

DINÂMICA DOS PRINCIPAIS DOMÍNIOS FITOGEOGRÁFICOS DO NORDESTE BRASILEIRO E SUAS CONEXÕES COM A PRECIPITAÇÃO

*Letícia Palazzi PEREZ**

*Yosio Edemir SHIMABUKURO**

*Nelson Jesus FERREIRA**

*Iára Regina Nocentini ANDRÉ**

RESUMO

Este trabalho analisa a variabilidade temporal do Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) para os quatro principais domínios fitogeográficos do Nordeste brasileiro: caatinga, cerrado, floresta estacional e floresta ombrófila. Foram utilizados dados NDVI obtidos pelo sensor Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) a bordo do satélite National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) e de precipitação da Superintendência para o Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) para o período de 1982-1998. As análises foram feitas caracterizando-se o comportamento médio, amplitude e fase do NDVI em anos normais e de El Niño (EN). Os resultados obtidos mostram que o NDVI e o regime pluviométrico dos quatro tipos de vegetação apresentam comportamento distinto em função da variabilidade sazonal e interanual, principalmente em anos de EN. Observou-se também que a amplitude do primeiro harmônico do ciclo anual é sensível às anomalias climáticas, reflete o regime pluviométrico e caracteriza a variabilidade sazonal da cobertura vegetal no Nordeste. Por outro lado, a fase do ciclo anual sugere que em anos de EN o período de máxima variabilidade sazonal no norte do Ceará, interior de Pernambuco e centro do Maranhão, antecipa-se um mês em relação ao observado em anos normais.

Palavras-chave: NDVI, precipitação, Nordeste, domínio fitogeográfico .

Dynamic of the main Northeastern Brazil phytogeographic domains and its connection with rainfall

ABSTRACT

This study deals with the temporal variability of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) for four main vegetation types in the Brazilian northeast region: caatinga, cerrado, seasonal forest and ombrophilous forest. The data set used consists of images from the Advanced Very High Resolution Radiometer/National Oceanic and Atmospheric Administration (AVHRR/NOAA) for the 1982-1998 period and rainfall

* Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE. E-mail: (leticia, yosio, nelson, iara)@ltid.inpe.br

observations from Superintendência para o Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) network. The analyzes were done using monthly rainfall, NDVI composites and their annual amplitude and phase, both in normal and El Niño years. Seasonal and annual rainfall distribution and NDVI time series show distinct behaviour particularly in El Niño years. Also, the amplitude of the NDVI is related to seasonal cycles of rainfall and vegetation cover, being sensitive to climatic anomalies. In northern Ceará state, backlands of Pernambuco state and central Maranhão state, the phase of the first harmonic shows that the timing of the growing season during EN years occurs one month later than the observed one in normal years.

Key-words: NDVI, rainfall, Northeast, phytogeographic domains.

INTRODUÇÃO

O Nordeste do Brasil, localizado na faixa tropical, aproximadamente de 1° a 18° de latitude sul, e 35° a 47° de longitude oeste, sempre foi objeto de preocupação governamental, devido aos impactos sociais e econômicos ocasionados pelas secas que atingem a região.

Diversos estudos evidenciam a atuação da zona de convergência intertropical (ZCIT) no clima da Região Nordeste (Hastenrath e Heller, 1977 e Uvo, 1984), mostrando que em anos chuvosos a ZCIT está deslocada mais para o sul, e em anos secos encontra-se mais ao norte. Alguns estudos sugerem a existência de pelo menos três regimes pluviométricos na Região. O primeiro influencia a área mais ao norte, abrangendo principalmente o Estado do Ceará, oeste do Estado do Rio Grande do Norte e interior dos Estados da Paraíba e de Pernambuco, associado principalmente ao deslocamento mais para sul da ZCIT. O segundo regime atua sobre o litoral leste do Nordeste, desde o Rio Grande do Norte até o Estado da Bahia. O terceiro regime abrange a parte sul da região, decrescendo para o norte, estando associado a incursões frontais na região (Strang, 1972, Kousky, 1979, Rao et al., 1993). Além disso, o regime de chuvas do NE também é influenciado por distúrbios de leste (Yamasaki e Rao, 1981) e vórtices ciclônicos de ar superior (Ferreira et al., 2001).

A cobertura vegetal do Nordeste é modulada pelo clima (Juaréz e Liu, 2001; Gurgel et al., 2003), e a vegetação predominante é a caatinga, distribuída por todos os Estados, mas também são encontrados os seguintes domínios fitogeográficos: o cerrado, a floresta ombrófila densa e aberta, a floresta estacional semidecidual e decidual e as áreas de

transição entre os domínios (IBGE, 1993). Ocupando aproximadamente 37% do Nordeste brasileiro a caatinga é encontrada em todos os Estados da Região e norte do Estado de Minas Gerais. Apesar da aparência pobre e árida, a caatinga se revela como um ecossistema complexo, apresentando em alguns trechos uma mata rala ou mais arbustiva, e em outros trechos o solo aparece quase descoberto, possuindo arbustos isolados (Joly, 1970). A caatinga, palavra indígena, que significa “floresta branca”, constitui uma vegetação xerófila, ou seja, adaptada à seca, com perda das folhas na época de estiagem, reduzida superfície foliar, transformação das folhas em espinhos, etc., além de suportar longos períodos de seca por reservar nutrientes e água em suas raízes (Sampaio e Rodal, 2000).

O cerrado, nome regional dado à savana brasileira, concentra-se na porção oeste da Região Nordeste, e possui uma quantidade variável de árvores e arbustos, sendo classificado de acordo com a densidade da vegetação (Pivello, s/d). Na época de estiagem toda a vegetação herbácea e arbustiva seca, alguns arbustos esparsos perdem parte das folhas e as gramíneas, mesmo secas, continuam folheadas. Dessa maneira, o cerrado é constituído por uma vegetação dita permanente, principal diferencial em relação à caatinga (Joly, 1970).

A floresta estacional constitui uma floresta tropical que ocorre em regiões de duas estações definidas, uma seca e outra chuvosa, com espécies que perdem folhas na época da estiagem. Na floresta estacional semidecidual, 20% a 50% da folhagem cai no período seco, enquanto que na floresta estacional decidual a perda foliar chega a 50% ou mais, no mesmo período (IBGE, 1993).

Ocupando uma pequena área ao noroeste do Estado do Maranhão, a floresta ombrófila ocorre em áreas sem período seco, e é constituída por grandes árvores, caracterizadas por estarem sempre úmidas e verdes, sendo subdividida em floresta ombrófila densa e floresta ombrófila aberta. Ambas possuem as mesmas características, mas é denominada floresta ombrófila aberta aquela localizada nas áreas de transição entre a floresta amazônica e outros tipos de vegetação (IBGE, 1993).

A Região Nordeste do Brasil ocupa uma área de aproximadamente 1.550.000 km² e sua economia e subsistência da população dependem diretamente das atividades agrícolas e uso do solo. Neste contexto, a compreensão da dinâmica da cobertura vegetal pode fornecer

indicadores de produtividade, bem como definir áreas de preservação ambiental na região. O Sensoriamento Remoto pode contribuir para esta problemática, pois possibilita o monitoramento de grandes extensões territoriais em intervalos de tempo relativamente pequenos.

Dados NDVI obtidos pelos satélites da série NOAA têm sido utilizados em estudos de vegetação em diversas escalas e localidades. Santos e Shimabukuro (1993) estudaram as fenofases dos cerrados brasileiros, comprovando a importância dos dados NDVI/AVHRR na diferenciação do comportamento de dois tipos de cerrado; Batista et al. (1997) analisaram a cobertura vegetal na Amazônia, com dados NDVI do NOAA. Eles observaram diferentes ciclos sazonais em função do tipo de cobertura vegetal. Gurgel et al. (2003) usaram a análise de agrupamentos para classificar os tipos de vegetação existentes no Brasil, usando dados NDVI/AVHRR, observando que na região Nordeste a caatinga, o cerrado e a floresta tropical, apresentam ciclos anuais bem definidos, e respondem rapidamente às chuvas; Kazmierczak (1994) analisou a relação entre precipitação e NDVI na caatinga, e conseguiu alta correlação entre essas variáveis, além de identificar diferentes regimes pluviométricos dentro do bioma caatinga. Barbosa (1999 e 2003) estudou a resposta do NDVI para dez diferentes fitofisionomias no Nordeste brasileiro em função da pluviometria, obtendo correlações estatisticamente significativas entre NDVI e chuva, com respostas de um a três meses. Ele também observou que a floresta ombrófila densa não apresenta correlação entre precipitação e NDVI. Recentemente, Juárez e Liu (2001) utilizaram análise de Fourier para avaliar o ciclo anual do NDVI e do clima na região Nordeste do Brasil através da análise da média, fase e amplitude do NDVI, e conseguiram espacializar quinze domínios climáticos na Região. O presente trabalho tem como principal objetivo estudar a diferença de comportamento do NDVI e da precipitação nos quatro principais domínios fitogeográficos do Nordeste brasileiro, no período de 1982-1998. A análise do comportamento dos diferentes domínios fitogeográficos encontrados no Nordeste tem aplicações no gerenciamento agrícola e ambiental.

DADOS e METODOLOGIA

Dados NDVI e de Precipitação

O NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), proposto por Rouse et al. (1973), 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, 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. Com esta normalização, os valores de NDVI ficam contidos em uma escala que varia de -1 a 1. No sensor AVHRR, da série NOAA, são utilizados os canais 1 (0.58-0.68 μm) e 2 (0.725-1.1 μm) para o cálculo do NDVI.

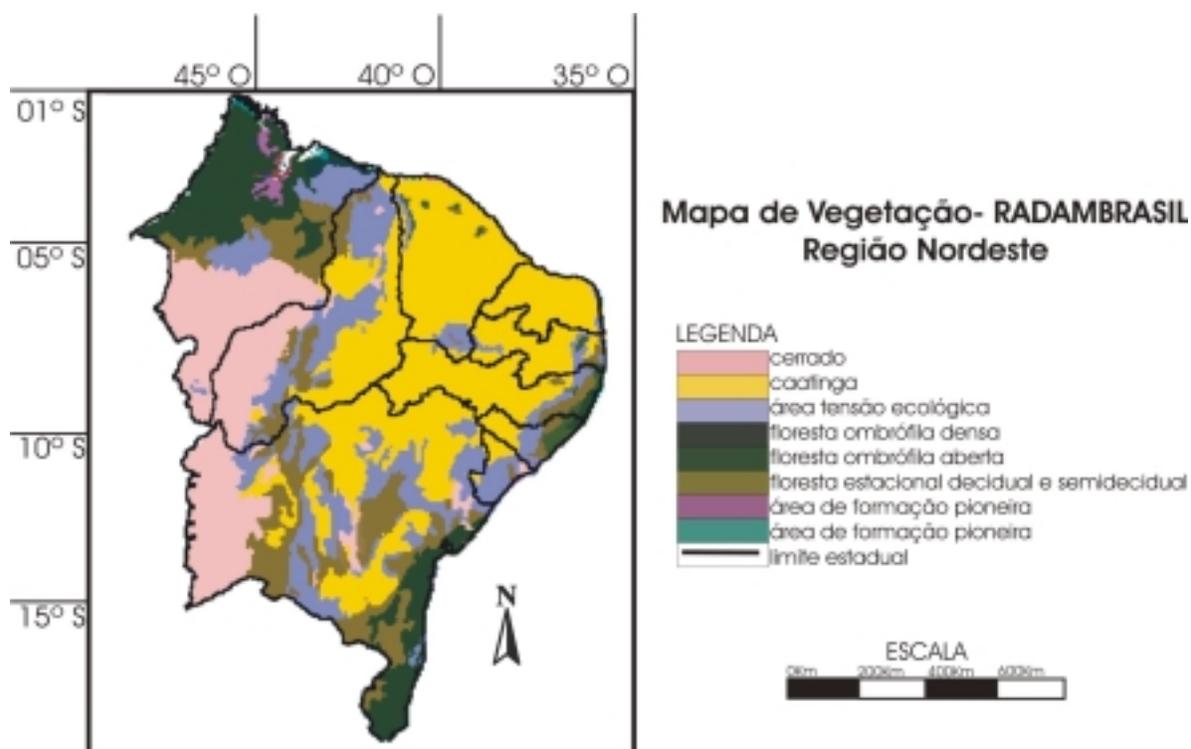
As imagens utilizadas no presente estudo foram fornecidas pelo Global Inventory Monitoring and Modelling Studies (GIMMS) associado ao Goddard Space Flight Center/National Aeronautics & Space Administration (GSFC/NASA). Os dados de entrada para o cálculo do NDVI, originalmente apresentam resolução espacial de 4km X 4Km, e foram obtidos pelos sensores AVHRR à bordo dos satélites NOAA-7, 9, 11 e 14. 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 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 7,6 Km X 7,6 Km de resolução espacial, em composições quinzenais (GSFC, 1999). Neste estudo optou-se pelo uso de composições mensais, onde prevalece o maior valor de NDVI no mosaico feito com as duas imagens quinzenais, disponibilizadas na projeção Albers Conical Equal Area. Além disso, foram eliminados os dados afetados por contaminação por nuvens, espalhamento e absorção devido a efeitos da atmosfera e visadas fora do nadir, com ângulos maiores que 25° (Los et al., 1994).

Os dados de precipitação utilizados neste trabalho foram coletados pela SUDENE, em 1.500 estações de coleta, distribuídas por toda a Região Nordeste.

Metodologia

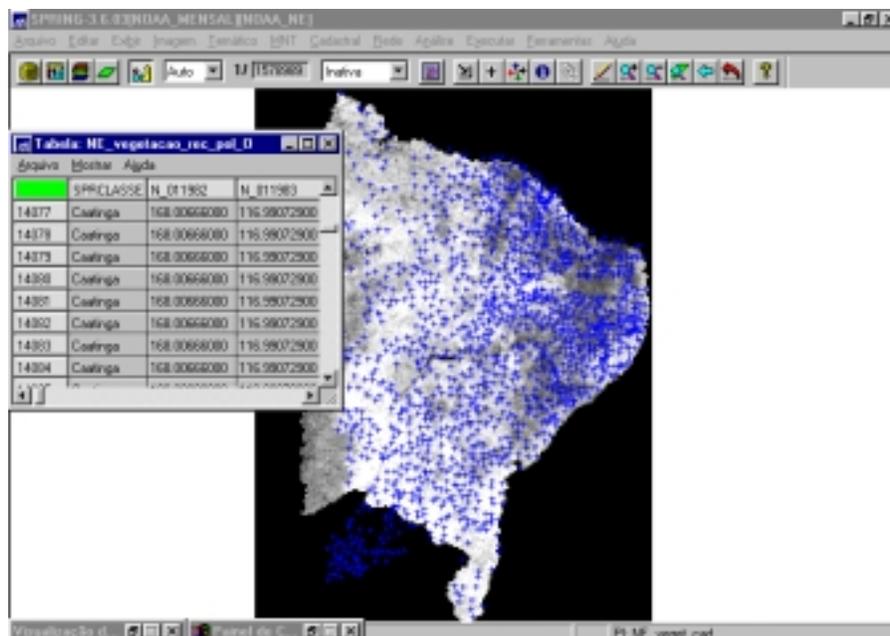
Primeiramente foram calculados os totais acumulados mensais de precipitação para cada estação de coleta, através dos dados diários. Utilizou-se o software SPRING 3.6.03 para recortar as imagens NDVI para a região Nordeste, anulando o valor dos "pixels" externos à área de estudo. Com o auxílio do mapa digital de vegetação do RADAMBRASIL (figura 1) estas imagens foram divididas em quatro grandes domínios fitogeográficos, sendo eles caatinga, cerrado, floresta ombrófila e floresta estacional.

Figura 1 - Mapa de vegetação do RADAMBRASIL para a região Nordeste



Sobre as imagens de NDVI foram "plotados" os pontos correspondentes aos postos pluviométricos, já georreferenciados. Para cada pixel com dado de precipitação extraíu-se o valor de NDVI, sendo os dados organizados em tabela (figura 2), de acordo com o domínio fitogeográfico.

Figura 2 - Tela do SPRING 3.6.03 com imagem NDVI do Nordeste brasileiro, de janeiro de 1982, os pontos em azul representam a localização dos postos de coleta de precipitação, e a tabela onde estão organizados os dados.



Posteriormente calculou-se as médias mensais de NDVI e precipitação para cada tipo de vegetação, sendo geradas imagens médias sazonais de NDVI (figura 7) para anos de evento EN e anos normais, dispostas em 5 classes de NDVI.

Alternativamente foi também estudada a variabilidade interanual de NDVI, utilizando-se a análise de Fourier (Bachman, 1994). De acordo com esta metodologia, a série temporal de NDVI pode ser expressa por funções senoidais com frequências que apresentam múltiplos inteiros de uma frequência fundamental determinada pelo tamanho da amostra de uma série de dados. Neste caso, a série de dados NDVI constituída de n pontos pode ser representada somando-se a série de $n/2$ funções.

As amplitudes e fases dos harmônicos utilizados foram representadas por vetores onde o comprimento do segmento de reta é proporcional a amplitude, e a direção na qual este aponta (orientação angular) representa o ângulo de fase. Neste contexto, a direção da flecha aponta para o mês no qual o primeiro harmônico, por exemplo, é maximizado, ou seja, as direções norte/leste/sul/oeste referem-se aos meses janeiro/abril/julho/outubro.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As figuras 3 a 6 mostram a variabilidade temporal do NDVI e da precipitação para os quatro principais tipos de cobertura vegetal observados na Região. Observa-se que a floresta estacional (figura 3), caatinga (figura 4) e o cerrado (figura 5) possuem ciclo anual bem definidos. Após o início das chuvas, que ocorrem entre a primavera e o verão, os valores de NDVI começam a subir gradualmente até atingirem seus máximos, entre o verão e o outono. Este resultado indica que há uma defasagem temporal entre as chuvas e a resposta total da vegetação de pelo menos três meses.

A floresta estacional apresenta os maiores valores de NDVI. Este comportamento ocorre porque a floresta tropical, adaptada a períodos secos, além de manter grande parte de sua folhagem durante a estiagem, é vegetativamente densa. Outro ponto importante é que os picos de máximos e mínimos valores de precipitação concentram-se neste domínio, fator que também influencia os valores mais altos de NDVI, uma vez que quanto mais seca a vegetação, mais rápida é sua resposta às chuvas.

A caatinga e o cerrado alternam seus valores máximos e mínimos de NDVI, mas a amplitude da oscilação é maior na caatinga do que no cerrado. Desta maneira, pode-se concluir que a caatinga responde com maior intensidade à precipitação que o cerrado. Este resultado pode ser comprovado pela estrutura de cada domínio fitogeográfico. A caatinga é composta de espécies adaptadas a secas severas, que perdem folhas durante a estiagem, respondendo com menores valores de NDVI neste período. Nos períodos chuvosos, revela-se extremamente ativa fotossinteticamente, aumentando a resposta da vegetação, e conseqüentemente os valores de NDVI. Já o cerrado é composto de uma vegetação dita permanente, onde as folhas, mesmo secas, estão presentes e continuam respondendo à radiação eletromagnética. No período chuvoso, quando as folhas novamente estão fotossinteticamente ativas, o valor de NDVI aumenta de maneira mais sutil. Confirma-se também um resultado já esperado, que a precipitação no cerrado é sempre mais alta que na caatinga.

Por outro lado, a floresta ombrófila (figura 6) não possui ciclo anual definido e o NDVI permanece praticamente constante durante todo o ano, pois trata-se de uma

vegetação densa, com árvores de grande porte, localizada numa região úmida. Neste caso, a precipitação varia com valores máximos na primavera e mínimos no outono, mesmo assim, são superiores aos encontrados nos outros domínios.

Figura 3 - Comportamento do NDVI e da precipitação na Floresta Estacional, no período de 1982-1998.

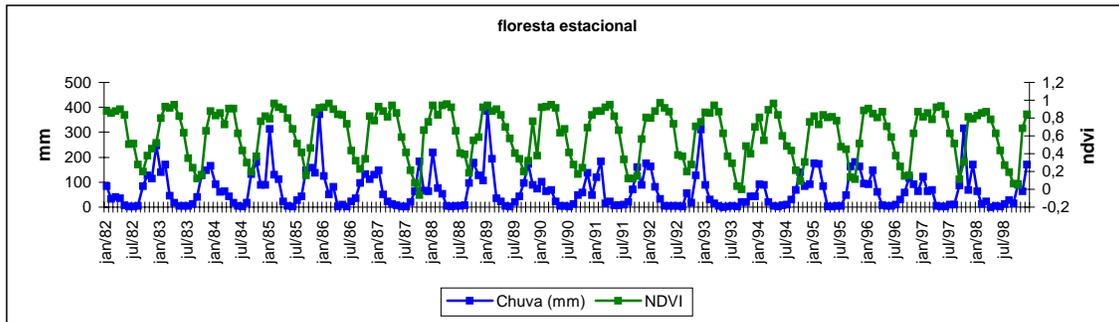


Figura 4 – Como na Figura 3, exceto para Caatinga

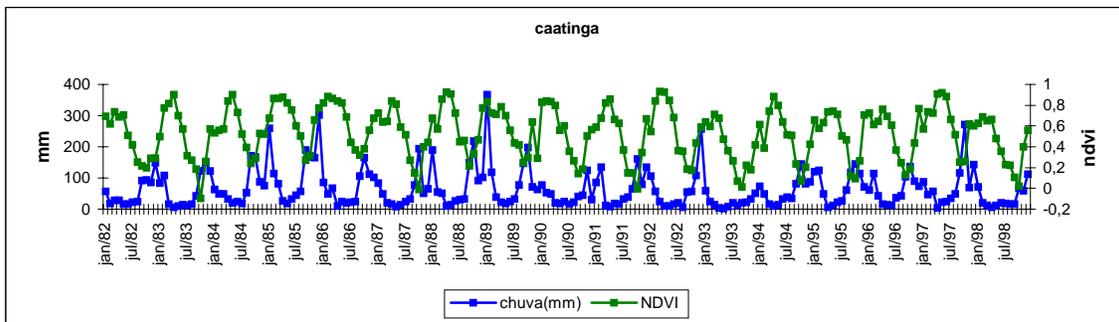


Figura 5 - Como na Figura 3, exceto para Cerrado.

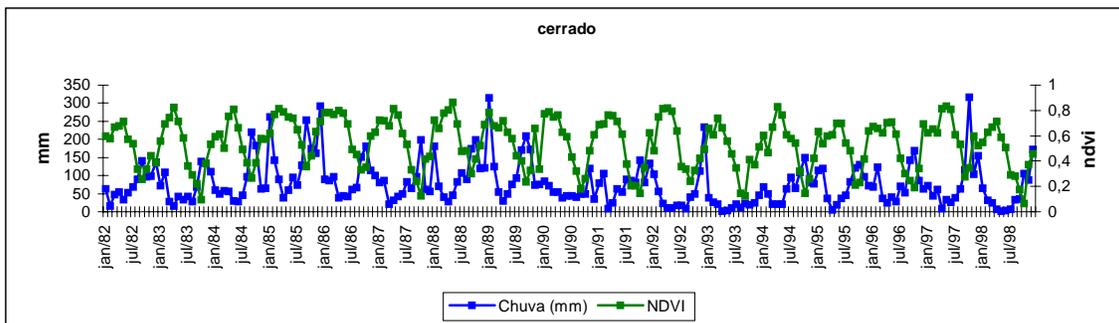
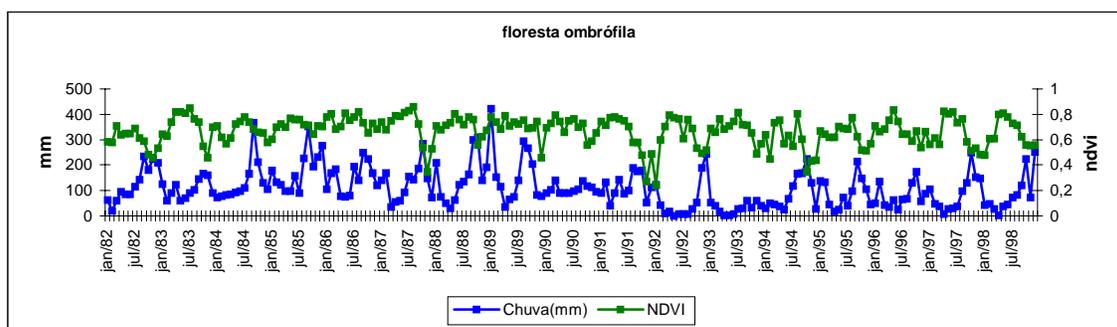


Figura 6 - Como na Figura 3, exceto para Floresta Ombrófila.



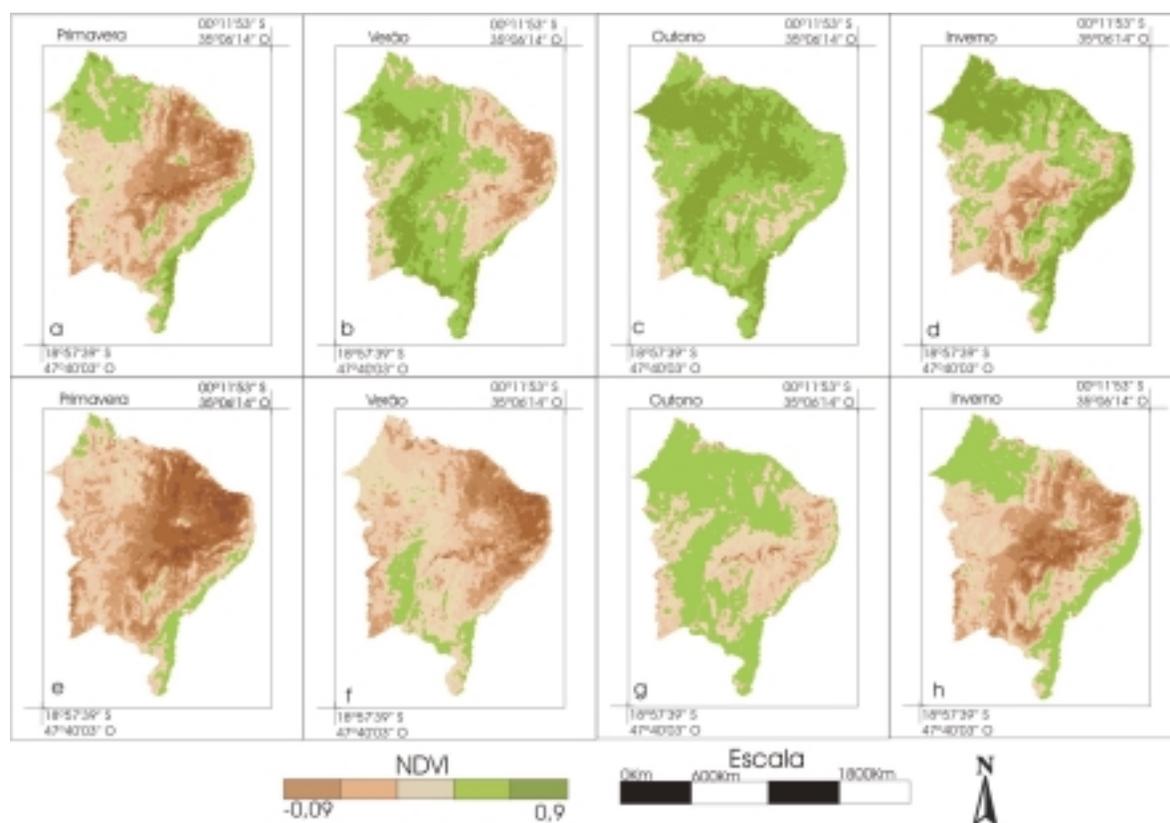
Em relação à variabilidade interanual, os eventos de EN, nos períodos 1982-1983, 1990-1993 e 1997-1998, afetam distintamente os diversos domínios fitogeográficos, como mostram as imagens médias sazonais de NDVI (figura 7), para anos de EN e normais. Observa-se que os valores de NDVI diminuem em anos de EN em todas as estações do ano. Entretanto, a primavera é o período mais afetado, apresentando áreas com valores menores de NDVI em relação aos anos normais, decorrente de secas mais severas no outono e inverno. Mesmo na floresta ombrófila, onde os valores de NDVI permanecem praticamente constantes, ocorrem quedas significativas dessa variável, principalmente no verão. No outono, época em que tipicamente o NDVI é maior, ocorre uma diminuição na atividade fotossintética da região, em consequência da diminuição da quantidade de precipitação em anos de EN. Durante o inverno, observa-se que principalmente a caatinga apresenta valores de NDVI muito baixos em relação ao observado em anos normais.

Durante anos de EN o total pluviométrico atinge valores muito baixos na caatinga e floresta estacional estendendo-se por períodos mais extensos que nos anos normais (figuras 3 e 4). Esta característica, com exceção do observado nos anos de 1992 e 1993, também é observada no cerrado (figura 5). Nestes três domínios, como consequência das secas, o NDVI apresentou decréscimo considerável (figura 2). Observa-se que em anos de EN (figuras 3 a 6) os valores de NDVI encontram-se muito baixos, característica marcante nos anos de 1983 e 1991. Entretanto, apesar do evento de 1986-1988 ser considerado moderado, houve uma queda brusca da média de NDVI para os quatro domínios fitogeográficos analisados principalmente em 1987.

No caso da floresta ombrófila, observa-se uma queda considerável da precipitação apenas para os eventos de 1992-1993 e 1997-1998 (figura 6), com valores muito próximos de zero no outono e valores baixos de NDVI entre a primavera e o verão.

A figura 7 mostra o comportamento sazonal do NDVI em anos normais e de EN. No primeiro caso, as áreas com maior cobertura vegetal ocorrem no outono, mas destacam-se também áreas verdes no interior, oeste, e sul do Nordeste no verão, e nos setores norte e leste no inverno. Em anos de EN a vegetação torna-se predominantemente mais seca na primavera e verão, embora no inverno a cobertura vegetal esteja presente somente no leste e noroeste da região. Assim, em anos de EN a cobertura vegetal no Nordeste sofre um impacto maior durante a primavera e verão.

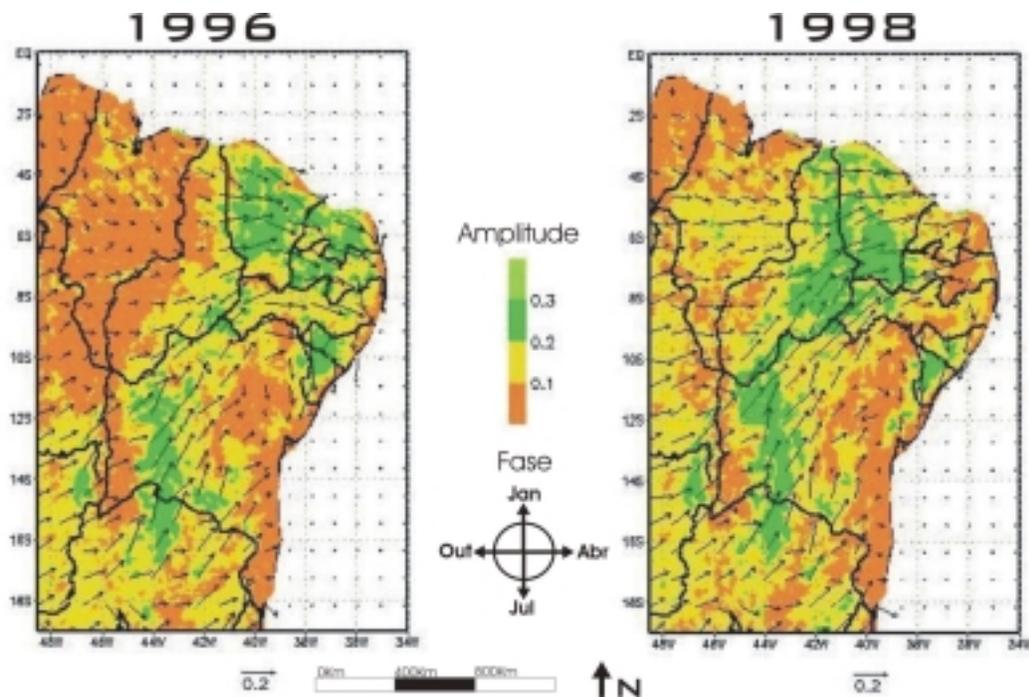
Figura 7 - Imagens médias sazonais classificadas de NDVI. As imagens estão dispostas na ordem primavera, verão, outono e inverno, sendo (a), (b), (c), (d) para anos normais e (e), (f), (g), (h) para anos de El Niño.



A figura 8 ilustra o comportamento da amplitude (escala colorida) e fase (vetores) do ciclo anual (primeiro harmônico) do NDVI sobre o nordeste brasileiro em dois períodos

distintos: EN, representado pelo evento de 1998; e o ano normal de 1996. Observa-se que em geral a amplitude do ciclo anual é maior numa faixa que se estende do sul da Bahia até norte do Piauí e Ceará, regiões tipicamente mais secas. Em casos de EN há um aumento da amplitude principalmente no estado do Maranhão, leste do Piauí, sul do Ceará e interior de Pernambuco. As regiões com amplitudes relativamente baixas/altas coincidem bem com as áreas onde os totais anuais de precipitação são altos/baixos. Desta forma, a amplitude do ciclo anual do NDVI poderia ser perfeitamente utilizada para caracterização climática.

Figura 8 - Amplitude e Fase do NDVI para os anos de 1996 e 1998.



Com base neste comportamento Juaréz e Liu (2001), conseguiram identificar 16 regimes climáticos distintos no Nordeste. Outra característica importante do ciclo anual é a fase associada aos diversos tipos de cobertura vegetal. Esta variável indica a época em que o NDVI atinge o máximo/mínimo vigor, ou seja, mostra a época de iniciação e pico do crescimento. Nas duas situações analisadas, observa-se que a fase do ciclo anual não muda significativamente no interior do Nordeste, onde o primeiro harmônico é maximizado por volta de março. Entretanto em outros locais a mudança da fase é perceptível. Por exemplo,

na região central do Maranhão, no ano normal o pico do vigor vegetativo ocorre em meados de Maio, enquanto em anos de EN ele ocorre em abril, ou seja, o ciclo produtivo da cobertura vegetal em anos anômalos antecipa-se cerca de um mês. Esse tipo de comportamento também é observado no norte do Ceará e interior de Pernambuco. As mudanças descritas referem-se principalmente às áreas de floresta tropical, conforme figuras 3 e 6, onde em 1996 nas áreas com floresta ombrófila observa-se um baixo índice pluviométrico, enquanto que em 1998, entre abril e maio, esse índice chegou a 0 mm. Para a floresta estacional, a estação seca estende-se por um período maior em 1998. Os resultados apresentados sugerem que eventos climáticos anômalos, como o EN, afetam distintamente a amplitude e o calendário do ciclo anual da cobertura vegetal região Nordeste.

CONCLUSÕES

A análise da composição mensal do NDVI/AVHRR e da precipitação média sobre o Nordeste revela que, com exceção da floresta ombrófila, os principais domínios fitogeográficos sofrem significativa variabilidade sazonal. Além disso, observou-se que o tempo de resposta da vegetação à precipitação média em cada domínio fitogeográfico é de aproximadamente três meses, mas no caso da floresta ombrófila esta resposta não é evidente. No que refere ao ciclo anual da cobertura vegetal no Nordeste, observou-se que em geral a amplitude é menor/maior nas áreas com maior/menor índices pluviométricos, sendo que em anos de EN há um aumento dessa variável principalmente no estado do Maranhão, leste do Piauí, sul do Ceará e interior de Pernambuco. Além disso, o primeiro harmônico não mostra mudanças significativas na fase do ciclo anual no interior do Nordeste, mas no norte do Ceará, interior de Pernambuco e centro do Maranhão, o máximo do vigor vegetativo em anos de EN ocorre um mês antes que em anos normais.

Agradecimentos:

Este trabalho foi parcialmente suportado pelo CNPq e FAPESP.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, H. A. **Análise espaço temporal de índice de vegetação AVHRR/NOAA e precipitação na região nordeste do Brasil em 1982-85**. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1999.
- BARBOSA, H. A.; HUETE, A. R. **Seasonality of Pathfinder AVHRR Land NDVI Data for Northeastern Brazil**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Belo Horizonte, 2003. **Anais XI SBSR**, www.ltid.inpe.br/sbsr2003/ .p. 1271-1276.
- 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, 1997.
- BACHMAN, G. **Elements of Abstract Harmonic Analysis**. Polytechnic Institute of Brooklyn Department of Mathematics. Brooklyn, New York, 1994.
- FERREIRA, N. J.; LAÇAVA, C. I. V.; SOBRAL, Z. R. A climatological study of convective cloudbands in northeastern Brazil Part I: Preliminary analysis. **Australian Meteorological Magazine**, Austrália V. 50, 105-113, 2001.
- GSFC/NASA. <http://library.gsfc.nasa.gov/>
- GURGEL, H.C. **Variabilidade espacial e temporal do NDVI sobre o Brasil e suas conexões com o clima**. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2000.
- GURGEL, H. C.; FERREIRA, N. J.; LUIZ, A. J. B. Estudo da Variabilidade do NDVI sobre o Brasil, Utilizando-se da Análise de Agrupamentos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande. v.7, n.1, p. 85-90, 2003.
- HASTENRATH, S. ; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. **Journal Royal Meteorological Society**, Birmingham. v. 102, n.1, p. 77-92, jan 1977.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Recursos Naturais e Meio Ambiente: uma visão do Brasil.**, Departamento de Recursos naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro, 1993, p. 154.

JOLY, A. B. **Conheça a Vegetação Brasileira.** São Paulo: Editora USP, 1970.

JUÁREZ, R. I. N. ; LIU, W. FFT Analysis on NDVI Annual Cycle and Climatic Regionality in Northeast Brazil. **International Journal of Climatology**, Birmingham. v.21, p.1803-1820, 2001.

KAZMIERCKZAC, M. L. **Índice de Vegetação Derivado do NOAA/AVHRR: análise da sazonalidade da cobertura vegetal em região de clima semi-árido (Caatinga).** Relatório Técnico. FUNCEME, Fortaleza, 1994.

KOUSKY, V. E. Frontal influences on the Northeast Brazil. **Monthly Weather Review.** Boston. v. 107, p. 1140-1153, 1979.

LOS, S. O.; JUSTICE, C. O.; TUCKER, C. J. A global 1°X1° degree NDVI data set for climate studies regions. **International Journal of Remote Sensing.** v. 15, n. 17, p. 3493-3518, 1994.

PIVELLO, V. R. www.mre.gov.br/cdbrasil/itamaraty/web/port/meioamb/ecossist/cerrado
RADAMBRASIL. **Mapa Fitoecológico, FOLHAS SC 23/24; SB 23/24; SA 23/24; SB 24/25; SC 24/25; SD 23; SD 24; SE 24; SB/SC 22**, 1971-1973.

RAO, V. B.; DE LIMA, M. C.; FRANCHITO S. H. Seasonal interannual variations of rainfall over Eastern Northeast Brazil. **Journal Climate**, Boston. v.6, p. 1754-1763, 1993.

ROUSE, J. W.; HASS, R. H.; DEERING, D. W.; SCHELL, J. A. **Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation.** A. M. University, College Station, Austin, Texas, 1973.

SAMPAIO, E. ; RODAL, M. J. **Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma caatinga.** www.biodiversitas.org/caatinga/relatorios/fitofisionomias.pdf, 2000.

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, Curitiba, 1993. **Anais IV SBSR**, v. 2 p. 249-257.

SPRING 3.6.03. www.dpi.inpe.br/spring

STRANG, D. M. G. Climatological analysis of rainfall normals in Northeast Brazil.

Instituto de Atividades Espaciais (I.A.E.), São José dos Campos, 1972.

UVO, C.R.B. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação na região norte do Nordeste Brasileiro. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1984.

YAMASAKI, Y. ; RAO, V. B. Tropical cloudiness over the South Atlantic Ocean. Journal of the Meteorological Society of Japan, v. 55, n. 2, p. 208-207, feb. 1977.