

ANÁLISE DE NDVI NO NORDESTE BRASILEIRO POR COMPONENTES PRINCIPAIS: RESULTADOS PRELIMINARES

LETÍCIA PALAZZI PEREZ¹
NELSON JESUS FERREIRA¹
YOSIO EDEMIR SHIMABUKURO¹
MARCOS ADAMI¹

¹INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil.
(leticia, nelson, yosio, adami)@ltd.inpe.br

Abstract: The purpose of this work is to diagnose the spatial patterns of vegetation coverage over northeast Brazil in a seasonal basis using principal component analysis. The analysis was done using NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) obtained from NOAA-AVHRR (National Oceanic and Atmospheric Administration - Advanced Very High Resolution Radiometer) for the period January/82-December/99. The results depict the main vegetation type of NE, and its variability as a function of the prevailing rainfall cycle, and the influence of El Niño events.

Keywords: vegetation coverage, AVHRR, NE.

1. Introdução

A região nordeste do Brasil está localizada na faixa tropical, aproximadamente de 1° a 18° de latitude sul, e 35° a 47° de longitude oeste, abrangendo os Estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia.

Alguns estudos sugerem a existência de pelo menos três regimes de precipitação no NE (Strang, 1972, Ratisbona, 1976, Kousky, 1979, Rao et. Al., 1993). O primeiro influencia a área mais ao norte, abrangendo principalmente o Ceará, oeste do Rio Grande do Norte e no interior da Paraíba e de Pernambuco. Este regime apresenta máximo de precipitação em março/abril e está associado principalmente ao deslocamento mais para sul da ZCIT. O segundo regime atua sobre o litoral leste do NE, desde o Rio Grande do Norte até o Estado da Bahia, com máximo em maio e junho. O terceiro regime apresenta máximos de precipitação em dezembro e janeiro e abrange a parte sul do NE, decrescendo para o norte, estando associado à incursões frontais na região.

Em termos de características da superfície terrestre, a vegetação predominante no NEB é a caatinga, mas também são encontrados os seguintes domínios fitoclimáticos: a zona da mata, o agreste, os campos cerrados e a zona amazônica (IBGE, 1993). A possibilidade de monitoramento de grandes extensões territoriais em intervalos de tempo relativamente pequenos sugere que o sensoriamento remoto pode ser uma alternativa muito importante para a compreensão da dinâmica da cobertura vegetal dessa região (Almeida, 1997; Barbosa 1999; Batista et al, 1997).

O presente estudo avalia os padrões variabilidade espacial e temporal do NDVI sobre o NE utilizando-se componentes principais, com base em uma série relativamente longa de NDVI/AVHRR, recentemente disponibilizados pela NASA.

2. Dados e metodologia

O conjunto de imagens de NDVI utilizado neste estudo foi produzido pelo Grupo de Estudos de Monitoramento e Modelamento do Inventário Global (GIMMS - *Global*

Inventory Modeling and Monitoring Study) da GSFC/NASA (Goddard Space Flight Center/National Aeronautics & Space Administration). Essas imagens são composições mensais, disponibilizadas com resolução espacial de 8 km x 8 km, na projeção Goode Interrupted Homolosine, com 128 de *offset* e 0,008 de ganho e abrange o período de 1982 a 1999 (Goddard, 1999).

O NDVI é definido como sendo a razão entre a diferença da medida da reflectância nos canais do infravermelho próximo e vermelho e a soma desses canais (Rouse et al., 1974), sendo expresso por:

$$\text{NDVI} = (\rho_2 - \rho_1) / (\rho_2 + \rho_1)$$

onde: ρ_1 e ρ_2 , representam respectivamente, os valores da reflectância na região do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético.

Os dados de entrada para o cálculo do NDVI, provenientes do GIMMS, são os dados originais GAC (Global Area Coverage) com resolução inicial de 4 km. Inicialmente estes dados são organizados por continentes, e as informações relativas ao oceano são omitidas sendo eliminados os dados contaminados por nuvens, espalhamento e absorção devido à atmosfera (exceto por ozônio) e visadas fora do nadir com ângulos maiores que 25°. Os dados diários de NDVI são mapeados usando os dados de navegação do satélite e reamostrados para 8 Km x 8 km. A composição quinzenal/mensal é gerada através da seleção do valor mais alto de NDVI de cada pixel.

O cálculo da ACP (Análise por Componentes Principais) envolve as seguintes etapas: obtenção da matriz de variância-covariância ou correlação; cálculo dos autovalores e autovetores; transformação linear dos conjuntos de dados, e obtenção da correlação entre os dados originais e a componentes (Haan, 1977; Wilks, 1995). Neste trabalho apresenta-se uma análise preliminar da variabilidade do NDVI, envolvendo as 4 primeiras componentes.

3. Resultados

3.1 Análise da primeira componente

O padrão espacial da primeira componente (**Figura 1 a**) de NDVI sobre o NE está associado ao comportamento médio dessa variável, e representa 92,94% do total da variância associada. A escala de cores dessa imagem varia do verde ao preto. O verde escuro representa as regiões com valores de NDVI relativamente altos, estando associado à vegetação mais densa. O amarelo representa as regiões com pouca vegetação, e o vermelho está associado a ausência de vegetação ou água. Observa-se na figura 1 cinco grandes domínios de cobertura vegetal: a caatinga, a zona da mata, agreste, cerrado e zona amazônica. A zona da mata cobre praticamente toda a faixa litorânea tendo cerca de 200 km de largura. A porção noroeste do estado do Maranhão é coberta pela zona amazônica, enquanto que na porção sudoeste existe uma extensa área de cerrado. A caatinga domina praticamente todo o interior, existindo ainda manchas de vegetação um pouco mais densa, conhecida como agreste. A análise da variabilidade temporal dos autovetores da primeira componente (não mostrado) revela significativas alterações em anos de El Nino.

3.2 Análise da segunda componente

A segunda componente (**Figura 1 b**) está associada com o modo verão/inverno do ciclo anual, e corresponde a 2,54% do total da variância. O padrão espacial desta componente mostra duas regiões que se destacam com comportamentos opostos: por volta de dezembro/janeiro, os valores de NDVI dominado pela caatinga no interior do NE, são maiores que os observados próximo do litoral na zona da mata, e em agosto/setembro, os valores de NDVI são maiores na zona da Mata. Em média, a série temporal destes autovetores de NDVI (**Figura 2 a**) indica valores positivos de novembro a maio e valores negativos de junho a outubro. Esse comportamento está associado com o regime de chuvas na região: os meses mais secos (no interior) ocorrem no período de junho/setembro (NDVI diminui), enquanto que o período chuvoso se concentra de dezembro a março (NDVI aumenta). No litoral nordeste e zona da Mata as chuvas se concentram entre maio e julho (vegetação está mais verde) e o período de seca entre outubro e dezembro. Esses resultados estão consistentes com os encontrados por Barbosa (1998), e Gurgel (2001). Observa-se também que o modo verão/inverno do ciclo anual sofre alterações interanuais principalmente em anos de ENSO forte. Já na região costeira, o máximo de maio a julho está ligado à maior atividade de circulação de brisa que advecta bandas de nebulosidade para o continente e à ação de remanescentes de sistemas frontais, que se propagam ao longo da costa (Kousky, 1979; Rao et al, 1993).

3.3 Análise da terceira componente

As **Figuras 1 c e 2 b** mostram respectivamente o padrão espacial e a série temporal dos coeficientes da terceira componente de NDVI sobre o NE. Na primeira figura, destaca-se os “loadings” relativamente altos de NDVI na zona semi-árida do centro norte do NE, envolvendo os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Maranhão, Piauí, e parte do Rio Grande do Norte, Paraíba, Alagoas, Pernambuco, e Bahia. Além disso, observam-se “loadings” negativos no litoral sul e sul da Bahia. A série temporal dos autovetores mostra que em média os máximos ocorrem por volta de abril/maio e os mínimos em novembro.

Aparentemente, o padrão espacial da terceira componente mostrada, reflete o regime de chuvas das regiões norte e sul do NE. O período chuvoso no norte ocorre de fevereiro a maio, e é modulado pelo deslocamento meridional da ZCIT para latitudes mais ao sul (Hastenrath and Lamb, 1977). Outro fator que afeta o regime de chuvas desta região são os vórtices ciclônicos de altos níveis (Gan, 1982). Por outro lado, o máximo no sul do NE está associado a incursões equatoriais de sistemas frontais oriundos de latitudes médias, principalmente no final da primavera (Kousky, 1979). Do ponto de vista da variabilidade interanual observa-se que em anos de El Niño (1982/1983, 1986/1987/1988, 1990/1991/1992/1993, 1994/1995, 1997/1998) o NDVI sofre significativas reduções na região centro norte do NE.

3.4 Análise da quarta componente

A quarta componente (**Figuras 1 d e 2 c**) mostra um padrão de variabilidade dominado por “loadings” relativamente baixos no quadrante sudeste do NE, mas valores altos principalmente a noroeste. Este tipo de situação ocorre quando o leste do NE é dominado por condições meteorológicas estáveis (ausência de chuvas) enquanto que no setor oeste prevalece ocorrência de chuvas. Em situações deste tipo (**Figura 3**), observa-se que a

radiação de ondas longas emergentes apresenta valores menores (indicativo de chuva) na Amazônia e oeste do NE e valores maiores (sem nuvens) na costa leste e áreas oceânicas adjacentes.

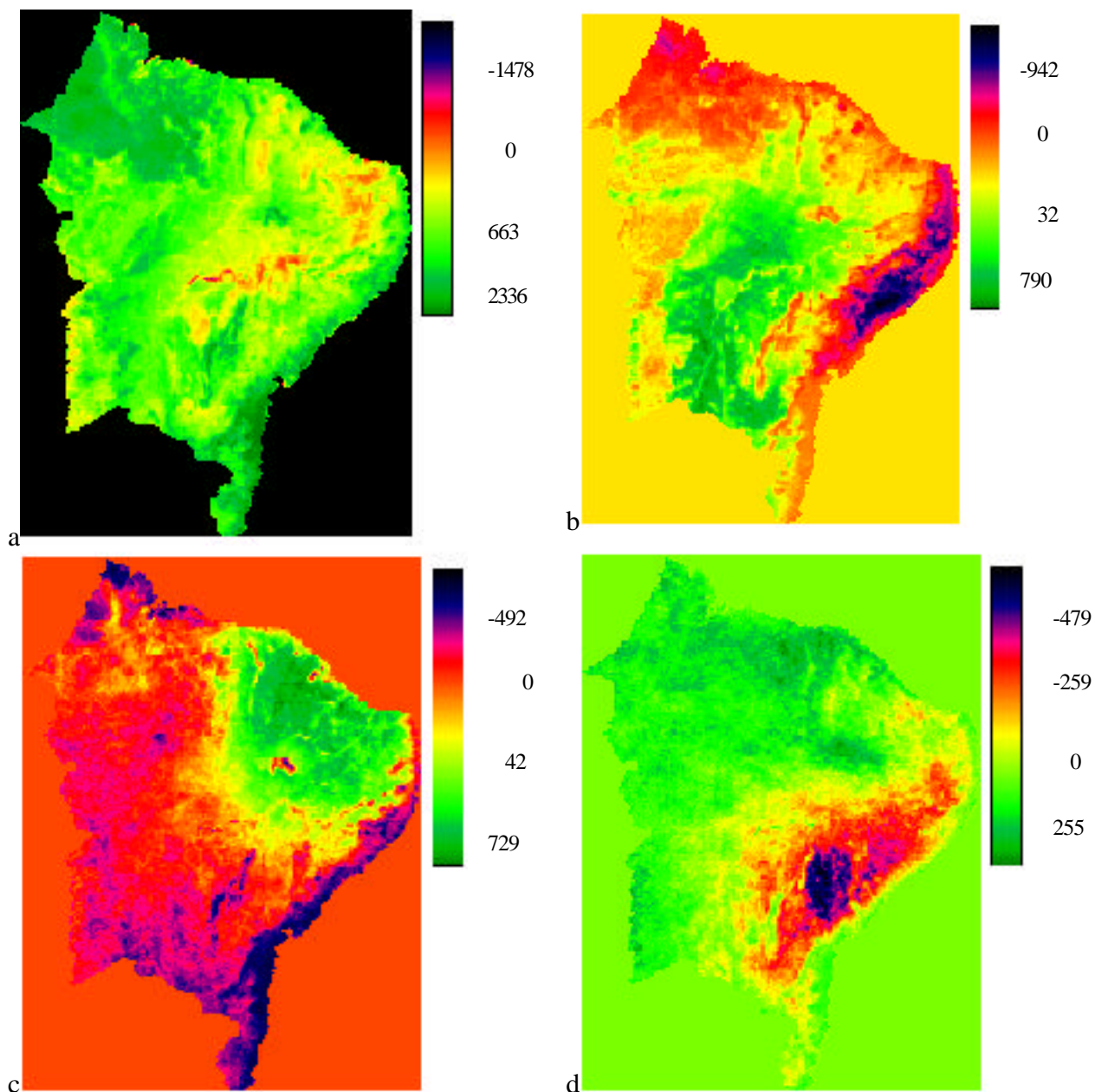


Figura 1. Padrão espacial de NDVI/AVHRR durante o período jan1982-dez1999: a) primeira componente, b) segunda componente, c) terceira componente, d) quarta componente.

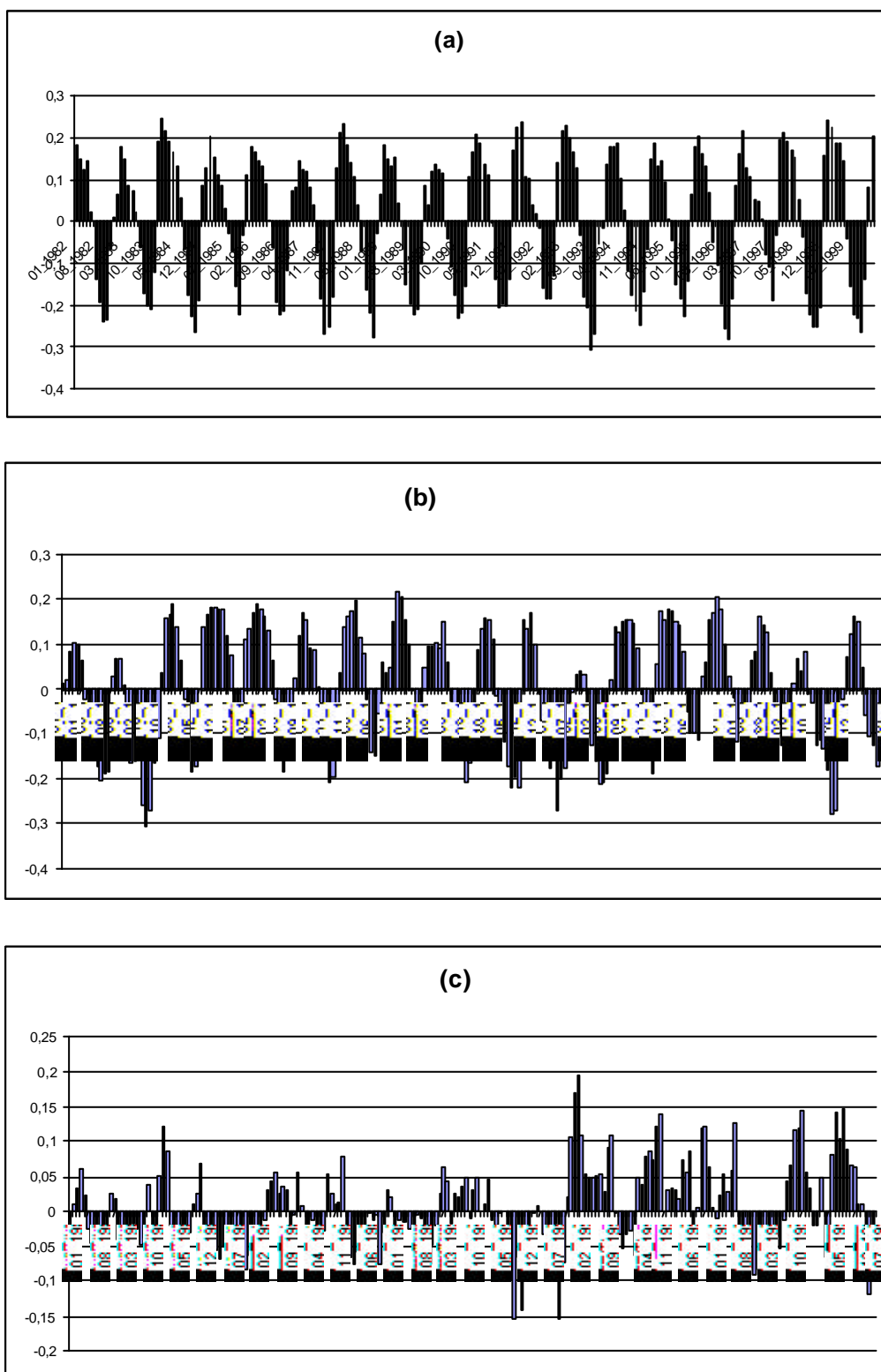


Figura 2. Série temporal dos autovetores de NDVI/AVHRR, período jan1982 a dez1999: a) segunda componente, b) terceira componente e c) quarta componente.

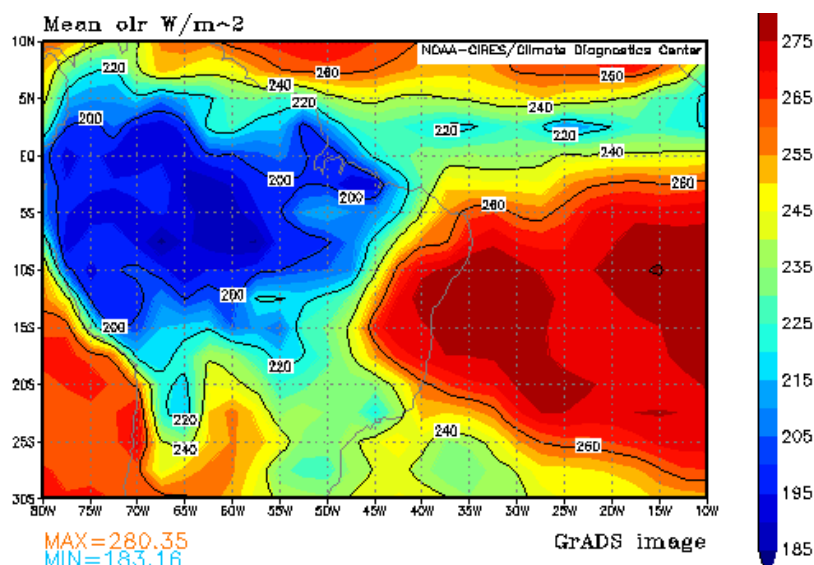


Figura 3 Radiação de ondas longas emergentes em watts.m^{-2} , derivada do satélite NOAA, mês de fevereiro de 1993. Imagem fornecida por NOAA-CIRES Climate Diagnostics Center, Boulder, Colorado, na homepage <http://www.cdc.noaa.gov/>.

4. Conclusões

Os resultados da análise por componentes principais de NDVI sobre o nordeste do Brasil, utilizando-se dados do sensor AVHRR para o período de jan1982-dez1999 revelam os tipos dominantes da cobertura vegetal associados a primeira componente. As demais componentes (2,3 e 4) mostram padrões espaciais modulados pelos distintos regimes climáticos da região, e também por eventos El Niño.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Dra. Nadine Dessay, que organizou e corrigiu os dados NDVI, cedidos pela NASA. O segundo autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Processo Número 300486/96-0 pelo suporte.

5. Referências Bibliográficas

Almeida, E. S. Relação entre índice de vegetação derivado do NOAA-AVHRR e precipitação na região amazônica. São José dos Campos. 90 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1997.

Barbosa, H. A. Análise espaço temporal de índice de vegetação AVHRR/NOAA e precipitação na região nordeste do Brasil em 1982-85. São José dos Campos. 164 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1998.

Batista, G. T.; Shimabukuro, Y. E.; Lawrence, W. T. The long-term monitoring of vegetation cover in the Amazonian region of northern Brazil using NOAA-AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, v. 18, n. 15, p. 3195-3210, Oct. 1997.

Gan, M.A., Um estudo observacional sobre as baixas da alta troposfera nas latitudes subtropicais do Atlântico Sul e leste do Brasil. São José dos Campos. 82 p. Dissertação Mestrado - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1982.

Goddard Distributed Active Archive Center (DAAC). Pathfinder Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) Land FTP Data, [on line]: <http://daac.gsfc.nasa.gov/CAMPAIGN_DOCS/FTP_SITE/readmes/pal.html> Jan. 2001.

Gurgel, H.C., Variabilidade espacial e temporal do NDVI sobre o Brasil e suas conexões com o clima. São José dos Campos. 82 p. Dissertação Mestrado - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2000.

Haan, C. T. Statistical Methods in Hydrology. Ames: Iowa State University Press, 1977. 378 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) Recursos Naturais e Meio Ambiente: uma visão do Brasil. Sueli Sirena Cladeiron – coordenadora. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos naturais e Estudos Ambientais, 1993, 154p.

Hastenrath, S., Lamb, P., 1977: Climatic Atlas of the Tropical Atlantic and Eastern Pacific Oceans. University of Wisconsin Press, 113 pp.

Kousky, V. E., 1979: Frontal influences on the Northeast Brazil. *Mon. Wea. Rev.*, 107,1140-1153.

Rao, V. B.; De Lima, M. C. and Franchito S. H., 1993: Seasonal interannual variations of rainfall over Eastern Northeast Brazil. *Journ. Climate*, 6, 1754-1763.

Ratisbona, C. R., 1976: The climate of Brazil. In: Climates of Central and South America, *Wor. Surv. Climatology*, Elsevier, 12, 219-293.

Rouse, J. W.; Hass, R. H.; Deering, D. W.; Schell, J. A. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. Austin: Texas A. M. University, College Station, 1974.

Strang, D. M. G., 1972: Climatological analysis of rainfall normals in Northeast Brazil. Available at the Instituto de Atividades Espaciais, São José dos Campos, SP., Brazil, I.A.E.-MD2/72.

Wilks, D. S. Statistical methods in the atmospheric sciences: an introduction. California: Academic Press, 1995. 467 p.