura 2 também foi possível verificar que no intervalo entre dezesseis dias houve algumas mudanças abruptas nos índices de vegetação, isto se deve a forte resposta da vegetação de caatinga as precipitações irregulares do semi-árido Nordeste, seja esta resposta em perdas de biomassa foliar e sua rápida recuperação ou vice-versa.

Nos resultados da Figura 2, pode-se perceber que os menores valores estão geralmente associados às respostas quando os solos estão mais evidentes, tendo em vista que a vegetação, nos períodos de déficit hídrico encontra-se sem biomassa foliar.

Para avaliar melhor o comportamento do EVI em relação ao NDVI nas áreas de Caatinga amostradas, fizeram-se as correlações lineares entre os índices de vegetação por ROI por ano, apresentadas na Tabela 2. As correlações foram altas e positivas, a medida que o NDVI variou o EVI respondeu proporcionalmente de forma direta.

Neste estudo não houve problemas de saturação nos *pixels* amostrados. Neste aspecto, pode-se dizer que os índices se adequam ao monitoramento da sazonalidade da Caatinga nas áreas estudadas, pois mesmo nos períodos de vegetação mais exuberante não ocorreu saturação dos *pixels* das imagens.

Alguns fatores podem favorecer a utilização do EVI, como se pode visualizar nos gráficos apresentados na Figura 1, os valores do NDVI foram em geral maiores que os do EVI, e parecem estar sobre efeito de um *offset* (valor aditivo), neste caso acredita-se que pode ser o efeito atmosférico e/ou de *background*, o qual a própria formulação do EVI busca minimizar nas imagens. Calculou-se esta diferença média entre os valores de EVI e NDVI obtendo-se o valor de 0,17. Essa diferença pode confundir a interpretação das fisionomias de caatinga, como sugeriu Kazmierczak (1996) ao distinguir fitofisionomias de caatinga agrupando-as em intervalos de NDVI.

Tabela 2. Coeficientes de Correlação (r) entre EVI e NDVI nas áreas de caatinga amostradas.

Áreas Amostradas	Coeficientes de Correlação EVI x NDVI	
	2003	2004
<b>ROI 1</b>	0,8729	0,8919
<b>ROI 2</b>	0,9214	0,9239
<b>ROI 3</b>	0,9463	0,9182
<b>ROI 4</b>	0,8887	0,9005
<b>ROI 5</b>	0,9693	0,9628
<b>ROI 6</b>	0,9222	0,7366

## CONCLUSÕES

A partir do presente estudo foi possível concluir que:

- As áreas estudadas apresentaram flutuações sazonais da vegetação de caatinga que diferenciam os períodos chuvosos (1º. semestre de cada ano), com valores mais altos dos índices de vegetação e os períodos de déficit hídrico (2º. semestre de cada ano), com valores menores dos índices de vegetação.
- As mudanças abruptas nos valores dos índices em intervalos de 16 dias foram observadas em todas as áreas estudadas e nos dois anos considerados, sugerindo que o monitoramento da caatinga pode ser realizado como intervalo reduzido entre as observações.
- As altas correlações indicaram a variação proporcional entre o EVI e o NDVI.
- As imagens NDVI apresentaram valores superiores aos das imagens EVI, mostrando que há maior chance das imagens NDVI com vegetação mais densa apresentar saturação.
- O EVI é mais adequado ao estudo da caatinga nas áreas trabalhadas por minimizar os efeitos atmosféricos e de solo, representando melhor a resposta espectral da vegetação, levando vantagem sobre o NDVI. Para uma conclusão mais abrangente para o bioma Caatinga serão necessários estudos de novas áreas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAGA, C. C.; SANSIGOLO, C. A.; TANTRAVAH, V.R.R.. Padrões de variabilidades espaciais e temporais de NDVI na região nordeste do Brasil usando análise fatorial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 16-20 out. 2000, Rio de Janeiro. *Anais...* 2000. p. 709-717. CD-ROM, Papel. Publicado como: INPE-12472-PRE/7774.

FERREIRA, M. E.; PECCININI, A. A.; FERREIRA, L. G.; HUETE, A. R.. Análise da sazonalidade de paisagens antrópicas e nativas do bioma Cerrado através dos produtos MODIS índices de vegetação, área foliar e atividade fotossintética. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 16-21 abr. 2005, Goiânia. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 505-512. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8.

GAO, X., HUETE, A.R., and DIDAN, K . 2003. Multisensor comparisons and validation of MODIS vegetation indices at the semiarid Jornada Experimental Range. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. Vol.4 n. 10, October, 2003.

HOLBEN, B. N. (1986). Characterization of maximum value composites from temporal AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, 7, 1417– 1434.

JUSTICE, D. H., SALOMONSON, V., PRIVETTE, J., RIGGS, G., STRAHLER, A., LUCHT, R., MYNENI, R., KNJAZIHHIN, Y., RUNNING, S., NEMANI, R., VERMOTE, E., TOWNSHEND, J., DEFRIES, R., ROY, D., WAN, Z., HUETE, A., VAN LEEUWEN, R., WOLFE, R., GIGLIO, L., MULLER, J.-P., LEWIS, P., & BARNESLEY, M. (1998). The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 36, 1228–1249.

HUETE, A.; DIDAN, K.; MIURA, T.; RODRÍGUEZ, E.P.; GAO, X.; FERREIRA, L.G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation index. *Remote Sensing of Environment*, 83, p.195-213, 2002.

JUSTICE, C. O., VERMOTE, E., TOWNSHEND, J. R. G., DEFRIES, R., ROY, D. P., Hall, D. P., SALOMONSON, V. V., PRIVETTE, J. L., RIGGS, G., STRAHLER, A., LUCHT, W., MYNENI, R., KNYAZIKHIN, Y., RUNNING, S. W., NEMANI, R. R., WAN, Z., HUETE, A., VAN LEEUWEN, W., WOLFE, R. E., GIGLIO, L., MULLER, J.-P., LEWIS, P., & BARNESLEY, M. J. (1998). The moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 36, 1228– 1249.

JUSTICE, C.O.; TOWNSHEND, J.R.G.; HOLBEN, B.N.; TURCKER, C.J. Analysis of the phenology of global vegetation using meteorological satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 6(8): 1271-1318, Aug. 1985.

KAZMIERCZAK, M. L. Uso de Dados AVHRR/NOAA GAC para análise da sazonalidade da caatinga. In: Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 8., 14-19 abr. 1996, Salvador. *Anais...* 1996. Artigos, p. 513-518. CD-ROM. 14-19 abr., Salvador, [CD-ROM].

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.;SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. *Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS*. In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3., Proceedings. Washington, D.C.: NASA. Goddard Space Flight Center, 1973. v.1, p. 309-317. (NASA SP-351).

SANTOS, J.R.; SHIMABUKURO, Y.E. O sensoriamento remoto como indicador das fenofases dos cerrados brasileiros: estudo de caso com dados AVHRR/NOAA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., Curitiba, maio 10-14, 1993. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 1993. v. 2, p. 249-257.