

USO DE DADOS AVHRR/NOAA GAC PARA ANÁLISE DA SAZONALIDADE DA CAATINGA

MARCOS LEANDRO KAZMIERCZAK¹

¹ Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - Divisão de Geoprocessamento
Caixa Postal 3221 Fortaleza (CE) - E-mail mlk@zeus.funceme.br

Abstract. In order to define the pattern of the Caatinga Complex with AVHRR-NOAA GAC data, this paper shows the influence of sazonalidade on caatinga's response. Ten areas were chosen in the Brazilian northeast and a time serial of 119 months was obtained from GSFC/NASA. Taking into account a 3X3 pixel window, the mean values were analysed to produce the pattern along the year. The following step was to compute the correlation between NDVI and precipitation values (0.8883). It were identified three classes of caatinga: open shrub, dense shrub and high caatinga, with 0.2307, 0.3069 and 0.3917 NDVI average values, respectively. As the caatinga species have a quickly response regarding to precipitation, the analysis of its spectral values with remote sensing is a very useful too. It to vegetation cover studies. The profile of NDVI during a growth season can be compared with another profiles or another years.

Keywords: AVHRR/NOAA NVI images, sazonalidade, complex of Caatinga, Northeast of Brazil.

1. INTRODUÇÃO

O nordeste brasileiro, cuja dimensão territorial atinge aproximadamente 1.550.000 km², envolve diversos e complexos ecossistemas, conduzindo a uma grande diversidade da sua vegetação (Sá, 1991). Dentro do domínio de aplicações de dados de sensoriamento remoto, verifica-se uma grande falta de informações sobre a Formação da Caatinga: a extensão e o pouco conhecimento existente bastariam para determinar esta região como um dos mais promissores campos de aplicação das tecnologias de sensoriamento remoto, para prover informações sobre os seus recursos. Tal contexto indica necessariamente uma ampliação da utilização das ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para estes fins.

2. OBJETIVOS

Considerando o fato de que, durante a década passada, os índices obtidos com dados do sensor AVHRR mostraram uma grande utilidade na descrição e distribuição da vegetação em larga escala, bem como das mudanças fenológicas sobre determinadas áreas de interesse no mundo todo, definiu-se estudar a Formação da Caatinga com imagens AVHRR/NOAA para verificar o seu comportamento. O objetivo geral deste trabalho é determinar o efeito da sazonalidade sobre o índice de vegetação diferença normalizada em dez áreas. Os objetivos específicos são:

- Determinar o comportamento padrão do Índice de Vegetação NDVI na Caatinga;

- Analisar o seu comportamento mensal, considerando uma série temporal de 119 meses, entre agosto de 1981 e junho de 1991;
- Analisar o comportamento de cada uma das dez áreas selecionadas, no intuito de verificar seus padrões.

3. DADOS AVHRR

3.1. Características gerais

O AVHRR é um dos três sensores à bordo dos satélites NOAA. Foi projetado para análise multiespectral de parâmetros meteorológicos, oceanográficos e hidrológicos, mas tem sido muito empregado para estudar a dinâmica da vegetação. O IFOV é de 1,4 miliradianos, o que corresponde a uma resolução de 1,1 X 1,1 Km ao nadir, para uma altitude nominal de 833,0 Km. Os dados de 10 bits permitem uma grande amplitude de variação da dinâmica radiométrica. Opera numa órbita sol-síncrona, com um período orbital de 102 minutos, totalizando 14,1 órbitas/dia, com um ciclo de cobertura de 9 dias (Kidwell, 1991).

3.2. Vantagens

Entre as principais vantagens, podem ser citadas (Van Dijk, 1987): alta resolução temporal; garantia de cobertura global; baixo custo e avaliação em tempo real. O AVHRR é, atualmente, o único sistema operacional de sensoriamento remoto capaz de fornecer dados globais diariamente, o que facilita o monitoramento da superfície terrestre e

principalmente da vegetação (Malingreau e Belward, 1992).

Este fato assume um caráter fundamental quando o interesse é estudar alvos com grande dinâmica, que necessitam de uma alta resolução temporal. Deve se observar, porém, que essa resolução temporal é obtida à custa de um amplo ângulo de varredura, que causa distúrbios que podem comprometer a homogeneidade espacial e a qualidade dos índices gerados pelos dados.

4. ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

A partir do comportamento espectral da vegetação verde, alguns pesquisadores propuseram modelos matemáticos capazes de indicar a densidade de fitomassa foliar fotossinteticamente ativa por unidade de área, na tentativa de superar os efeitos indesejáveis do substrato e das demais estruturas.

Nestes modelos, quanto maior o índice de vegetação, mais densa é a fitomassa verde: à medida em que aumenta a quantidade de vegetação, aumenta a reflexão na banda do infravermelho próximo, enquanto a reflexão na banda do vermelho diminui, fazendo com que o aumento da razão seja potencializado, realçando a vegetação.

O Índice de Vegetação Diferença Normalizada (NDVI) é representativo de vários índices de vegetação espectrais. O NDVI calculado a partir de imagens AVHRR/NOAA tem sido utilizado para monitoramento global da vegetação porque as alterações provocadas por variações de iluminação, declividade da superfície e geometria de visada são parcialmente compensadas por este índice (Amaral, 1992). Em cenas com vegetação, o NDVI varia de 0,1 a 0,6 e os maiores valores encontram-se associados a coberturas vegetais de alta densidade.

5. ÁREA DE ESTUDO

A Caatinga ocupa cerca de 11% do território nacional (Joly, 1970), abrangendo os Estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, partes do Piauí, Maranhão e Minas Gerais. A Figura 1 apresenta o mapa com a localização da área da Formação da Caatinga e as 10 áreas-selecionadas.

6. MATERIAL

Para a execução dos objetivos propostos foram empregados os seguintes dados: Mapa de Vegetação do Brasil, publicado pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1993, escala 1:5.000.000); Imagens NDVI do Goddard Space Flight Center/NASA, no período

de agosto de 1981 a junho de 1991; Dados de precipitação pluviométrica, série 1911-1993, fornecidos pelo CPTEC/INPE e Dados auxiliares do RADAMBRASIL. Para extração das coordenadas das áreas foi empregado o SGI/INPE, e para processamento dos dados, um computador Apple Macintosh (conversão de dados), IBM-PC e Planilha Quattro-Pro.

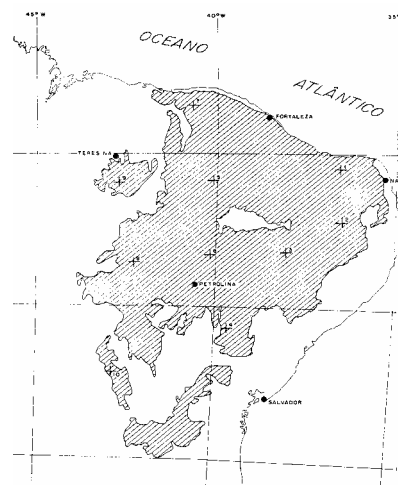


Fig. 1. Mapa de localização da Caatinga e das amostras selecionadas

7. METODOLOGIA

7.1. Seleção das áreas

Usando o Mapa de Vegetação, foram selecionadas 10 áreas dentro da Formação Caatinga. Para tanto, procurou-se abranger toda a área da formação, evitando áreas já antropizadas. As coordenadas geográficas (latitude e longitude) destas amostras (Tabela 1) foram extraídas e encaminhadas ao Goddard Space Flight Center/NASA, em Maryland (EUA).

Tabela 1. Coordenadas das áreas selecionadas.

AMOSTRA	LATITUDE	LONGITUDE
01	05°45'36'''	36°31'48''
02	07°31'12''	36°30'36''
03	08°30'00''	38°00'36''
04	11°00'00''	39°28'12''
05	06°01'12''	40°01'12''
06	08°30'00''	39°58'12''
07	03°28'12''	40°31'12''
08	08°45'36''	42°00'00''
09	06°01'12''	42°28'48''
10	12°28'12''	42°45'00''

7.2. Aquisição das imagens NDVI

A aquisição dos dados foi feita pelo Dr. Yosio Edemir Shimabukuro, Pesquisador Sênior da

Divisão de Sensoriamento Remoto do INPE. Através de contatos com o GSFC/NASA e o Dr. Compton Tucker, foram obtidos os arquivos com os dados no período agosto/1981 a junho/1991. Estes arquivos apresentam os valores digitais médios das imagens mensais.

O Global Inventory Monitoring and Modelling System (GIMMS) do GSFC produz uma imagem índice de vegetação derivada de dados GAC. Os dados são organizados por continente e as informações relativas aos oceanos são omitidas. Na etapa seguinte, são eliminados os dados afetados por contaminação de nuvens, espalhamento e absorção devido a atmosfera e visadas fora do nadir (ângulos maiores que 20 graus).

Os valores dos canais 1 e 2 são convertidos para unidades de reflectância usando a calibração de pré-vôo fornecida pela NOAA (não considerando a degradação do sensor). O dado NDVI é então mapeado em blocos de 1 a 3 dias para uma projeção estereográfica. A partir de um determinado píxel, o programa de mapeamento calcula a sua posição. Durante este mapeamento, a resolução é reduzida para permitir a visualização da projeção continental em uma tela de 1280X1024 pontos. A conferência do registro é feita comparando-se feições na imagem com contornos do continente e rios principais, resultando em uma imagem de resolução 7,6 X 7,6 Km.

A imagem diária pode apresentar grandes áreas com falta de informação, como resultado de espaços entre as órbitas mapeadas e dados eliminados durante os vários estágios do processamento. O volume de dados que falta é reduzido com a união de imagens diárias em composição, onde se utiliza o maior valor do píxel no período de um mês. Isto acarreta uma diminuição dos efeitos atmosféricos de espalhamento e absorção (exceto absorção por ozônio), contaminação por nuvens e geometria de visada, fatores que diminuem o NDVI.

7.3. Extração dos dados NDVI

Os operadores do GSFC/NASA fizeram a leitura das imagens mensais e, a partir das coordenadas de latitude e longitude fornecidas, determinaram o valor médio de uma janela de 3X3 píxels, centrada na coordenada. Os arquivos resultantes foram convertidos do formato Macintosh para IBM-PC usando o Apple File Exchange.

7.4. Tratamento dos dados

Os dados foram tratados com a Planilha Quattro-Pro (3.0). Foram criados arquivos auxiliares para a geração dos gráficos utilizados na análise.

8. RESULTADOS

8.1. Análise da série

Considerando-se a série temporal empregada, obteve-se a Figura 2, com o comportamento médio de cada mês do ano. Pode-se observar que os valores mínimos ocorrem nos meses de setembro e outubro, apresentando um acréscimo gradual até os valores máximos em abril e maio, quando então o NDVI volta a apresentar um decréscimo até setembro.

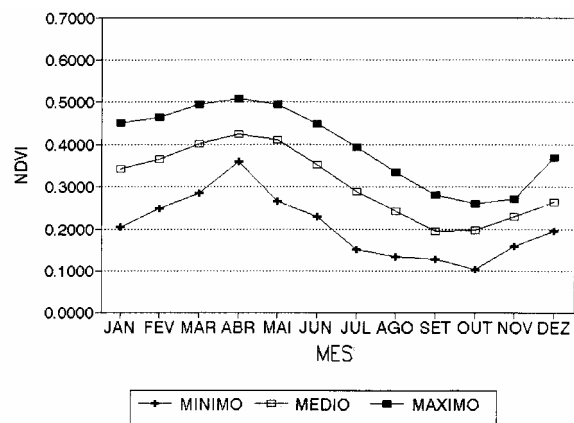


Fig. 2. Comportamento médio da série.

A componente sazonal exerce influência na baixa produção de fitomassa à medida em que avança a época seca, refletindo num decréscimo dos valores de NDVI em momentos de excesso hídrico para momentos de déficit hídrico, representando uma condição de sazonalidade extrema para a região da Caatinga, à exemplo do verificado por Santos e Shimabukuro (1993) em áreas de Cerrado.

A Caatinga apresenta uma grande variação nos valores de NDVI ao longo do ano, mas durante o pico máximo de atividade fotossintética chega a apresentar valores quase tão altos quanto áreas de floresta densa, devido aos altos valores de biomassa foliar.

O valor mínimo da série foi verificado em dezembro de 1983 (0,0156), enquanto o máximo ocorreu em abril e maio de 1988 (0,6094). 1983 foi o ano mais seco do período analisado (461,98 mm, em média), enquanto 1985 foi o ano mais chuvoso (1593,10 mm, em média). Esta variabilidade tem uma influência marcante sobre os valores dos dados NDVI.

8.2. Análise da sazonalidade

Há uma clara distinção entre o primeiro e o segundo semestre, com valores médios de

0,3830 e 0,2360, respectivamente. Observando-se os valores médios mensais por amostra, verificou-se que os meses de março a maio são os que apresentam os menores coeficientes de variação, enquanto os meses de outubro a dezembro são os que apresentam os maiores valores. As Figuras 3 a 12 apresentam os comportamentos das amostras na série analisada.

Isto demonstra claramente que as condições secas tendem a ser mais favoráveis a discriminação de pequenas diferenças entre os diversos tipos de caatinga. A época chuvosa, com pequenas variações, provoca uma uniformidade das respostas espectrais, dificultando a discriminação das diferentes tipologias. Estas observações encontram respaldo nos resultados obtidos por Carvalho (1986).

8.2.1. Análise por amostra individual

Pode-se agrupar as 10 amostras em 3 classes, em função das variações encontradas nos valores mensais de NDVI:

Caatinga Arbustiva Aberta: 78 a 100% dos valores mensais abaixo da média. Amostras 1, 2 e 3, com valor médio de 0,2307.

Caatinga Arbustiva Densa: 44 a 61% dos valores mensais abaixo da média. Amostras 4, 5, 6, e 8, com valor médio de 0,3069.

Caatinga Arbórea: 0 a 11% dos valores mensais abaixo da média. Amostras 7, 9 e 10, com valor médio de 0,3917.

Tabela 2. Dados mensais da série.

MÊS	MÍN	MÁX	MÉD	DESvio
JAN	0,0508	0,5625	0,3410	0,1237
FEV	0,0273	0,5625	0,3666	0,1011
MAR	0,0605	0,5898	0,4016	0,0777
ABR	0,1367	0,6094	0,4243	0,0564
MAI	0,0859	0,6094	0,4115	0,0731
JUN	0,0742	0,5898	0,3530	0,0902
JUL	0,0469	0,5352	0,2900	0,0891
AGO	0,0566	0,4980	0,2415	0,0816
SET	0,0488	0,3945	0,1953	0,0678
OUT	0,0371	0,4570	0,1961	0,0770
NOV	0,0352	0,5449	0,2291	0,1250
DEZ	0,0156	0,5332	0,2641	0,1204

8.2.2. Análise da correlação entre Precipitação e NDVI

De posse de uma listagem com a localização de 136 estações de coleta de dados pluviométricos

distribuídas pelo Nordeste, foram selecionadas 5 próximas (máximo de 45 Km do centro da amostra) às áreas amostradas. Foram calculadas as médias e os totais de precipitação para cada uma das 5 áreas e estabelecidas correlações, como apresentado na Tabela 3.

Comparando-se as correlações verifica-se sempre uma melhoria no caso da precipitação do mês anterior, em função da grande influência da precipitação sobre a vegetação em áreas semi-áridas, ressaltando a resposta captada pelo sensor para a composição da imagem NDVI.

Tabela 3. Correlação entre os valores médios mensais de NDVI e os valores médios de precipitação (PP) de cada mês.

Amostra	NDVI/PP mês	NDVI/PP mês anterior
Amostra 1	0.6865	0.9303
Amostra 5	0.5275	0.7587
Amostra 7	0.7749	0.8236
Amostra 9	0.6258	0.8826
Amostra 10	0.5597	0.7490
GERAL	0.6693	0.8883

9. CONCLUSÕES

A análise da série 81/91 permitiu determinar o comportamento padrão do índice de vegetação diferença normalizada para a caatinga, resultando num valor de 0,3084. Este comportamento está dividido em dois segmentos: um de valores mais elevados, no 1º semestre (média de 0,3830) e outro de valores mais baixos, no 2º semestre (0,2360).

Em relação ao comportamento de cada uma das áreas selecionadas, verificou-se a existência de uma gradação da vegetação, podendo-se discriminar 3 grupos distintos, com valores médios de 0,2307, 0,3069 e 0,3917. Esta diferença se deve principalmente aos diferentes padrões de precipitação pluviométrica e sua distribuição espacial, o que resulta em diferentes tipologias e densidades da vegetação. O efeito da variabilidade da distribuição das chuvas pode ser observado na variabilidade do NDVI.

Considerando-se os dados de 5 estações pluviométricas localizadas nas proximidades das amostras 1, 5, 7, 9 e 10, verificou-se uma correlação de 0,6693 entre o NDVI e a precipitação pluviométrica. Quando esta precipitação foi substituída pela precipitação do mês anterior, a correlação geral aumentou para 0,8883, variando de 0,7490 (Amostra 10) a 0,9303 (Amostra 1).

A vegetação da caatinga responde rapidamente à precipitação. A imediata resposta espectral das folhas a variações nos seus balanços hídricos torna o Sensoriamento Remoto uma ferramenta extremamente útil nos estudos das condições da cobertura vegetal. A informação mais útil que pode ser obtida de uma base de dados AVHRR é o perfil dos índices de vegetação ao longo da estação de crescimento, comparando-os com outros perfis ou com os perfis de outros anos.

BIBLIOGRAFIA

Amaral, S. **Imagens do Sistema AVHRR/NOAA na detecção e avaliação de desmatamentos na floresta amazônica - Relações com dados TM Landsat.** (Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto). São José dos Campos, INPE, 1992. 175p. (INPE-5501-TDI/516).

Carvalho, V.C. **Structure et dynamique de la végétation en milieu tropical semi-aride. La Caatinga de Quixaba (Pernambouc, Brésil) du terrain à l'analyse des données MSS/Landsat.** Université de Toulouse le Mirail/Geographie Aménagement, Toulouse, 1986. (INPE-4049-RPE).

Huete, A.R. **Soil-dependent response in a developing plant canopy.** *Agronomy Journal*, 79(1):61-68. Jan.-Feb. 1987.

Joly, A.B. **Conheça a vegetação brasileira.** São Paulo, EDUSP, 1970. 181p.

Kidwell, K.B. **NOAA polar orbiter data. User's Guide.** Washington, NOAA, 1991. 244p.

Malingreau, J.P.; Belward, A.S. **Scale considerations in vegetation monitoring AVHRR data.** *International Journal of Remote Sensing*, 13(12):2289-2307. Out. 1992.

Sá, I.B. **Aplicações da abordagem multiestágio em sensoriamento remoto para mapeamento da vegetação de Caatinga: estudo de caso, Petrolina, PE.** (Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto). São José dos Campos, INPE, 1991. 78p. (INPE-5280-TDI/450).

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.

Van Dijk, A.; Callis, S.L.; Sakamoto, C.M.; Decker, W.L. **Smoothing vegetation index profiles: an alternative method for reducing radiometric disturbance in NOAA/AVHRR data.** *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 53(8):1059-1067. Aug. 1987.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Yosio Edemir Shimabukuro (INPE), pela cessão dos dados e pelas orientações dadas na condução deste trabalho, e à Dra. Thelma Krug, Chefe da Divisão de Sensoriamento Remoto do INPE, pelo apoio concedido.

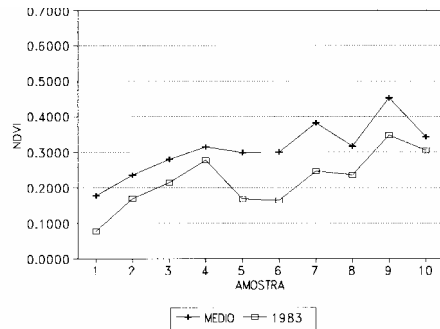


Fig. 3. Comportamento das amostras em 1983.

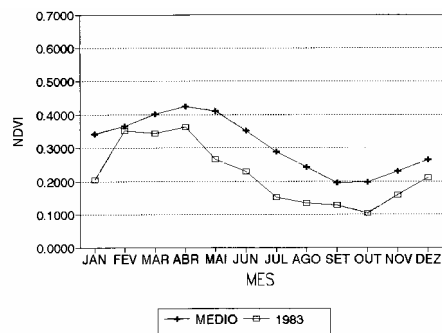


Fig. 4. Comportamento sazonal em 1983.

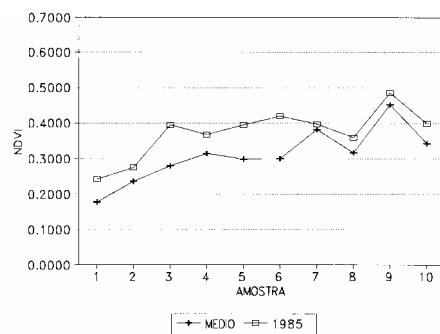


Fig. 5. Comportamento das amostras em 1985.

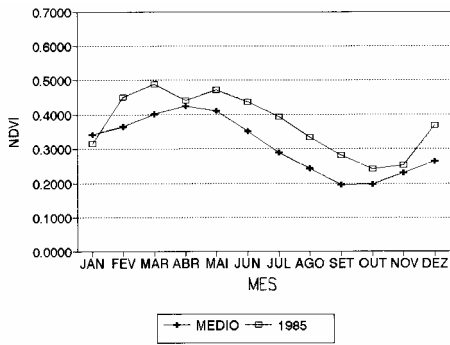


Fig. 6. Comportamento sazonal em 1985.

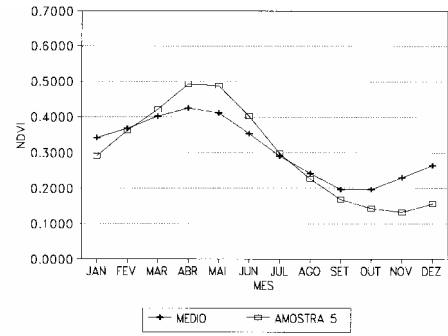


Fig. 10. Sazonalidade da Amostra 5.

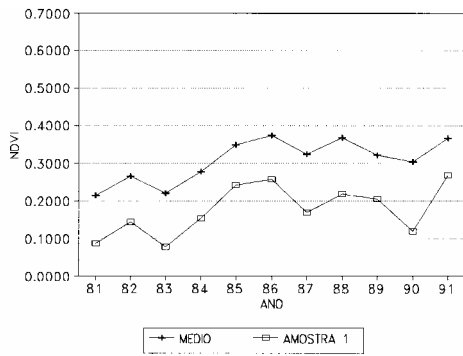


Fig. 7. Comportamento da Amostra 1.

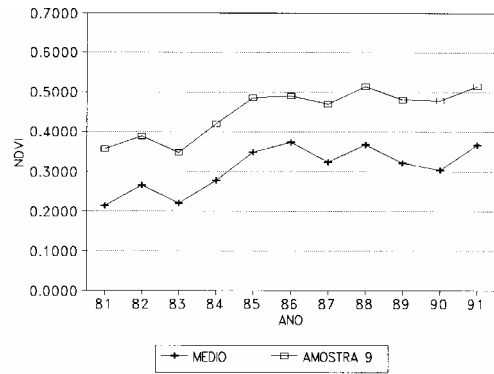


Fig. 11. Comportamento da Amostra 9.

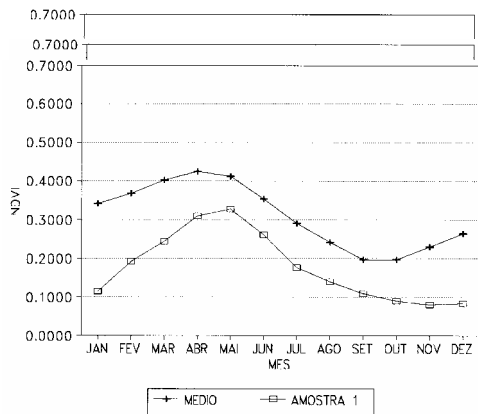


Fig. 8. Sazonalidade da Amostra 1.

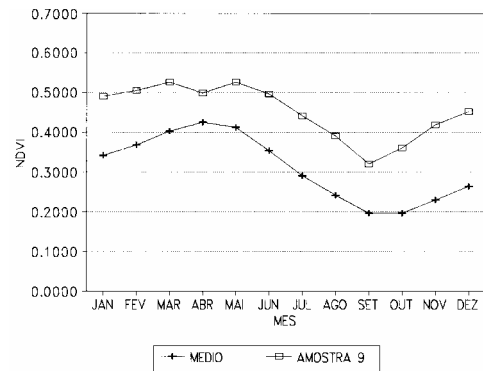


Fig. 12. Sazonalidade da Amostra 9.

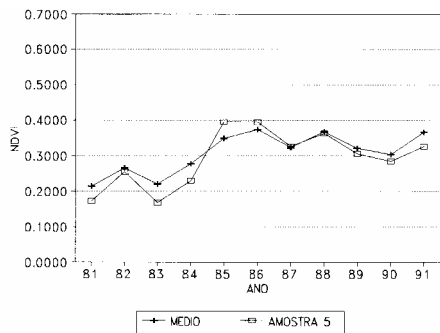


Fig. 9. Comportamento da Amostra 5.