

Análise de Homogeneidade de Séries Pluviométricas para Determinação do Índice de Seca IPP no Estado de Alagoas

José Francisco de Oliveira Júnior¹, Gustavo Bastos Lyra¹, Givanildo Góis¹,
Thábata Teixeira Brito², Nathália da Silva Henrique de Moura²

¹Departamento de Ciências Ambientais, Instituto de Floresta- IF, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ

²Departamento de Meteorologia, Instituto de Geociências – IGEO, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a série de dados pluviométricos, sob o aspecto da homogeneidade, no cálculo do Índice de Precipitação Padronizado (IPP) e sua relação com os eventos de El Niño – Oscilação Sul (ENOS), para as regiões fisiográficas do Estado de Alagoas. Para tanto, foram avaliadas séries pluviométricas mensais utilizadas na determinação do IPP obtidas nas estações da Rede Hidrometeorológica da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, disponíveis nas bases de dados *Food and Agriculture Organization* (FAOclim Net) e na Agência Nacional de Águas. Nas avaliações, foram adotados dois critérios para a seleção das séries: i) séries superiores ou iguais a 20 anos e ii) início e fim das séries, a partir de 1960 até 1990. Baseando-se nesses critérios, foram selecionadas 36 estações no Estado de Alagoas, distribuídas nas regiões fisiográficas da Zona da Mata, do Litoral, do Sertão, do Sertão do São Francisco, do Baixo São Francisco e do Agreste. Nas séries selecionadas, foi realizado o preenchimento de falhas por regressão linear e aplicou-se o método do resíduo acumulado para análise de homogeneidade. O IPP foi determinado para as séries não homogeneizadas e homogeneizadas, e posteriormente foi usado para caracterização da severidade da seca nas regiões fisiográficas do Estado de Alagoas. Eventos fortes de ENOS, juntamente com IPP homogeneizados, definem padrões mais realísticos dos períodos úmidos e secos do estado, em comparação aos eventos moderados de ENOS, associados com IPP não homogeneizados.

Palavras-chave: ENOS, índice de seca, tratamento de dados.

Homogeneity Analysis of Rainfall Series to Determine the Drought Index (SPI) in the State of Alagoas

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the rainfall data series, regarding homogeneity, in the calculation of the Standardized Precipitation Index (SPI) and its relation with the events of El Niño - Southern Oscillation (ENSO) for the physiographic regions of the State of Alagoas. To this end, monthly rainfall series were evaluated. These data is used in the SPI determination obtained at the Hydrometeorological Network of the Northeast Development Superintendence stations, available in the databases from the Food and Agriculture Organization (FAOclim Net) and the National Water Agency. Two criteria for series selection were adopted in the evaluation: i) series greater than or equal to 20 years; and ii) beginning and end of series from 1960 to 1990. Based on these criteria, 36 stations in the State of Alagoas, distributed in the physiographic regions of “Zona da Mata”, “Litoral”, “Sertão”, “Sertão do São Francisco”, “Baixo São Francisco” and “Agreste” were selected. Gap filling by linear regression was performed in the selected series and the accumulated waste method was applied for homogeneity analysis.

PPI was determined for the homogenized and non-homogenized series and it was later used to characterize drought severity in the physiographic regions. Strong ENSO events together with IPP homogeneity define more realistic standards for wet and dry periods in the region when compared to moderate ENSO events associated with non-homogenized IPP.

Keywords: ENSO, drought index (SPI), data processing.

1. INTRODUÇÃO

A seca é uma característica intrínseca de certos climas, associada, essencialmente, à falta de precipitação (SUDENE, 2011). A maioria dos países não está preparada para mitigar os impactos relacionados a esse fenômeno, o que incentivou diversos estudos para caracterizar a seca, principalmente em relação aos aspectos de sua evolução no tempo, intensidade, duração e a frequência. A ausência de definições objetivas sobre a seca é uma das causas da falta de compreensão desse fenômeno, principalmente em relação à tomada de decisão por parte dos gestores de políticas públicas e privadas, particularmente na área agrícola e florestal (Gois et al. 2005).

Na tentativa de quantificar e caracterizar a seca, várias metodologias foram adotadas por diversos pesquisadores (Alley, 1985; Dai et al., 1998; Hayes et al., 2004), entre as quais se destacam os índices de severidade de seca. A maior parte desses índices se fundamenta em elementos climáticos (precipitação pluvial e temperatura do ar) e métodos estatísticos para determinar a intensidade, a duração e a frequência de ocorrência desse fenômeno. Dentre os índices mais utilizados na caracterização das secas, destacam-se: Índice de Severidade de Seca de Palmer - ISSP (Palmer, 1965); Índice de Precipitação Padronizado - IPP (McKee et al., 1993, 1995); Índice de Percentagem Normal - IPN (Willeke et al., 1994), e o Método dos Decis - MD (Gibbs & Maher, 1967). Os índices de severidade de seca têm sido empregados nos últimos anos para auxílio aos agricultores e tomadores de decisão, no que se refere à avaliação temporal e espacial da seca, em sistemas de monitoramento de secas, bem como na previsão da produtividade das culturas e no zoneamento agrícola.

É importante destacar que os índices têm sido avaliados ao longo dos anos na caracterização da seca; no entanto, os mesmos podem fornecer diferentes

respostas quanto aos impactos e à severidade da seca para uma mesma região, por apresentarem diferentes exigências quanto à entrada de dados. Logo, o objetivo deste trabalho é avaliar a série de dados pluviométricos, sob o aspecto da homogeneidade, no cálculo do Índice de Precipitação Padronizado e sua relação com os eventos de El Niño - Oscilação Sul (ENOS) para as regiões fisiográficas do Estado de Alagoas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O Estado de Alagoas localiza-se entre as latitudes 08° 48' 54" e 10° 30' 09" S, e as longitudes de 35° 09' 09" e 38° 15' 54" O, com altitudes inferiores a 850 m. A área do Estado é de 27.993 km², que corresponde à cerca de 0,32% do território do Brasil. Limita-se ao Norte e a Oeste com o Estado de Pernambuco; ao Sul, com os Estados de Sergipe e Bahia; a Leste, com o Oceano Atlântico, e, a Sudoeste, com o Estado da Bahia e o Rio São Francisco. Atualmente, o Estado está dividido geopoliticamente em 102 municípios, inseridos em seis regiões fisiográficas alagoanas: Zona da Mata, Litoral, Sertão, Sertão do São Francisco, Baixo São Francisco e Agreste (Figura 1).

O Estado de Alagoas, localizado a leste do Nordeste do Brasil (ENEB), possui grande variabilidade na distribuição espaçotemporal da precipitação, por causa de sua orografia, da proximidade do ambiente costeiro e dos mecanismos atmosféricos que nela atuam. Os mecanismos são resultantes da atuação de várias escalas, desde micro à escala sinótica, notadamente a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); as Frentes Frias; os Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis (VCAN); os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL); as brisas marítimas e terrestres; as Perturbações Ondulatórias dos Alísios (POA); as Linhas de Instabilidades (LI);

os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM), e a convecção isolada (Figueiredo, 2002; Cavalcanti, 2009).

As séries de precipitação pluviiais mensais utilizadas na determinação do IPP foram obtidas nas estações pluviométricas da Rede Hidrometeorológica da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE, disponíveis nas bases de dados FAOclim Net, organizada e mantida pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (2010), e na base de dados da Agência Nacional de Águas (2010). Na pré-seleção das estações disponíveis nas bases de dados, consideraram-se os seguintes critérios: i) séries superiores ou iguais a 20 anos e ii) início e fim da série a partir de 1960 até 1990. Baseando-se nesses critérios, foram selecionadas 36

estações no Estado de Alagoas (Figura 1). Realizou-se o controle de qualidade dos dados de precipitação com base na análise exploratória das séries (estatística descritiva e *Box-plot*), assim como na distribuição de frequência dos dados observados de precipitação pluviial mensal de cada estação selecionada. Esse procedimento permitiu identificar *outliers*, com base nos intervalos climáticos de variação esperados dos dados. O *outlier* de determinada estação e mês foi comparado com as precipitações observadas no mesmo mês nas estações próximas à estação em análise. A comparação foi realizada com técnicas de regressão linear ($Y_i = a_1 + b_1 X_i$) entre a precipitação da estação avaliada (Y) e a média das precipitações das estações no entorno (X), que indicaram, ou não, se o *outlier* representava a tendência climática da região. Além dos *outliers*, avaliaram-se os dados

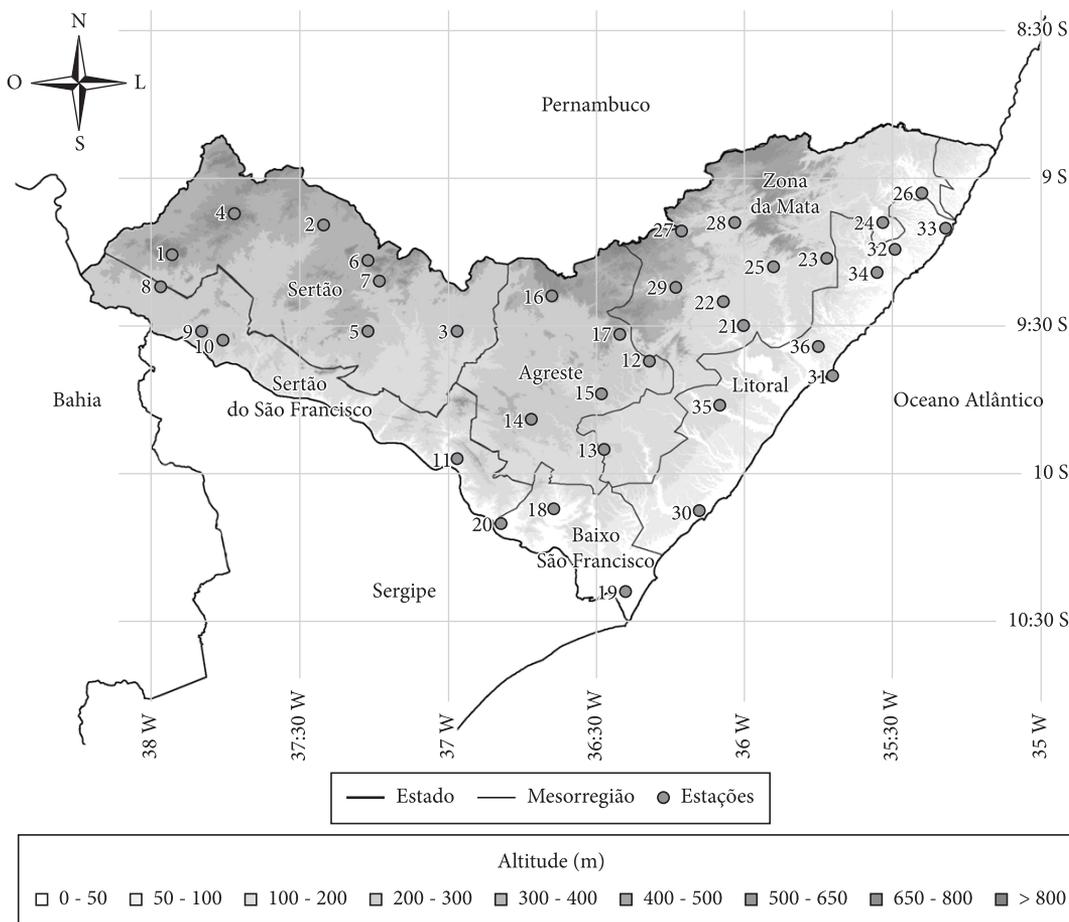


Figura 1. Regiões fisiográficas do Estado de Alagoas com a altitude (m) e a distribuição das estações pluviométricas consideradas na determinação do Índice de Precipitação Padronizado.

Figure 1. Physiographic regions of Alagoas state with altitude (m) and rainfall stations distribution considered in determining the Standardized Precipitation Index.

nulos de precipitação. Os dados que se afastaram mais de 75% da tendência da região foram considerados não representativos e retirados da série, sendo, posteriormente, preenchidas as falhas. Em função da identificação de descontinuidades de algumas séries – ou da exclusão dos *outliers* baseada no controle de qualidade dos dados –, realizou-se o preenchimento de falhas (regressão linear), seguido do teste de homogeneidade dos dados (resíduo acumulado).

Na análise de homogeneidade, baseada no método do resíduo acumulado (Kite, 1988; Allen et al., 1998) (Equação 1), estimou-se Y_i para cada mês da série pela regressão linear ajustada previamente e determinou-se seu resíduo ($\varepsilon = Y_i - \hat{Y}_i$). Simultaneamente, foi calculado o resíduo acumulado ($E_i = \varepsilon_i + \sum_{j=1}^{i-1} \varepsilon_j$). O resíduo acumulado foi então plotado em função do tempo, no mesmo gráfico que uma elipse definida pelos eixos:

$$\alpha = \frac{n}{2} \text{ e } \beta = \frac{n}{(n-1)^{1/2}} Z_p S_{x,y} \quad (1)$$

em que: n = tamanho da amostra em análise; Z_p = variável normal padronizada para a probabilidade selecionada ($p = 80\%$, $Z_p = 0,84$); $S_{x,y}$ = desvio padrão residual de y .

A equação paramétrica da elipse (Equação 2) foi expressa da seguinte forma:

$$X = \alpha \cos(\theta) \text{ e } Y = \alpha \sin(\theta) \quad (2)$$

com θ (rad) variando de 0 a 2π .

Quando o resíduo acumulado ultrapassou os limites impostos pela elipse, caracterizando um ponto de inflexão, a série foi considerada não homogênea; caso contrário, se o resíduo acumulado se manteve nos limites da elipse, a série foi considerada homogênea.

Quando não observada a homogeneidade da série, a mesma foi dividida em dois trechos: i) do início da série até o ponto de inflexão e ii) do ponto de inflexão ao final da série. A partir dessa divisão, ajustou-se uma nova regressão linear para cada trecho (trecho 1 - $Y_{i,1} = a_1 + b_1 X_{i,1}$ e trecho 2 - $Y_{i,2} = a_2 + b_2 X_{i,2}$). Em seguida, determinou-se a diferença entre as estimativas das duas regressões ($\Delta Y_i = Y_{i,1} - Y_{i,2}$). No trecho a ser homogeneizado, a diferença entre as regressões foi somada ao valor

da série original ($Y_i + \Delta Y_i$), de forma a se obter o valor homogeneizado. Após esse processo, a série foi novamente avaliada pelo resíduo acumulado e, quando necessária, toda a análise de homogeneidade foi repetida à nova série, até que todos os trechos das séries fossem homogêneos.

Para as séries cujas falhas foram preenchidas e posteriormente homogeneizadas, foi estimado o IPP anual. O IPP foi desenvolvido por McKee et al. (1993) para avaliar o déficit ou o excesso de precipitação pluvial nas diferentes escalas de tempo (mensal, trimestral, semestral, anual e bienal). Essa versatilidade do IPP permite monitorar a severidade da seca no decorrer do tempo, nas diversas localidades das mesorregiões do Estado de Alagoas. O IPP é um método que se baseia em séries de precipitação pluvial com, no mínimo, 20 anos, sendo ajustada por meio da distribuição gama e, em seguida, aplicada à transformação Z, para que a série apresente distribuição normal, com média zero e variância unitária. Neste trabalho, o IPP foi calculado apenas para escala anual para as regiões fisiográficas do Estado de Alagoas.

O cálculo do IPP consistiu em ajustar a função densidade de probabilidade gama (Equação 4) a uma dada distribuição total das séries das precipitações pluviométricas anuais para uma estação e, depois, determinar os parâmetros de forma e escala (α e β) da função densidade de probabilidade (Lyra et al., 2006). Utilizou-se o Método da Máxima Verossimilhança (MMV) para a estimativa desses parâmetros de escala (Thom, 1966). Determinados os parâmetros α e β , calcularam-se as probabilidades cumulativas de um evento de precipitação observado para as escalas adotadas no estudo. A função de probabilidade cumulativa foi dada por (Equação 3):

$$F(x) = \int_0^x f(x) dx = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} \int_0^x x^\alpha - 1 e^{-\frac{x}{\beta}} dx \quad (3)$$

Substituindo o valor de $t = \frac{x}{\beta}$, na Equação 5, reduz a Equação 4 a:

$$F(\beta t) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} \int_0^{\beta t} t^{\alpha-1} e^{-t} dt \quad (4)$$

A função é definida como gama incompleta, considerando-se que não admite valores nulos.

A probabilidade cumulativa (Equação 5) foi determinada em duas partes por:

$$F(x) = P_0 + (1 - P_0) G(x) \quad (5)$$

em que: P_0 = probabilidade de ocorrência de valores nulos (zeros); $G(x)$ = distribuição cumulativa teórica, na qual os parâmetros são estimados para dias chuvosos.

A distribuição de probabilidade cumulativa $F(x)$ é transformada em uma distribuição normal para a variável Z aleatória, com média zero e variância um, em que a variável Z correspondente ao valor do IPP. A partir do cálculo do IPP, os valores obtidos foram classificados conforme a Tabela 1.

Eventos de El Niño e La Niña são classificados por diferentes critérios. Alguns sistemas de classificação usam a intensidade e o sinal do Índice de Oscilação Sul (IOS), enquanto outros usam a anomalia da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) para uma variedade de regiões do Oceano Pacífico. Outros ainda consideram uma combinação de vários critérios para avaliar o tipo e a intensidade do evento. Consequentemente, existe um número de diferentes índices que são usados ativamente. No entanto, para este estudo, foram feitas análises do IPP anual com os eventos de ENOS, conforme a Tabela 2 (Rasmusson & Carpenter, 1983; Ropelewski & Halpert, 1996). Nessa classificação, os anos são definidos como El Niño ou La Niña, quando a TSM média na região Niño 3.4 do Pacífico Tropical apresenta desvio padrão de 0,5 °C. A intensidade dos ventos é baseada no padrão e na magnitude das anomalias da TSM do Pacífico Tropical.

O IPP foi especializado para o Estado de Alagoas pelo método da Mínima Curvatura (MC), com auxílio do aplicativo SURFER 8.0*. O método foi escolhido em razão de testes feitos anteriormente e de

comparações com outros métodos de interpolação, com o MC obtendo êxito em comparação aos demais. Na interpolação, considerou-se a área entre as coordenadas -10,64° S e -8,66° S, e entre -35,16° W e -38,22° W, com resolução horizontal de 30 segundos de grau. Esse procedimento foi repetido para cada ano do período de estudo. Os mapas raster de IPP em formato grid (*.grid) foram importados para o aplicativo *Geographic Resources Analysis Support System* (2009), pelo qual, com auxílio do módulo *reclass*, foram reclassificados e gerados mapas temáticos. Na reclassificação, foram consideradas as classes de IPP apresentadas na Tabela 1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Sertão, ambos os índices de IPP, homogeneizado e não homogeneizado, apresentaram tendência similar no período de 1960 a 1970; porém, os valores do IPP para a série homogeneizada foram superiores aos da série não homogeneizada. Na década seguinte, os IPP não homogeneizados foram inferiores aos IPP homogeneizados e ainda categorizaram a região com anos úmidos. No geral, os índices de IPP não homogeneizados concentram-se na categoria 'próximo do normal' em todo período estudado; ao contrário, o IPP homogeneizado variou entre as categorias 'moderadamente seco' e 'moderadamente úmido' (Figura 2a). Na região do Baixo São Francisco, os índices de IPP não homogeneizados permaneceram inferiores aos homogeneizados, principalmente nos anos considerados de maior severidade de seca, como, por exemplo, o ano de 1983, categorizado como de intensidade forte (Tabela 2; Figura 2b). Em ambas as regiões, os sinais (positivo/negativo) de IPP não homogeneizados foram contrários aos do IPP homogeneizado para alguns anos, como, por exemplo, 1963, 1976, 1981, 1987 e 1991 (Baixo São Francisco), 1962, 1963, 1979, 1982 e 1984 (Sertão). Vale ressaltar que os anos correspondentes foram anos de eventos de El Niño caracterizado pela intensidade fraca e, de La Niña, variando a intensidade de fraca a forte (Tabela 2).

Para o Agreste, os valores de IPP não homogeneizados se concentraram nos períodos próximos de normal e úmido, exceto em alguns anos (1976, 1983 e 1987), enquanto os IPP

Tabela 1. Classificação dos períodos secos e úmidos do IPP.

Table 1. Classification of IPP wet and dry periods.

IPP	Categorias
≥2,00	Extremamente úmido
1,5 a 1,99	Muito úmido
1,00 a 1,49	Moderadamente úmido
0,99 a -0,99	Próximo ao normal
-1,00 a -1,49	Moderadamente seco
-1,50 a -1,99	Muito seco
≤ -2,00	Extremamente seco

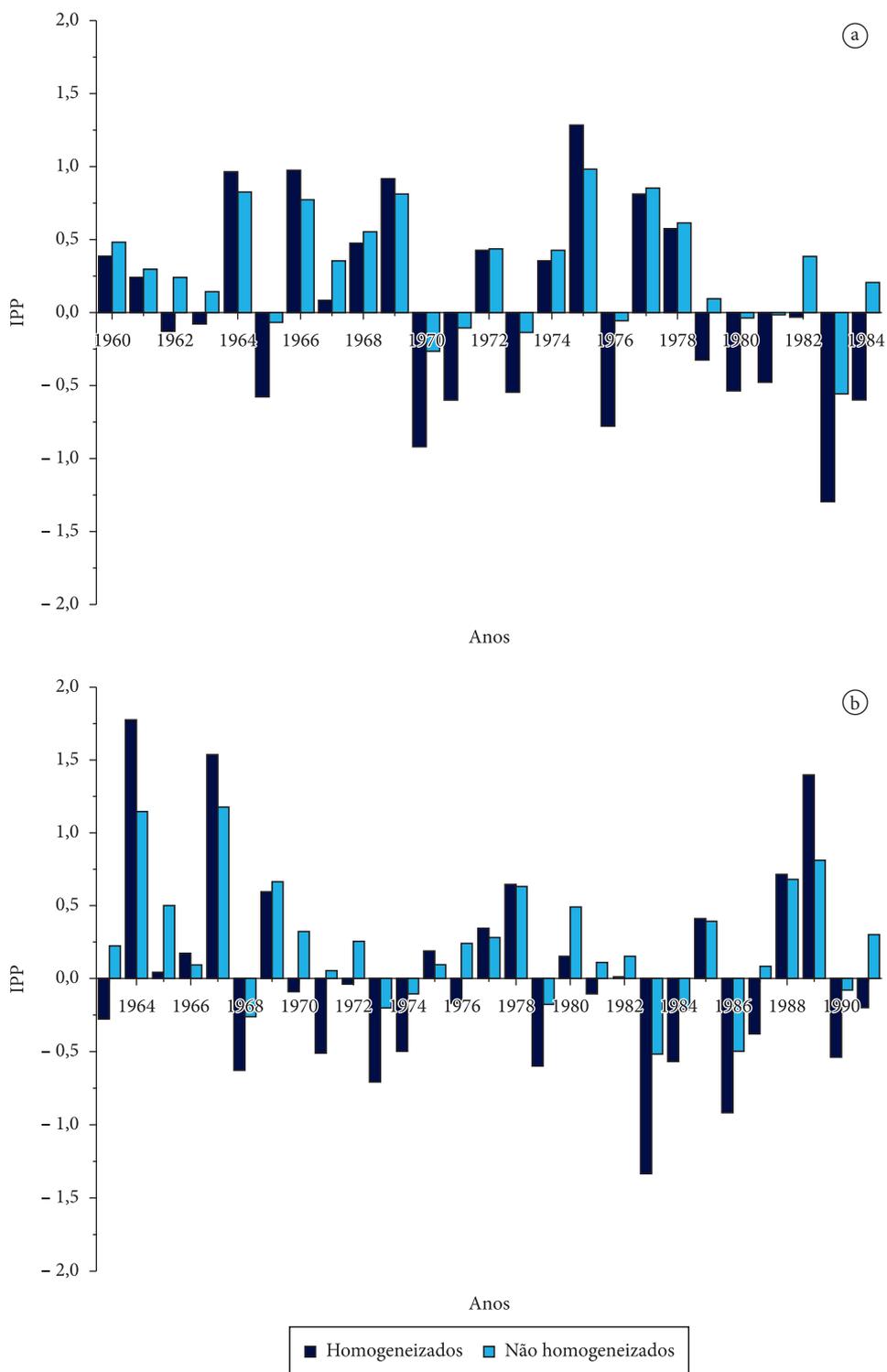


Figura 2. Valores médios acumulados na escala anual do IPP, para dados homogeneizados e não homogeneizados da região fisiográfica do Sertão (a) (1960 - 1984) e Baixo São Francisco (b) (1963 - 1991).

Figure 2. Mean values of annual earnings in PPI range for non-homogenized and homogenized data from Arid Zone physiographic region (a) (1960 - 1984) and Lower San Francisco (b) (1963 - 1991).

Tabela 2. Fases dos eventos do El Niño - Oscilação Sul (ENOS), intensidade do evento e anos de ocorrência.**Table 2.** Events Phases of El-Niño/ Southern Oscillation, event intensity and year of occurrence.

Eventos	Intensidade	Anos
El Niño	Forte	1959-1960, 1972-1973, 1982-1983, 1990
	Moderado	1965-1966, 1968-1970, 1986-1988
	Fraco	1963, 1976-1977, 1977-1978, 1979-1980
La Niña	Forte	1973-1976, 1988-1989
	Moderada	1964-1965, 1970-1971
	Fraca	1983-1984, 1984-1985

homogeneizados variaram entre períodos úmidos, secos, muito secos e próximos do normal. Mais uma vez, os valores do IPP não homogeneizados foram inferiores ao IPP homogeneizado. No entanto, foram observados anos em que ocorreram valores superiores do IPP das séries não homogeneizadas (Figura 3a). No Sertão do São Francisco, a tendência dos índices IPP homogeneizados e não homogeneizados foi similar, sendo o contrário das demais regiões fisiográficas avaliadas; tal fato se deve à quantidade de estações existentes na região fisiográfica. A subestimativa dos índices IPP não homogeneizados em relação aos homogeneizados continuou em todo o período avaliado, exceto em alguns anos, nos quais os IPP das séries não homogeneizadas foram superiores aos das séries homogeneizadas (1978, 1985 e 1989). Em ambas as regiões, os valores de IPP não homogeneizados foram contrários aos IPP homogeneizados em alguns anos; no entanto, ocorreram com maior frequência na região fisiográfica do Agreste (1960, 1962, 1971, 1973, 1979, 1980, 1981 e 1984), em comparação ao Sertão do São Francisco (1986 e 1988). Esses anos foram de eventos de El Niño caracterizado pela intensidade de moderado a forte, e de La Niña caracterizada pela intensidade fraca (Tabela 2).

No Litoral, os valores de IPP não homogeneizados mostraram períodos próximos do normal, similarmente às outras regiões fisiográficas avaliadas; diversamente, para os valores do IPP homogeneizados, os períodos foram alternados e caracterizados em secos (década de 1960), em úmido (década de 1970) ou variando entre seco e úmido (década de 1980). Novamente, os valores do

IPP não homogeneizados foram inferiores aos dos IPP homogeneizados; no entanto, essa região foi a que teve maior frequência de valores inferiores em comparação às demais regiões (Figura 4a). Na Zona da Mata, os IPP não homogeneizados também se limitaram ao período próximo do normal, ao contrário dos valores homogeneizados, que alternaram entre moderadamente úmido e muito seco. Em comparação ao Litoral, não houve períodos divididos e caracterizados em relação ao IPP homogeneizados (Figura 4b). Ambas as regiões tiveram valores de IPP não homogeneizados contrários aos IPP homogeneizados similares; no Litoral (1960, 1962, 1965, 1968, 1976 e 1979), e na Zona da Mata (1965, 1967, 1971, 1976, 1981 e 1991). Ao contrário das demais regiões, os eventos de El Niño ocorreram com maior frequência em comparação aos eventos de La Niña e as categorias 'forte' e 'moderada' foram as predominantes (Tabela 2).

Por meio das análises temporais do IPP anual, foram selecionados alguns anos de ocorrência de eventos de ENOS de intensidade forte a moderada para avaliação espacial de IPP homogeneizados e não homogeneizados. Os anos escolhidos foram baseados na Tabela 2: 1970-1983 (El Niño) e 1972-1989 (La Niña). Nos eventos de El Niño, foram observadas mais regiões com características extremamente secas e muito secas no Estado com dados homogeneizados em comparação aos dados não homogeneizados, principalmente em 1983 (forte), enquanto que, em 1970 homogeneizado, observou-se aumento da classe 'moderadamente seco' e diminuição da 'normal' em relação à série não homogeneizada (Figura 5).

Nos anos de ocorrência de eventos de La Niña, foram identificadas espacialmente as categorias 'moderadamente úmida' e 'normal' (1972) e de 'moderadamente' a 'extremamente úmida' muito (1989) por meio do IPP, com menores ocorrências da categoria 'extremamente úmida', particularmente nas regiões do Litoral e da Zona da Mata. No entanto, comparando-se os dados homogeneizados e não homogeneizados, ocorrem mudanças entre os padrões de categorização do IPP nas regiões fisiográficas do Estado, principalmente no ano de 1989 (forte), e não ocorre mudança significativa para o ano de 1972 (forte).

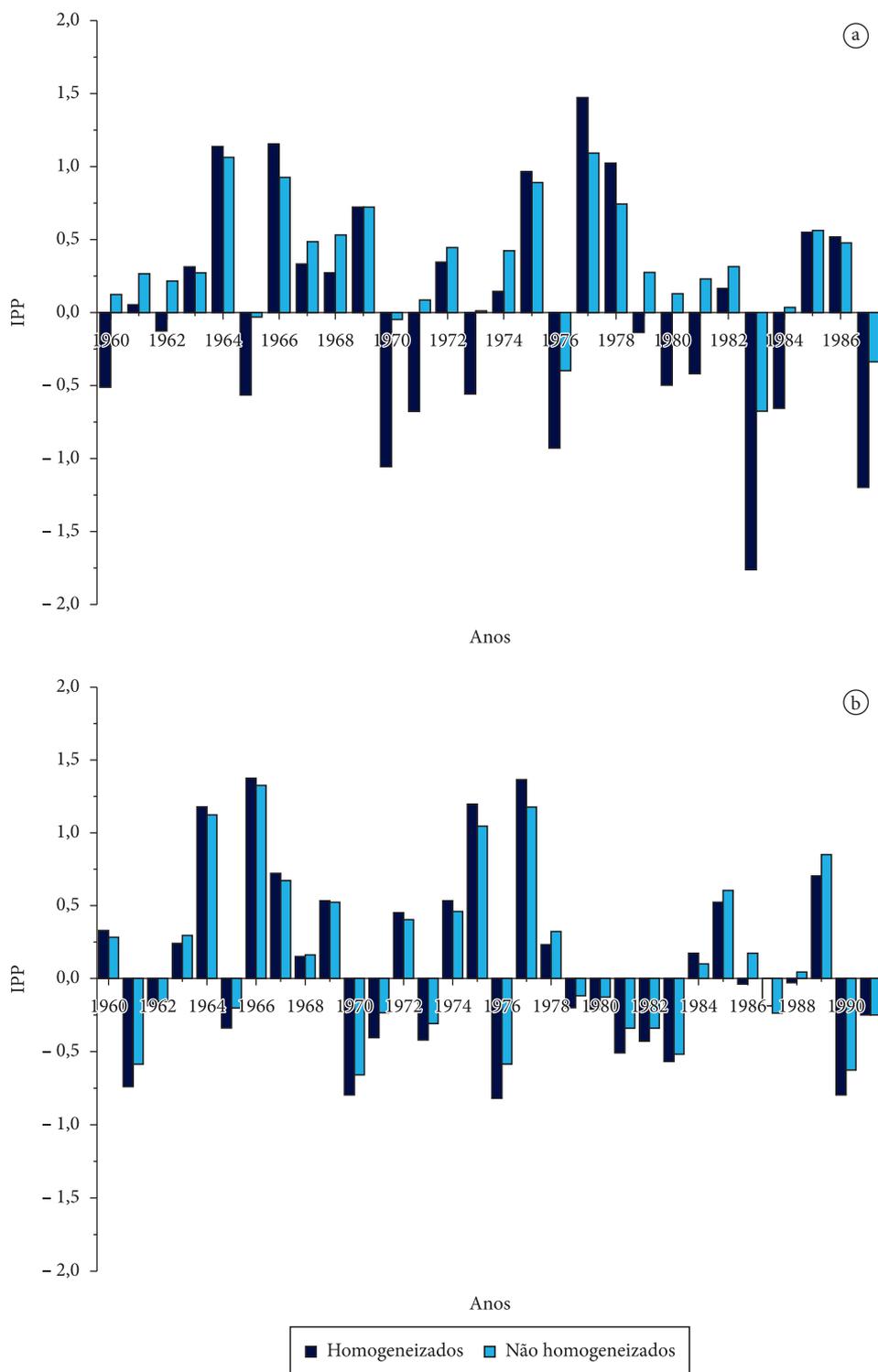


Figura 3. Valores médios acumulados na escala anual do IPP, para dados homogeneizados e não homogeneizados da região fisiográfica do Agreste (a) (1960 - 1987) e Sertão do São Francisco (b) (1960 - 1991).

Figure 3. Mean values of annual earnings in PPI range for non-homogenized and homogenized data to Hinterland region (a) (1960 - 1987) and Arid Zone of São Francisco (b) (1960 - 1991).

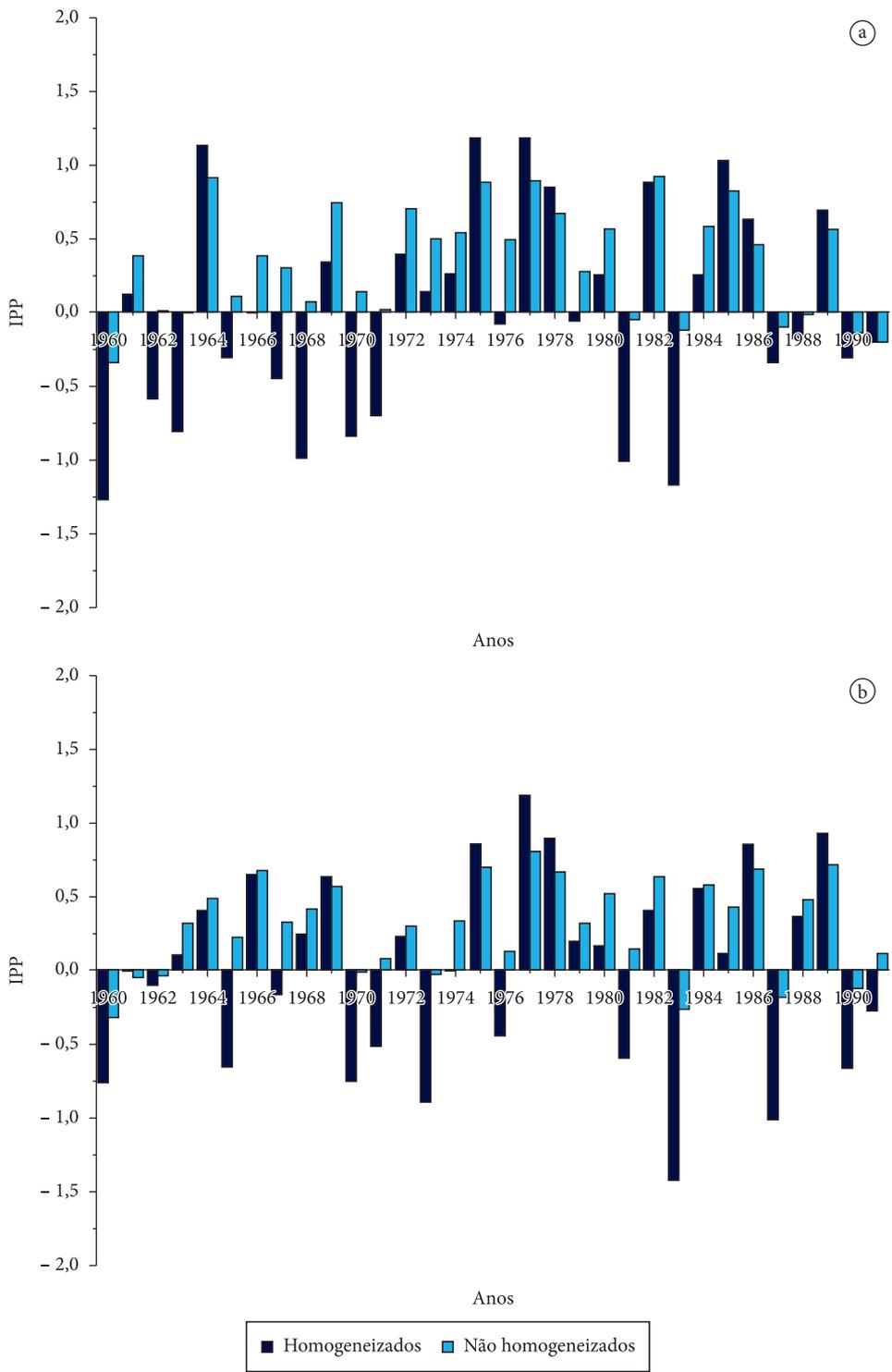


Figura 4. Valores médios acumulados na escala anual do IPP, para dados homogeneizados e não homogeneizados da região fisiográfica do Litoral (a) (1960 - 1991) e Zona da Mata (b) (1960 - 1991).

Figure 4. Mean values of annual earnings in PPI range, for data and not homogenized homogenized physiographic region of Coastal Zone (a) (1960 - 1991) and Humid Zone (b) (1960 - 1991).

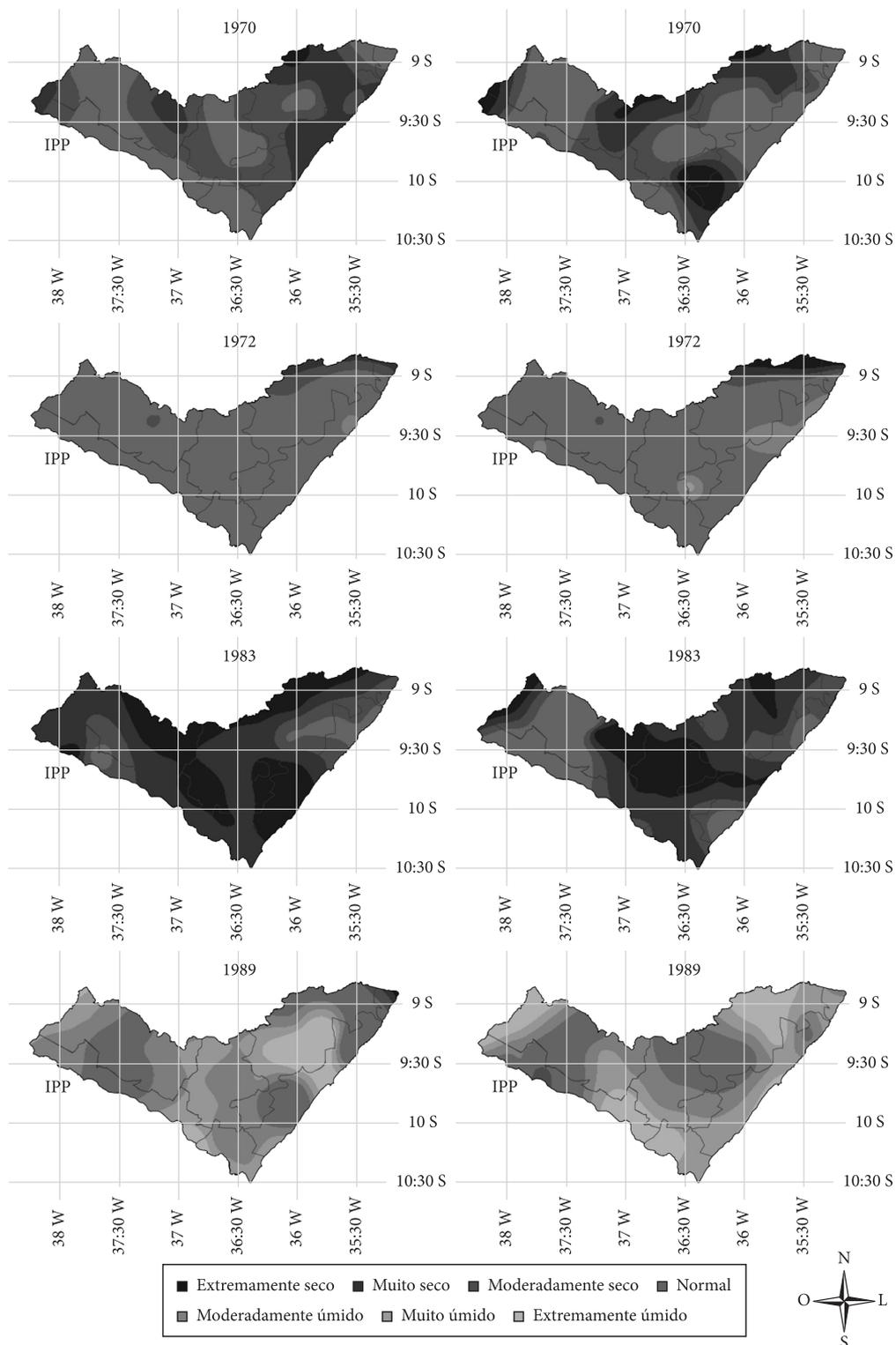


Figura 5. Avaliação espacial dos valores de IPP homogeneizados (coluna da esquerda) e não homogeneizados (coluna da direita) do Estado de Alagoas para os anos de 1970 (moderada) e 1983 (forte) El-Niño, 1972 (forte) e 1989 (forte) La-Niña.

Figure 5. Spatial assessment of the values of IPP homogenized (left column) and non-homogenized (right column) of Alagoas state for years 1970 (moderate) and 1983 (strong) El-Niño, 1972 (moderate) and 1989 (strong) La-Niña.

4. CONCLUSÕES

Os índices de IPP homogeneizados caracterizam melhor a tendência da severidade da seca nas regiões fisiográficas do Estado de Alagoas, em comparação aos obtidos por séries não homogeneizadas, quando confrontados com os padrões de El Niño - Oscilação Sul.

Os índices calculados de IPP não homogeneizados foram inferiores aos IPP homogeneizados no período avaliado, ou seja, subestimam a severidade das secas ou dos anos úmidos.

Os anos de ocorrência de eventos fortes de ENOS, juntamente com os dados tratados, definem padrões mais realísticos dos períodos úmidos e secos das regiões fisiográficas do Estado, em comparação aos eventos moderados de ENOS associados com os dados não tratados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a SUDENE, ANA e FAO, por disponibilizarem os dados pluviométricos.

STATUS DA SUBMISSÃO

Recebido: 13/10/2011

Aceito: 13/02/2012

Resumo publicado online: 16/02/2012

Artigo completo publicado: 31/03/2012

AUTOR(ES) PARA CORRESPONDÊNCIA

José Francisco de Oliveira Júnior

Departamento de Ciências Ambientais,

Instituto de Floresta – IF,

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro –

UFRRJ, Rod. BR 465, Km 7,

CEP 23890-970, Seropédica, RJ, Brasil

e-mail: joliveirajunior@gmail.com

REFERÊNCIAS

Agência Nacional das Águas - ANA. *Banco de Dados Pluviométricos*. [cited 2010 mar. 20]. Available from: <http://hidroweb.ana.gov.br/>.

Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M. *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop*

water requirements. Rome: FAO; 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage paper, 56).

Alley WM. The Palmer drought severity index: limitations and Assumptions. *Journal of Climate and Applied Meteorology* 1985; 23: 1100-1109. [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0450\(1984\)023%3C1100:TPDSIL%3E2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0450(1984)023%3C1100:TPDSIL%3E2.0.CO;2)

Cavalcanti AS. *Avaliações de padrões atmosféricos associados à ocorrência de chuvas extremas no litoral da Região Nordeste do Brasil: Aspectos Numéricos na Previsão Operacional do Tempo* [tese]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2009.

Dai A, Trenberth KE, Karl TR. Global variations in droughts and wet spells: 1900-1995. *Geophysical Research Letter* 1998; 25: 3367-3370. <http://dx.doi.org/10.1029/98GL52511>

Figueiredo JOGR. *Distribuição espacial da pluviometria em Alagoas com ênfase a variabilidade causada pelos padrões de temperatura da superfície do mar* [dissertação]. Maceió: Universidade Federal de Alagoas; 2002.

Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. *Banco de Dados Pluviométricos*. [cited 2010 abr. 24]. Available from: http://geonetwork3.fao.org/climpag/agroclimdb_en.php.

Gibbs WJ, Maher JV. Rainfall Deciles as Drought Indicators. *Bureau of Meteorology Bulletin*, 1967; (48).

Gois G.; Souza JL.; Silva PRT.; Oliveira Júnior JF. Caracterização da Desertificação no Estado de Alagoas Utilizando Variáveis Climáticas. *Revista Brasileira de Meteorologia* 2005; 20: 301-314.

Geographic Resources Analysis Support System - GRASS. *GRASS 6.5 manual pages*. [cited 2009 jun. 3]. Available from: <http://grass.osgeo.org>.

Hayes MJ, Svoboda MD, Wilhite DA, Vanyarkho OV. Monitoring the Drought Using the Standardized Precipitation Index. *Bulletin of the American Meteorological Society* 2004; 80: 429-438. [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0477\(1999\)080%3C0429:MTDUTS%3E2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0477(1999)080%3C0429:MTDUTS%3E2.0.CO;2)

Kite GW. *Frequency and Risk Analyses in Hydrology*. Littleton: Water Resources Publications; 1988. 257 p.

Lyra GB, Garcia BIL, Piedade SMS, Sediya GC, Sentelhas PC. Regiões homogêneas e funções de distribuição de probabilidade da precipitação pluvial no Estado de Táchira, Venezuela. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 2006; 41: 202-215.

Mckee TB, Doesken NJ, Kleist J. Drought monitoring with multiple time scales. In: *Proceedings of the IX Conference on Applied Climatology*; 1995; Dallas. Dallas; 1995. p. 233-236.

Mckee TB, Doesken NJ, Kleist J. The relationship of drought frequency and duration to time scales.

In: *Proceedings of the VIII Conference on Applied Climatology*; 1993; Boston. Boston: American Meteorology Society; 1993. p. 179-184.

Palmer WC. *Meteorological Drought*. Washington: Department of Commerce Weather Bureau; 1965. 58 p. (Research Paper, 45).

Rasmusson FM, Carpenter TH. Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño. *Monthly Weather Review* 1983; 110:354-384.

Ropelewski CF, Halpert M. Quantifying Southern Oscillation-precipitation relationships. *Journal of Climate*

1996; 9:1043-1059. [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0442\(1996\)009%3C1043:QSOPR%3E2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0442(1996)009%3C1043:QSOPR%3E2.0.CO;2)

Superintendência para o Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE. *O fenômeno das secas*. [cited 2011 jun.]. Available from: <http://www.sudene.gov.br/>

Thom HCS. *Some methods of climatological analyses*. Geneva: World Meteorological Organization- WMO; 1966. 53 p. (Technical Note, 81).

Willeke G, Hosking JRM, Wallis JR, Guttman NB. The National Drought Atlas. U.S. Army Corps of Engineers; 1994. Institute for Water Resources Report 94-NDS-4.