

## **ESTIMATIVA DA COBERTURA VEGETAL NO SETOR LESTE DE PERNAMBUCO UTILIZANDO DADOS DO AVHRR/NOAA**

*Célia Campos Braga*

Meteorologista D. Sc. Professora Adjunta da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas – Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Av Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó, CEP: 58.109-970 - Campina Grande, PB. E-mail: [Célia@dca.ufcg.edu.br](mailto:Célia@dca.ufcg.edu.br)

*Fabiane Regina da Cunha Dantas*

Doutoranda em Meteorologia da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas – Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Av Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó, CEP: 58.109-970 - Campina Grande, PB. E-mail: [fabiane@dca.ufcg.edu.br](mailto:fabiane@dca.ufcg.edu.br)

*Daniel Gonçalves das Neves*

Pesquisador do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá – IEPA.  
E-mail: [daniel\\_neves@hotmail.com](mailto:daniel_neves@hotmail.com)

**RESUMO:** O objetivo deste estudo foi a determinação de regiões homogêneas no estado de Pernambuco baseado em séries temporais de IVDN – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada obtidas em um período de 20 anos com AVHRR/NOAA e 5 km x 5 km de resolução espacial. Empregou-se o método aglomerativo K-means de MacQueen para obter as regiões homogêneas. A fração vegetação média anual foi determinada pela quantidade de pontos de grade de IVDN em cada sub-região homogênea e a área total. Encontraram-se três regiões, com diferentes tipos de vegetação (Caatinga, Agreste e Mata Atlântica) (litoral) e fração vegetação média anual ( $F_{vegm}$ ), a saber: região 1, com IVDN entre 0,27 e 0,39 e  $F_{vegm}$  27,8%; região 2, IVDN entre 0,39 e 0,45 e  $F_{vegm}$  29,0%; região 3, de IVDN entre 0,45 e 0,54 e  $F_{vegm}$  43,2%. A fração vegetação anual ( $F_{vega}$ ), em dois anos da década de 1980, mostraram um aumento da  $F_{vega}$  da vegetação Caatinga e Mata Atlântica e redução da  $F_{vega}$  Agreste. Na década de 1990 a situação não foi a mesma, havendo redução da  $F_{vega}$  litorânea (Mata Atlântica), aumento da área sub-litorânea (Agreste) e a área de vegetação Caatinga permaneceu estável.

**Palavras - chave:** IVDN, caatinga, agreste, mata atlântica, variabilidade anual

## **ESTIMATIVA DE LA COBERTURA VEGETAL EN EL SECTOR ESTE DE PERNAMBUCO UTILIZANDO DATOS DEL AVHRR/NOAA**

**RESUMEN:** El objetivo de este estudio fue la determinación de regiones homogêneas en el estado de Pernambuco basado en series temporales de IVDN – Índice de Vegetación por Diferencia Normalizada obtenidas en un periodo de 20 años con AVHRR/NOAA y 5 km x 5 km de resolución espacial. Se empleó el método aglomerativo K-means de MacQueen para obtener las regiones homogêneas. La fracción vegetación media anual fue determinada por la cantidad de puntos de reja de IVDN en cada sub-región homogênea y la área total. Se encontraron tres regiones, con diferentes tipos de vegetación (Caatinga, Agreste y Mata Atlántica) (litoral) y fracción vegetación media anual ( $F_{vegm}$ ), a saber: región 1, con IVDN entre 0,27 y 0,39 y  $F_{vegm}$  un 27,8%; región 2, IVDN entre 0,39 y 0,45 y  $F_{vegm}$  un 29,0%; región 3, de IVDN entre 0,45 y 0,54 y  $F_{vegm}$  un 43,2%. La fracción vegetación anual ( $F_{vega}$ ), en dos años de la década de 1980, mostraron un aumento de la  $F_{vega}$  de la vegetación Caatinga y Mata Atlántica y reducción de la  $F_{vega}$  Agreste. En la década de 1990 la situación no fue la misma, habiendo reducción de la  $F_{vega}$  litorânea (Mata Atlántica), aumento del área sub-litorânea (Agreste) y la área de vegetación Caatinga permaneció estable.

**Palabras - llave:** IVDN, caatinga, agreste, mata atlántica, variabilidad anual

## **ESTIMATION OF THE VEGETATION COVER IN THE EAST OF PERNAMBUCO USING AVHRR/NOAA DATA**

**ABSTRACT:** The objective of this study was the determination of homogeneous areas in Pernambuco State based on time series of NDVI - Normalized Difference Vegetation Index obtained in a period of 20 years, with AVHRR / NOAA and 5 km x 5 km of spatial resolution. The K-means agglomerative method of MacQueen was used to obtain the homogeneous areas. The vegetation fraction was determined according to the amount of NDVI grid for each homogeneous sub-region and total area. Three areas with different characteristics of NDVI and annual mean vegetation fraction ( $V_{fracm}$ ) were obtained: area 1 with NDVI between 0.27 and 0.39 and  $V_{fracm}$  of 27.8%; area 2 with NDVI between 0.39 and 0.45 and  $V_{fracm}$  of 29.0%; and area 3 with NDVI between 0.45 and 0.54 and  $V_{fracm}$  of 43.2%. The

annual vegetation fraction ( $V_{frac}$ ) for two years within 1980 decade showed an increase of the  $V_{frac}$  for Caatinga and Mata Atlantic areas and reduction of the  $V_{frac}$  in Agreste. During the 1990 decade the patterns were different, presenting a reduction of  $V_{frac}$  in Mata Atlantic, an increase in the Agreste area and area of Caatinga vegetation remained stable.

**Key words:** NDVI, caatinga, agreste, mata atlântica, annual variability

## INTRODUÇÃO

Os dados de sensoriamento remoto tem sido de fundamental importância em pesquisas direcionadas a estudar diferentes parâmetros da atmosfera, assim como o comportamento dinâmico da vegetação. Tal abordagem procura tornar mais operacional o sistema de monitoramento da vegetação principalmente de extensas áreas, tendo como apoio informações coletadas de satélites meteorológicos e ambientais, tais como, Modis, Landsat/TM, AVHRR/NOAA dentre outros. Por meio da radiação refletida no infravermelho próximo ( $IV_p$ ) e visível (VIS), oriunda dos sistemas de sensores AVHRR (Advance Very High Resolution Radiometer) do satélite NOAA (National Oceanic and Atmosphere Administration) e/ou TM (Thematic Mapper)/Landsat, é possível fazer a distinção entre uma superfície vegetada e outros alvos da superfície, por exemplo, areia, rochas, água etc, o que possibilita definir o mapeamento da vegetação tanto no âmbito regional como no global. O índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN) é estimado pela relação entre as duas refletâncias, dos dois canais ( $IV_p$  e VIS). Para vegetação seca, o IVDN é baixo, mas é alto para vegetação em pleno vigor. Isto ocorre devido à pigmentação da cor verde da vegetação sadia refletir mais no infravermelho próximo e menos no canal do visível, o que ocasiona altos valores para o IVDN (Parkinson, 1997).

Dados do IVDN, derivados das informações do sensor AVHRR do satélite NOAA, foram utilizados por Gutman & Ignatov (1998) para produzir dados mensais de fração vegetação e Índice de Área Foliar (IAF). Os resultados preliminares da incorporação dos mapas de fração vegetação nos modelos numéricos de previsão do tempo regional e global do National Center for Environmental Prediction (NCEP) mostraram uma melhora significativa na previsão dos fluxos à superfície.

Braga et al. (2003) fizeram uso de dados do IVDN do AVHRR / NOAA e precipitação pluvial para determinar o tempo de resposta da vegetação às precipitações em regiões homogêneas na região Nordeste do Brasil. Os resultados mostraram que na Caatinga os maiores valores do IVDN ocorrem com defasagem temporal de um mês, após a maior precipitação pluvial, enquanto que, para os demais tipos de cobertura, a defasagem é de dois meses. Dados da fração de cobertura vegetada, estimada a partir do IVDN do AVHRR/NOAA, foram introduzidos por Melo (2003) no modelo Regional Atmospheric Modeling System (RAMS) para analisar a influência da cobertura vegetada sobre o fluxo de calor sensível e latente na superfície da região Nordeste do Brasil. A autora verificou

que as informações introduzidas no modelo RAMS melhoraram o desempenho da previsão do total diário de precipitação pluviométrica.

Wessels et al. (2004) compararam a sazonalidade obtida do IVDN do AVHRR / NOAA para identificar a quantidade de áreas degradadas e não degradadas, mapeadas pelo NCL (National Land Cover), usando a imagem do TM – Landsat para o mesmo tipo de solo e clima no Norte da África do Sul. Os resultados mostraram que a resistência e a estabilidade da vegetação em ambos não sofreram forte alteração para áreas degradadas e não degradadas. É importante mencionar que o volume de informações pontuais do IVDN no leste de Pernambuco é enorme, dificultando uma análise mais realista da fração vegetação. Então, para diminuir o volume de dados de pontos de grade de IVDN na região, determinaram-se inicialmente Grupos homogêneos, usando técnicas de agrupamentos. O procedimento das técnicas de agrupamentos tem sido utilizado com frequência em pesquisas climáticas, quando se trabalha com grandes amostras, a exemplo de Ceballos & Braga (1995) que determinaram regiões homogêneas de radiação global com o auxílio de técnica de agrupamento hierárquico no estado da Paraíba. Também, Gong & Richman (1995) aplicaram várias técnicas da análise de agrupamentos a dados de precipitação pluvial na região central e leste da América do Norte, objetivando fazer uma comparação entre eles. De acordo com os autores, dos métodos de agrupamentos testados, os de Ward e K-means alcançaram melhores níveis de precisão. Logo, optamos por de K-means, por apresentar melhor coerência espacial dos Grupos obtidos.

Braga et al. (2006) encontraram uma relação funcional entre índice de vegetação utilizando dados dos sistemas de sensores AVHRR/NOAA e TM/Landsat -5 para Caatinga e Mista (Caatinga + área irrigada) localizada na região do submédio do São Francisco em Pernambuco. Os resultados indicam relacionamento significativo de  $r = 0,71$  de correlação entre os dados com erro padrão da ordem de 7%.

Houborg et al. (2007) desenvolveram um método numérico combinando índices de vegetação e parâmetros biofísicos usando o sensor MODIS Aqua-Terra em uma região da Dinamarca. Os resultados indicaram uma relação entre o IAF medido e o estimado de 62%, 46% e 63% da variância para as áreas de cultivo de cevada, trigo e sobre locais de floresta, respectivamente.

Dantas (2008) utilizou dados do sistema de sensores AVHRR/NOAA e Landsat-5 /TM para encontrar uma relação funcional entre albedo, IAF, IVDN, SAVI e Fração na vegetação sobre diferentes alvos nas proximidades de Quixeré - CE. A autora concluiu que as

comparações efetuadas entre parâmetros da vegetação estimados pelos os dois satélites podem ser utilizadas com cautela para diferentes fins.

Braga et al. (2009) utilizaram imagens extraídas dos sistemas de sensores AVHRR / NOAA para encontrar uma relação entre a precipitação pluvial com e IVDN mensal nos anos de 2007 e 2008 no estado da Paraíba. Os resultados mostraram que o IVDN tem relação direta com as chuvas na região.

Neste sentido, considerando a importância da preservação das espécies vegetais nativas e da diversidade biológica que compõem o ecossistema do setor leste de Pernambuco, o objetivo desse estudo foi avaliar a dinâmica da vegetação, a partir da fração vegetação em regiões homogêneas do IVDN durante as décadas de 1980 e 1990.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados mensais do IVDN utilizados neste estudo, correspondentes ao período de 1982 a 1999, foram cedidos pela Divisão de Sensoriamento Remoto (DSM) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Esses

dados são extraídos do canal 1, visível (VIS), e 2, infravermelho próximo ( $IV_p$ ) do sensor AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) dos satélites meteorológicos da série NOAA 7, 9, 11 e 14 (National Oceanic and Atmosphere Administration), convertidos em unidades de reflectâncias, usando a calibração pré-vôo fornecida pela NOAA.

O cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) é definido pela proporção:

$$IVDN = \frac{(IV_p - VIS)}{(IV_p + VIS)}$$

(1)

onde  $IV_p$  é a medida da refletância na banda espectral do infravermelho próximo (0,725- 1,10  $\mu\text{m}$ ); e VIS é a medida da refletância na banda espectral, do visível (0,58 – 0,68  $\mu\text{m}$ ). Esses dados têm composições mensais com resolução espacial de 30,25  $\text{Km}^2$ , perfazendo um total de 995 pontos distribuídos no leste de Pernambuco, de acordo com a Figura 1. Os espaços não preenchidos correspondem a valores de IVDN negativos ou zeros, excluídos no processamento das imagens.

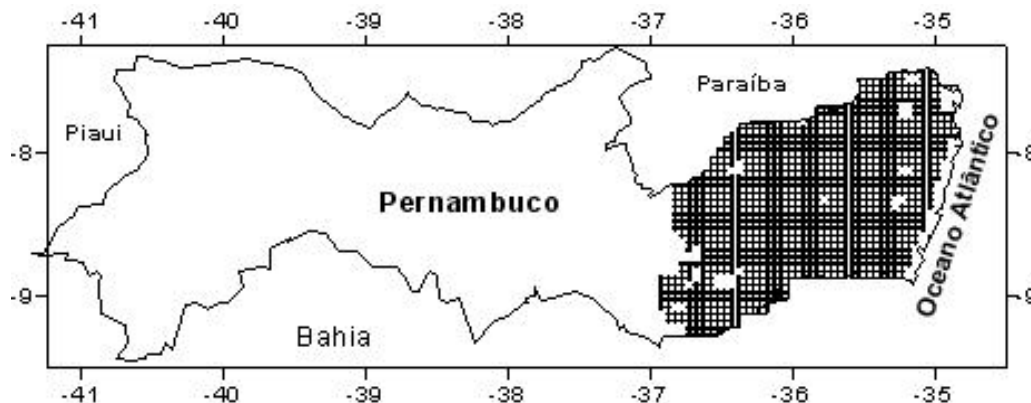


Figura 1. Distribuição espacial média dos 995 pontos de grade de IVDN no leste de Pernambuco

Mapa dos totais médios anuais da precipitação pluvial foi utilizado para auxiliar a análise do IVDN na região (Figura 2). Os dados de precipitação pluvial estão disponíveis no Departamento de Ciências Atmosféricas da

Universidade Federal de Campina Grande. A identificação da cobertura da vegetação da área em estudo teve como base o mapa de vegetação de Pernambuco (Figura 3).

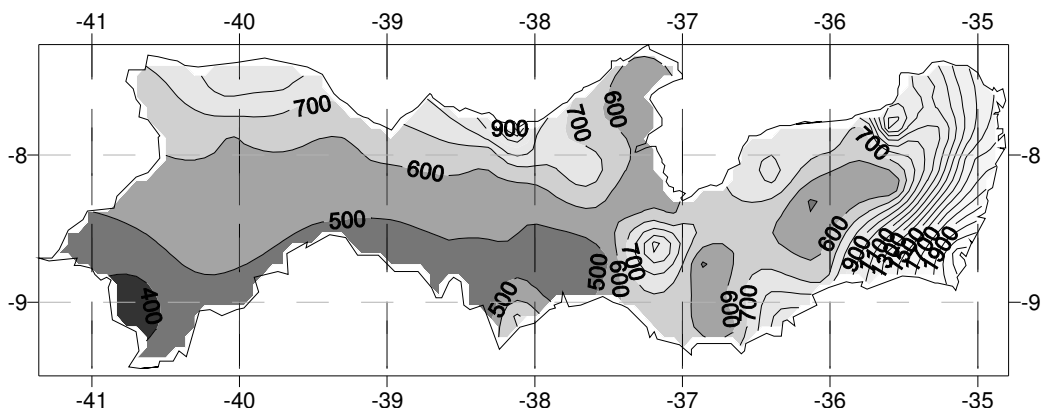


Figura 2. Variabilidade espacial dos totais médios anuais da precipitação pluvial em Pernambuco

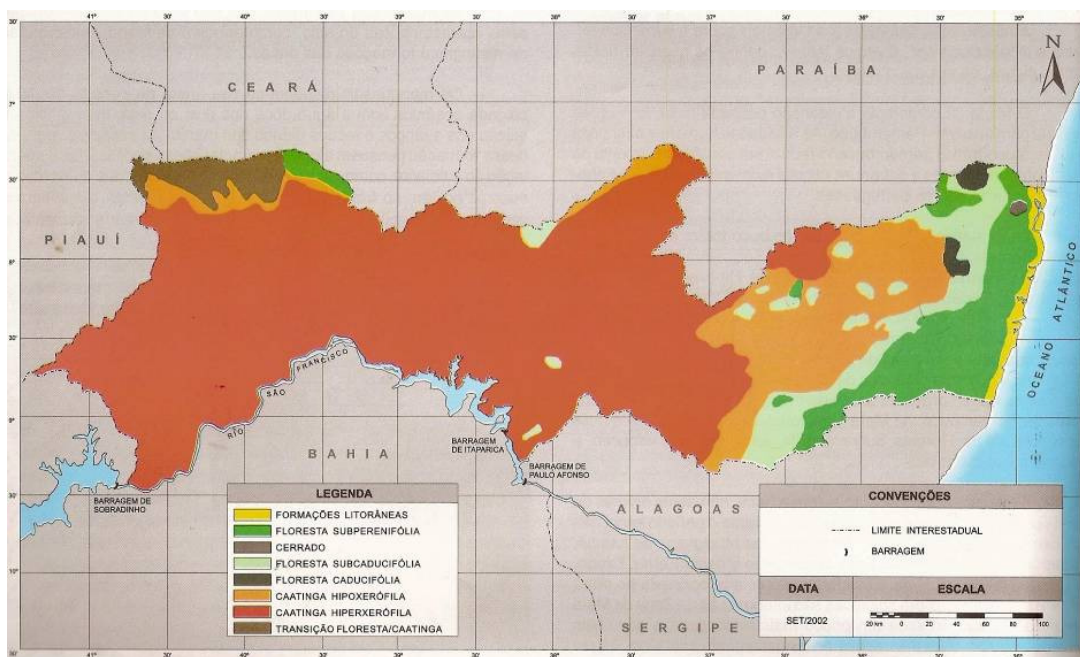


Figura 3. Mapa dos principais tipos de vegetação de Pernambuco. (Fonte: Atlas Pernambuco 2003).

Determinaram-se as regiões homogêneas do índice de vegetação, obtidas através do método de Agrupamento de K-means de MacQueen (Cailiez 1976, Gong & Richman, 1995). Na análise de Agrupamento, todos os processos de fusão dos dados são similares, começando pela determinação da matriz de distância entre os indivíduos. A distância utilizada para medir a similaridade ou dissimilaridade entre os indivíduos  $S_i$  e  $S_j$  (ponto de IVDN) é a distância

euclidiana expressada por:

$$d(s_i, s_j) = \left[ \sum_{q=1}^p P_i (S_{iq} - S_{jq})^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

em que  $S_i$  e  $S_j$  são pontos de um espaço vetorial  $I_p$ ;  $S_{iq}$  representa os valores anuais de ponto grade IVDN nos locais  $S_i$  e  $S_j$ ; e  $P_i$  é o peso associado a cada indivíduo.

Empregou-se o método de Agrupamento K-means de MacQueen, que apresentou rápida convergência, mesmo para um número grande de dados. O algoritmo do método consiste nas seguintes etapas:

- 1- Especificar os pontos de grade IVDN (indivíduos), que servirão de centros de gravidade iniciais;
- 2- Calcular a distância Euclidiana ( $d_{ij}$ ) entre os indivíduos e os centros de gravidade e alocar cada indivíduo no centro mais próximo da partição inicial;
- 3- Recalcular os novos centros das classes pela fórmula:

$$Y_{mj} = \frac{1}{N_m} \sum_{i=1}^{N_m} X_{ij} \quad (j=1,$$

$$2, \dots, p; m=1, 2, \dots, k) \quad (3)$$

em que  $N_m$  representa o número de indivíduos atribuídos para as  $m$  classes; e  $Y_{mj}$  são as coordenadas do  $m$ -ésimo centro das classes.

- 4 - Calcular as distâncias de cada indivíduo  $x_i$  com todos  $k$  centros. Se a condição for satisfeita, o próximo centro ( $y_m$ ) não é aquele ( $x_i$ ) da classe; então, reagrupar os indivíduos na classe mais próxima  $y_j$  e atualizar o novo centro das classes que perdeu ou ganhou indivíduos, ou

seja, 
$$\frac{N_m}{N_m + 1} \sum_{l=1}^p (X_{il} - Y_{ml})^2$$

$$\frac{N_j}{N_j - 1} \sum_{l=1}^p (X_{il} - Y_{jl})^2 > 0 \quad (4)$$

- 5 - Repetir a etapa 4 até que a convergência ou estabilização das classes seja alcançada; isto é, continuar até completar o ciclo e que os membros de cada partição não sejam alterados (Gong & Richman, 1995).

Inicialmente determinou-se a fração vegetação média anual ( $F_{vegm}$ ) em cada região homogênea dos diferentes tipos de vegetação. Em seguida, calculou-se a fração vegetação anual ( $F_{vega}$ ) para cada um dos quatro anos selecionados, quais sejam: 1986, 1989, 1995 e 1996. Esses anos foram escolhidos por estarem próximos à média climatológica da precipitação pluvial da região e por não terem tido anos anteriores não secos, que pudessem mascarar o desenvolvimento da vegetação.

A fração vegetação média anual ( $F_{vegm}$ ) foi calculada pela razão entre a média da quantidade de pontos de IVDN em cada região homogênea no período estudado e a quantidade total de pontos de IVDN na área estudada, pela seguinte expressão:

$$F_{vegm} = \frac{\sum_i^n N_i}{N_t} \quad (5)$$

onde  $N_i$  é o número total de ponto de grade de cada Grupo; e  $N_t$  é o número total de pontos de IVDN na área selecionada.

Em seguida, em cada região homogênea, para cada ano selecionado, determinou-se a  $F_{vega}$ , utilizando o mesmo procedimento descrito acima, ou seja:

$$F_{vega} = \frac{\sum_i^n N_i}{N_t} \quad (6)$$

em que  $N_i$  é o número de pontos de grade de IVDN de cada Grupo e ano em questão; e  $N_t$  é o número total de pontos de grade de IVDN da área selecionada (total) do ano.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 apresenta as três sub-regiões homogêneas obtidas pelo método de agrupamento de K-means (Gong & Richman, 1995), aplicado aos valores médios anuais do IVDN. Os diferentes tipos de vegetação inseridos em cada região foram estimados através dos valores de IVDN e de conhecimento prévio da distribuição espacial da cobertura vegetal da região leste, obtidos no mapa de vegetação do Estado de Pernambuco (Figura 3). Para cada região homogênea dos diferentes tipos de vegetação, estimou-se a fração vegetação média anual ( $F_{vegm}$ ).

Na Figura 4, o Grupo 1 (cor laranja) representa 27,8% da  $F_{vegm}$ , com IVDN variando entre 0,27 e 0,39. A vegetação predominante nesta sub-região é Floresta Decídua e Semidecídua (Agreste) e Caatinga, apresentando menor variabilidade com desvio padrão anual do IVDN de 0,034, em 1989 e 1997, e maior de 0,042 em 1996 e 1998, conforme pode ser observado na Figura 5. De acordo com a literatura (Brito & Braga, 2002) no ano 1989 e 1997, às chuvas neste setor de Pernambuco foram superiores as médias climatológicas, favorecendo o desenvolvimento da vegetação e, conseqüentemente, elevando o IVDN. Por outro lado em 1993, ano seco, ou seja, com chuva abaixo da média climatológica, o IVDN apresentou o menor valor anual de 0,24

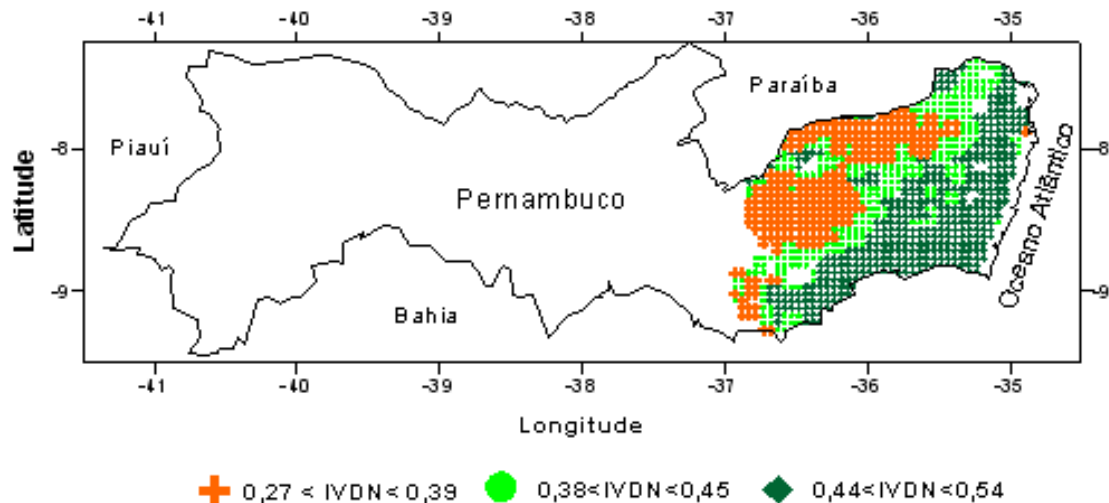


Figura 4. Regiões homogêneas do IVDN no leste de Pernambuco utilizando o modelo de Agrupamento de K-means

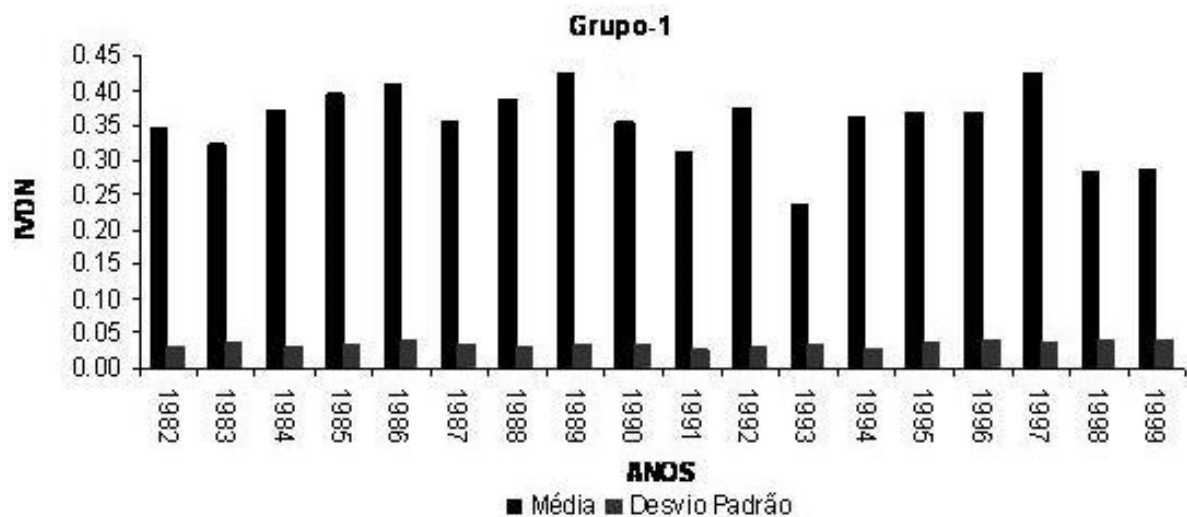


Figura 5 Variabilidade anual média e desvio padrão do IVDN do Grupo 1 no leste de Pernambuco

O Grupo 2 (verde claro) Zona da Mata e penetrando um pouco para o interior da região leste de Pernambuco (Figura 4), correspondente a 29,0% da  $F_{veg}$  apresenta IVDN variando entre 0,39 e 0,45. Nesta sub-região, a vegetação predominante natural é Floresta Estacional Decidual e Semidecidual (Agreste) (Figura 3). O máximo médio do IVDN de 0,46 e desvio padrão de 0,027 foram

registrados em 1997 e o menor de 0,34 e desvio padrão de 0,040, em 1993. No ano seguinte de 1994 os valores do IVDN aumentaram devido ao aumento das chuvas na região, as quais foram suficientes para vegetação retornar seu pleno desenvolvimento (Figura 6).

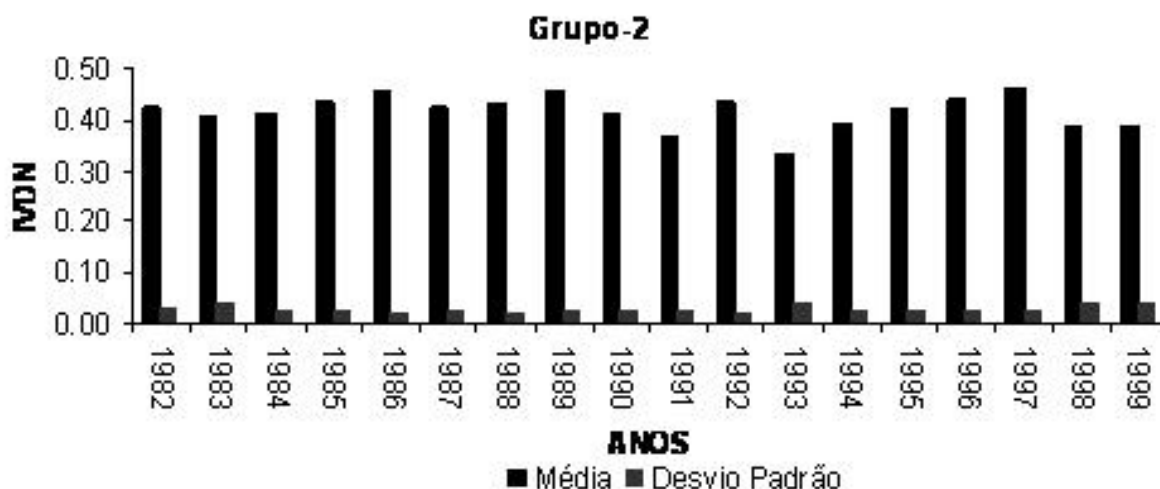


Figura 6. Variabilidade média anual e desvio padrão do IVDN para o Grupo 2 no leste de Pernambuco

O Grupo 3 (verde escuro) compreende 43,2%  $F_{veg,m}$ , que se estende por todo litoral e penetrando um pouco para o interior da região leste de Pernambuco (Figura 4). Apresenta IVDN variando de 0,45 a 0,54 e, média anual do período de 0,47. A Figura 7 mostra a variabilidade média anual do IVDN no período de 1982-1999 e seus respectivos desvios padrões. O máximo médio de 0,50 e desvio padrão de 0,020 e 0,025 se observam no ano 1986, 1989 e 1997; o mínimo médio de 0,42 e desvio de 0,030 foram registrados em 1991 e 1993. Pode-se observar que este Grupo apresentou pouca variabilidade anual do IVDN.

Isto se deve ao fato da vegetação predominante nesta área ser mais densa e mais vigorosa, ou seja, do tipo Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica) além de encontrar vegetação do tipo Agreste e áreas agrícolas (cana-de-açúcar). Ressaltam-se que, nesta área, foram encontrados os maiores valores do IVDN, pois os mesmos estão relacionados com a regularidade das chuvas e tipo de vegetação, no litoral leste de Pernambuco (Figura 4). Valores semelhantes foram encontrados por Huete et al. (1997), para Floresta Tropical densa e Dessay et al. (2000), para região Amazônica brasileira.

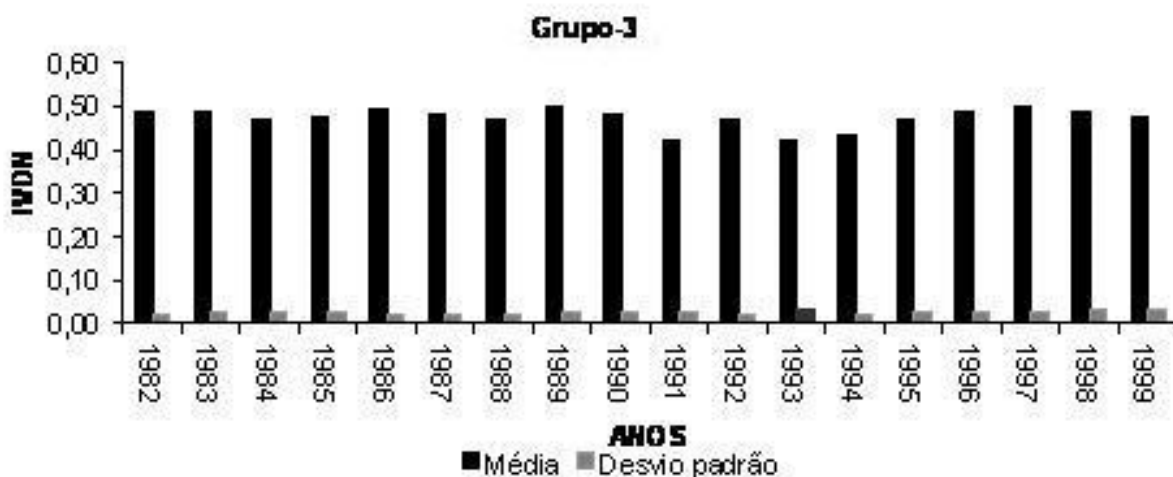


Figura 7. Variabilidade média anual e desvio padrão do IVDN para o Grupo 3 no leste de Pernambuco

A cobertura vegetal na área estudada para os anos selecionados de 1986, 1989, 1995 e 1996 foi calculada pela quantidade de vegetação que ocupa a área de cada Grupo homogêneo do ano selecionado e quantidade total de pontos da área estudada. Estes anos foram escolhidos com base na série histórica, ou seja, anos em que as precipitações pluviais foram em torno da média, e que os anos anteriores aos mesmos também não tenham sido secos para não mascarar o desenvolvimento da vegetação.

Na Tabela 1 estão mostrados a  $F_{vega}$  estimada em cada Grupo dos quatro anos selecionados. Pode-se notar que na década de 1980 houve um ganho de 4 % na  $F_{vega}$  do Grupo 3 de 1985 para 1989, uma diminuição 3,5% em 1989,  $F_{vega}$  no Grupo 2 significando que houve expansão da área ocupada pela vegetação da Floresta Decidual e Mata Atlântica. Para o grupo 1, vegetação Caatinga, a redução foi de apenas 0,5%, ou seja, redução muito pequena.

Tabela 1. Percentuais da  $F_{vega}$  e variabilidade do IVDN nos três Grupos homogêneos nos anos selecionados de 1986, 1989, 1995 e 1996 no leste da Pernambuco

Ano	Grupo 1 0,30<IVDN<0,45	Grupo 2 0,45<IVDN<0,49	Grupo 3 0,49<IVDN<0,58
$F_{vega}$ (1986)	30,4%	36,8%	32,8%
$F_{vega}$ (1989)	39,9%	33,3%	36,8%
Ano	(0,28<IVDN <0,43)	(0,43<IVDN <0,48)	(0,48 <IVDN <0,57)
$F_{vega}$ (1995)	32,1%	35,7%	32,2%
$F_{vega}$ (1996)	32,1%	37,2%	30,7%

Na década de 1990, observa-se redução de 1,5% da  $F_{vega}$  do Grupo 3 de 1995 para 1996 e aumento 1,5% da área do Grupo 1. Para o Grupo 2, não se verificou alteração da  $F_{vega}$ . Na década de 1990 a magnitude do IVDN foi menor que na década de 1980, conforme os dados da Tabela 1. O cálculo da  $F_{vega}$  para década de 1990 indicou indícios de redução da vegetação próxima do litoral pernambucano. Em síntese, pode-se observar que os Grupos 2 e 3 apresentaram pouca variabilidade anual do IVDN, o que se deve ao fato da vegetação nesta área ser mais densa e chuvas mais regulares, enquanto que no Grupo 1, onde a vegetação predominante é a Floresta Decidual / Semidecidual (Agreste) e Caatinga, os IVDN são mais baixos e com maiores variabilidades anuais (Figuras 5). Salienta-se, porém, que este estudo foi baseado apenas na quantidade da fração vegetação média anual (1982 a 1999) e anual (1986, 1989, 1995 e 1996) obtida em cada ponto de grade de IVDN ( $5,5 \times 5,5 \text{ km}^2$ ) e distribuição espacial dos totais médios de precipitação

pluvial (média histórica) na região leste de Pernambuco. Neste estudo não se fez distinção das áreas de atividades agrícolas, tendo em vista a baixa resolução espacial das informações do satélite utilizado na pesquisa. Estudos climatológicos mostraram que, na década de 1990, as chuvas na região Nordeste foram abaixo da média histórica (Brito & Braga, 2002), reduzindo, portanto os valores do índice de vegetação.

## CONCLUSÃO

A classificação do IVDN em três sub-regiões homogêneas (Grupos) no leste de Pernambuco, usando o método aglomerativo de K-means, leva a concluir que nem sempre os valores máximos e mínimos médios anuais do IVDN coincidem - nos mesmos anos nas diferentes sub-regiões. Os menores IVDN observados na região foram no ano de 1993 no Grupo 1 e 2, e, em 1991 e 1994, para o Grupo 3. Ou seja, na faixa mais próxima à costa,



em 1993, o IVDN não foi fortemente influenciado pelos baixos índices pluviométricos. A maior variabilidade interanual da dinâmica da vegetação foi detectada no Grupo 1, na década de 1980, em áreas de vegetação de caatinga. Também pode ser concluído que, na década de 1980, houve um aumento da  $F_{\text{vega}}$  Caatinga e Mata Atlântica (litoral) e redução da  $F_{\text{vega}}$  de Floresta Estacional Decidual (Agreste). Na década de 1990 a Caatinga permaneceu estável, ocorreu uma redução da  $F_{\text{vega}}$  na Mata Atlântica (litoral) e aumento da  $F_{\text{vega}}$  Floresta Estacional Decidual.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro concedido para o desenvolvimento da pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATLAS DE PERNAMBUCO. Edição Ampliada e atualizada, Grafiset LTDA, João Pessoa, 2003.
- BRAGA, C. C.; NEVES, D. G.; BRITO, J. I. Estimativa da fração vegetação no leste da Bahia no período de 1982 a 1999. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.11, n.1, p.149-157, 2003.
- BRAGA, C. C.; A, S. S.; DANTAS, F. R. C.; SILVA, B. B. Relação Preliminar entre IVDN obtidos do AVHRR/NOAA e TM/LANDSAT. In: XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006, Florianópolis, Anais... Florianópolis, 2006. CD Rom.
- BRAGA, C. C.; SOARES, F. R.; DANTAS, F.R.C.; BARBIERI, L. F. P. Determinação do albedo e índice de área foliar usando o sensor TM / LANDSAT 5. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal, Anais..., Natal, 2009, INPE. p. 935-942.
- BRITO, J.I.B.; BRAGA, C. C. Variabilidade interanual do escoamento superficial e da infiltração de água no solo no Nordeste do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 12, 2002, Foz de Iguaçu, PR. Anais..., Foz de Iguaçu: Sociedade Brasileira de Meteorologia / Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002. CD Rom .
- CAILLIEZ, F.; PAGES, J.P. Introduction a L'Analyses des Données. Paris: Societe de Mathematiques Appliquees, 1976, 616p.
- CEBALLOS, J.C.; BRAGA, C. C. Missing data assessment in a solarimetric network. *International Journal of Climatology*, v.12, n.3, p.325-340, 1995.
- DANTAS, F. R. C. Estudo comparativo de parâmetros da vegetação sobre diferentes alvos utilizando dados do AVHRR e TM. Campina Grande: UFCG, 2008. 56p. Dissertação de Mestrado em Meteorologia.
- DESSAY, N.; SHIMABUKURO, Y. E.; LAURENT, H.; MACHADO, L. A. T.; DURIEUX, L. Relações entre a vegetação e a cobertura de nuvens a partir dos dados NDVI/NOAA AVHRR GAC e ISCCP no Brasil para o período de 1984-1993. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11, 2000, Rio de Janeiro, RJ. Anais..., Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia / Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 2000. CD Rom.
- GONG, X.; RICHMAN, M.B. On the application of cluster analysis to growing season precipitation data in North America East of the Rockies. *Journal of Climate*, v.8, p. 897-924, 1995.
- GUTMAN, G.; IGNATOV, A. The derivation of the green vegetation fraction from AVHRR/NOAA data for in numerical weather prediction models. *International Journal Remote Sensing*, v.19, n. 8, p.1533-1543, 1998.
- HOUBORG, R.; SOEGAARD, H.; BOEGH, E. Combining Vegetation Index and Model Inversion Methods for the Extraction of Key Vegetation Biophysical parameters using Terra and Aqua MODIS reflectance Data. *Remote Sensing of Environment*, v.106, p.39-58, 2007.
- HUETE, A. R. et al. A comparison of vegetation indice over a global set of TM images for EOS-MODIS. *Remote Sensing Environment*, v.59, p. 440-451, 1997.
- MELO, M. L. D. Efeito da vegetação em simulações numéricas com o Modelo RAMS. Campina Grande: UFCG, 2003. 108p. Dissertação de Mestrado em Meteorologia.
- PARKINSON, C. L. "Earth from above". University Sciences Books, Sansalito. Land vegetation, 1997. p.107-111.
- WESSELS, K. J.; PRINCE, S. D.; FROST, P. E.; VAN ZYL, D. Assessing the effects of human-induced land degradation in the former homelands of northern South Africa with a 1 km AVHRR NDVI time-series. *Remote Sensing of Environment*. v. 91, p. 47-67, 2004.