

Artigo

# Caracterização da Chuva da Microrregião de Catolé do Rocha no Estado da Paraíba Baseada em Estatística Aplicada

Valneli da Silva Melo<sup>1</sup> , Lourivaldo Mota Lima<sup>1</sup> <sup>1</sup>*Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, Brasil.*

Recebido em: 24 de Setembro de 2019 - Revisado em: 17 de Julho de 2020 - Aceito em: 1 de Setembro de 2020

## Resumo

Séries pluviométricas obtidas entre 1910 e 2016 em onze localidades da região de Catolé do Rocha, Estado da Paraíba, Brasil, foram analisadas com o objetivo de traçar um melhor perfil climático da região. Para tanto, o Índice de Anomalia de Chuvas (IAC) juntamente com ferramentas estatísticas foram utilizados. Os resultados obtidos sugerem que as variabilidades nas chuvas, nos padrões de umidade, assim como nos períodos normais, úmidos, secos, e seus extremos, estão em conexão com os anos de El Niño e La Niña. O regime pluviométrico foi caracterizado por irregularidades com uma tendência significativa de decréscimo de chuvas no período considerado. A distribuição de probabilidade Logística representa de forma adequada as chuvas da região, com o p-valor de 0,994 para um nível de significância de 0,05.

**Palavra-chave:** ENOS, variabilidade climática, distribuição de probabilidade.

## Rain Characterization of Catolé do Rocha Micro-Region in the State of Paraíba Based on Applied Statistics

### Abstract

Rainfall series obtained from 1910 to 2016 in eleven locations over Catolé do Rocha region, State of Paraíba, Brazil, have been analyzed to draw a better climate profile of the region. For this, the Rainfall Anomaly Index (RAI) and additional statistical tools were used. The results obtained suggest that the variability in rainfall, humidity patterns, as well as in normal, wet, dry periods, and their extremes, are in connection with the years of El Niño and La Niña. The pluviometric regime has been characterized by irregularities with a significant trend of decreasing rainfall in the period considered. The logistic probability distribution adequately represents the region's rainfall, with a p-value of 0.994 for a significance level of 0.05.

**Keywords:** ENOS, climatic variability, probability distribution.

## 1. Introdução

A região do Semiárido nordestino é conhecida pelo clima seco e escassez hídrica decorrente da irregularidade espaço-temporal das chuvas e da elevada evaporação (Marengo *et al.*, 2018). Nesse sentido, o monitoramento do regime pluviométrico é útil e necessário devido a vários aspectos, por exemplo: existência de inúmeros projetos de irrigação implantados (em funcionamento e futuros); abastecimento d'água para grandes, médias e pequenas cidades que, em sua maioria, dependem diretamente dos níveis dos rios ou, de forma indireta, do volume acumulado das barragens distribuídas no Nordeste do Brasil

(NEB) e a dependência exclusiva das diversas culturas agrícolas em relação à chuva. Em suma, o conhecimento dos níveis de chuva possibilita melhorar a produtividade das atividades econômicas, bem como o uso da água para múltiplas atividades (Gheyi *et al.*, 2012).

Nesse contexto, o NEB apresenta uma problematização quanto a irregularidade pluviométrica em relação duração e intensidade. A diversidade de clima no NEB é decorrente de um conjunto de fatores fisiográficos e de sistemas atmosféricos, por exemplo, a geografia, o relevo, a natureza da superfície e os sistemas de pressão atuantes na região (Silva *et al.*, 2012).

Climatologicamente, os principais sistemas produtores de chuvas sobre o Estado da Paraíba são a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e os Vórtices Ciclônicos em Ar Superior (VCAN), os quais induzem chuvas representativas sobre a região e são responsáveis por aproximadamente 80% do total precipitado entre os meses de fevereiro e maio, abrangendo praticamente todo o setor centro-oeste do Estado da Paraíba (Molion e Bernardo, 2002). Em um segundo período de chuvas tem-se a atuação de Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL). Os DOL's favorecem a ocorrência de chuvas sobre todo o setor leste do Estado, principalmente na faixa litorânea. Tal sistema contribui com a ocorrência de aproximadamente 70% do total precipitado sobre a região entre os meses de abril e julho (AESAs 2016).

A variabilidade da chuva é fundamental, uma vez que possibilita detectar tendências ou alterações climáticas em variadas escalas, além de compará-las (Marcuzzo e Goularte, 2012). Esses estudos são realizados tendo como base alguns índices, a exemplo o Índice de Anomalia de Chuva (IAC), desenvolvido por Rooy (1965) com a finalidade de caracterizar e monitorar a variabilidade espaço-temporal da chuva de uma região e de classificar as magnitudes de anomalias de chuvas positivas e negativas. Dessa forma, esse índice permite a comparação entre as condições atuais e as séries históricas em consonância com a intensidade dos eventos.

O IAC tem se tornado uma ferramenta fundamental devido a sua simplicidade para análise das chuvas, para a determinação da qualidade das anomalias (Sanches *et al.*, 2014). Além disso, o IAC necessita apenas de dados pluviométricos e é de fácil estimativa, diferente de outros índices, tais como: Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI), proposto por Palmer (1965), Índice de Seca de Bhalme & Mooley (BMDI), proposto por Bhalme e Mooley (1980), entre outros.

O IAC permite realizar comparações do regime pluviométrico de determinado local a partir de uma série de dados históricos com as condições atuais de chuva e também é utilizado para a caracterização da variabilidade espaço-temporal da chuva na região de estudo (Araújo *et al.*, 2007; Marcuzzo e Goularte, 2012; Sanches *et al.*, 2014). Segundo Sanches *et al.* (2014), a utilização do IAC tem se revelado uma ferramenta importante na avaliação de anomalias extremas.

No NEB, Ribeiro (2016) destaca que o modo de variabilidade climática El Niño-Oscilação Sul (ENOS) é um dos principais eventos atmosféricos responsáveis pelos extremos de secas e chuvas nessa região. Oliveira Junior *et al.* (2012) constataram que eventos fortes de ENOS (El Niño e La Niña) mostraram padrões de períodos secos e chuvosos para as regiões de Alagoas quando comparados com eventos moderados de ENOS.

O IAC tem sido utilizado para avaliar o comportamento das precipitações em relação à influência do ENOS

e Temperatura da Superfície do Mar (TSM) dos Oceanos Pacífico tropical e Atlântico tropical, com destaque para os trabalhos realizados anteriormente por Azevedo e Silva (1994), Santos *et al.* (2017), Da Silva *et al.* (2010), Marcuzzo *et al.* (2011) e Da Silva *et al.* (2012).

Tendo em vista toda essa problemática, o presente estudo tem como objetivo analisar a climatologia da chuva que ocorre na microrregião de Catolé do Rocha, quanto à influência da variabilidade espaço-temporal das chuvas. Com base no IAC apontar para diagnosticar possíveis mudanças no panorama pluviométrico na região e avaliar as fases do ENOS em relação a essas mudanças.

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Área de estudo

A microrregião de Catolé do Rocha apresenta clima tropical, predominando o semiárido no interior, com médias térmicas elevadas (em torno de 27 °C) e chuvas escassas e irregulares (menos de 800 mm por ano). A microrregião de Catolé do Rocha é composta por onze municípios: Belém do Brejo do Cruz, Bom Sucesso, Brejo do Cruz, Brejo dos Santos, Catolé do Rocha, Jericó, Lagoa, Mato Grosso, Riacho dos Cavalos, São Bento, São José do Brejo do Cruz (Fig. 1).

### 2.2. Descrição dos dados

Os dados utilizados foram cedidos pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e Agência Nacional de Águas (ANA). O período de estudo corresponde a 107 anos (1910 a 2016). Adotou-se um conjunto de critérios para o preenchimento dos dados, com método de regressão linear que consiste em utilizar regressões lineares simples ou múltiplas para o preenchimento de falhas, tentando assegurar um período temporal de análise. De acordo com as recomendações da OMM (Organização Mundial de Meteorologia), o cumprimento do período de registro dos dados deve ser igual ou superior a 30 anos. Além disso, utilizou-se os dados de 11 postos pluviométricos e foram calculadas as estatísticas descritivas (média, valor máximo, mínimo, variância, coeficiente de assimetria e de curtose). Para a confecção dos mapas, utilizou-se o software Quantum GIS (QGIS).

A Tabela 1 apresenta as principais informações geográficas dos municípios que compõem a microrregião de Catolé do Rocha.

### 2.3. Índice de anomalia de chuva (IAC)

O IAC avalia o desvio da precipitação, em relação à condição normal. Esse método procura analisar a frequência em que ocorrem os anos secos e chuvosos e a intensidade desses índices a partir de um grau de severidade e duração, com base nas seguintes formulações Eq. (1) e Eq. (2):

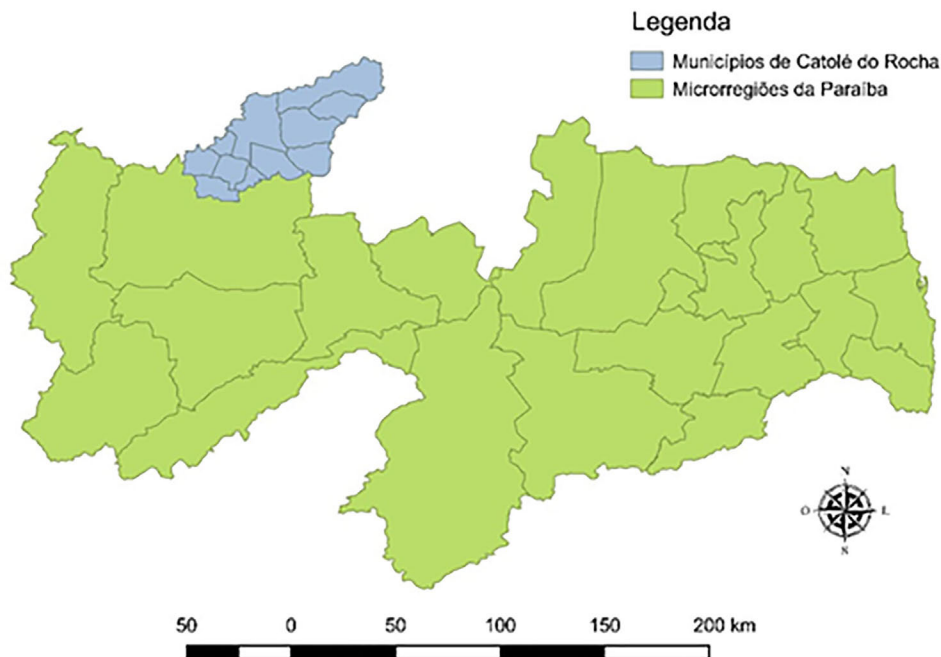


Figura 1 - Mapa da Paraíba destacando a Microrregião de Catolé do Rocha.

Tabela 1 - Dados geográficos dos municípios da microrregião de Catolé do Rocha.

Municípios	Área (km <sup>2</sup> )	Altitude	Latitude	Longitude	Anos
Belém do B. do Cruz	596,9	176 m	-5.81	-36.46	1961-2016
Bom Sucesso	198,6	312 m	-5.55	-36.07	1963-2016
Brejo do Cruz	409,3	199 m	-5.65	-36.50	1910-2016
Brejo dos Santos	120,6	328 m	-5.62	-36.17	1965-2016
Catolé do Rocha	466,2	272 m	-6.65	-36.25	1910-2016
Jericó	157,4	233 m	-5.44	-36.19	1959-2016
Lagoa	183,6	273 m	-5.42	-36.08	1961-2016
Mato Grosso	53	225 m	-5.46	-36.27	1994-2016
Riacho dos Cavalos	328,6	198 m	-5.56	-36.34	1961-2016
São Bento	248,2	141 m	-6.48	-36.54	1959-2016
São José do Brejo do Cruz	253,01	147 m	-6.34	-36.50	1994-2016

Fonte: coordenadas Apollo11, dados Sudene e Ana.

$$IAC_{Positivo} = 3 \times \left[ \frac{(N - N_1)}{(M - N_1)} \right] \quad (1)$$

$$IAC_{Negativo} = -3 \times \left[ \frac{(N - N_1)}{(X - N_1)} \right] \quad (2)$$

Nas equações propostas,  $N$  compreende a precipitação total (mm) do ano para o qual será gerado o IAC,  $N_1$  corresponde à média (anual) da série histórica (mm);  $M$  representa a média das dez maiores precipitações anuais da série histórica (mm) e  $X$  compreende a média das dez menores precipitações anuais da série histórica (mm). As anomalias positivas são representadas por valores acima

da média e as negativas, abaixo da média e seus graus de intensidade podem ser avaliados conforme a Tabela 2.

#### 2.4. Distribuição de probabilidade

Os dados climatológicos foram previamente analisados com base em alguns indicadores estatísticos básicos. Com base nessa proposta é possível calcular alguns indicadores e medidas estatísticas importantes, como média, desvio padrão (variância), assimetria, curtose e distribuição de frequência dos dados observados. Com isso, se pode modelar essa distribuição de frequência com base num modelo matemático, constituído de parâmetros e conhecido como Distribuição de Probabilidades. Depois de calcular todos os indicadores estatísticos, se optou por

**Tabela 2** - Classificação de índice de anomalia de chuva.

IAC (Índice de anomalia de chuva)	Classificação
$\geq 4,00$	Extremamente úmido (UE)
3,00 a 3,99	Umidade alta (UA)
2,00 a 2,99	Umidade moderada (UM)
0,50 a 1,99	Umidade baixa (UB)
-0,49 a 0,49	Normal (NN)
-1,99 a -0,50	Seca suave (SS)
-2,00 a -2,99	Seca moderada (SM)
-3,00 a -3,99	Seca alta (SA)
$\leq -4,00$	Seca extrema (SE)

Fonte: Adaptado de [Fernandes et al. \(2010\)](#).

ajustar os dados a uma distribuição de probabilidade Logística.

#### 2.4.1. Distribuição de probabilidade logística

A distribuição Logística apresenta normalmente duas expressões: uma denominada de fórmula geral e outra de forma padrão. A expressão geral da função de densidade de probabilidade (fdp) Logística é dada pelas equações [Eq. \(3\)](#) e [Eq. \(4\)](#):

$$f_x(x) = \frac{\beta^{-1} e^{(x-\alpha)/\beta}}{[1 - e^{(x-\alpha)/\beta}]^2} \quad \text{para } x \in R, \beta > 0 \quad (3)$$

$$f_x(y) = \frac{\left(\frac{1}{\beta}\right) e^y}{[1 - e^y]^2} \quad \text{para } x \in R, y = \frac{x-\alpha}{\beta} \quad (4)$$

em que  $\alpha$  é o parâmetro de locação e  $\beta$  é o parâmetro de escala. A função densidade de probabilidade Logística padrão é dada por [Eq. \(5\)](#) e [Eq. \(6\)](#):

$$f(x) = \frac{e^x}{[1 + e^x]^2} \quad \text{para } x \in R \quad (5)$$

ou

$$f(x) = \frac{e^x}{[1 + e^{-x}]^2} \quad \text{para } x \in R \quad (6)$$

#### 2.4.2. Kolmogorov-Smirnov (KS)

Esta estatística é obtida em função do tamanho da amostra ( $n$ ) e nível de significância ( $\alpha$ ) a ser adotado (5% na maioria das vezes). A hipótese de nulidade a ser testada é a hipótese  $H_0$  de que a frequência observada poderá ser estimada pela distribuição de probabilidades, ou seja, como o valor tabelado é estatisticamente nulo, é possível concluir que valores menores ou iguais a este serão também estatisticamente nulos. Desta forma, tem-se:

$$|\Delta F|_{\text{calmáximo}} \leq |\Delta F|_{\text{tabelado}(n,\alpha)}$$

Portanto, o teste de KS é inteiramente qualitativo. Isso significa que o Teste permite apenas a conclusão de que a distribuição de probabilidades é adequada ou não. Dessa forma, não há embasamento suficiente para se concluir a respeito da precisão e comparação entre distribuições distintas.

### 2.5. Mann-Kendall (MK)

O teste de Mann-Kendall é um método robusto, sequencial e não paramétrico utilizado para determinar se uma série de dados possui uma tendência temporal de alteração estatisticamente significativa. Nesse sentido, por se tratar de um método não paramétrico, ele não requer distribuição normal dos dados ([Yue e Wang, 2002](#)).

Segundo [Ferrari et al. \(2012\)](#), o teste estatístico não-paramétrico de Mann-Kendall foi proposto inicialmente por [Sneyers \(1992\)](#). Esse teste considera que na hipótese de estabilidade de uma série temporal, a sucessão de valores ocorre de forma independente, e a distribuição de probabilidade deve permanecer sempre a mesma (série aleatória simples).

No teste de MK, uma tendência é considerada negativa ou positiva, indicando diminuição ou aumento nos atributos da série histórica analisada, caso o escore de MK (Kendall's tau) seja negativo ou positivo. Um valor positivo do coeficiente de MK indica uma tendência de aumento da variável, enquanto um valor negativo indica uma tendência de decréscimo, desde que significativos ao nível de 5%.

### 3. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos com a aplicação da estatística na chuva mensal média estão apresentados na [Tabela 3](#).

Os meses de fevereiro, março, abril e maio apresentam os maiores registros de chuva na região. De acordo com [Cirilo \(2008\)](#) e [Gomes \(2014\)](#), essa precipitação é causada pela atuação de alguns sistemas meteorológicos, por exemplo, ZCIT e VCAN, que são os principais responsáveis pela chuva nesse período. Em contrapartida, os meses de agosto, setembro, outubro e novembro compõem o período seco da região, com médias entre 13,7 e 16,3 mm. Setembro foi o mês com menor registro de chuva, similar ao resultado obtido anteriormente por [Silva Filho et al. \(2016\)](#), que, ao analisarem duas séries históricas de precipitação do município de Sousa-PB, também identificaram que normalmente as maiores chuvas ocorriam entre os meses de fevereiro a maio e que o mês de setembro apresenta pouca chuvas.

Baseado no DP, foi possível observar que os meses de março e abril apresentam maior desvio em relação à média, visto que são os dois meses com maiores volumes

**Tabela 3** - Estatística descritiva dos dados pluviométricos da microrregião de Catolé do Rocha no período de 1910 à 2016.

Meses	Mín	Máx	1° Quartil	Mediana	3° Quartil	Média	DP	CC	CA
Jan	4,2	273,8	70,8	92,1	115,3	96,1	44,5	3,42	1,14
Fev	26,7	299,4	104,0	132,2	166,9	135,9	49,9	0,49	0,31
Mar	64,5	479,2	167,8	203,6	233,5	208,1	74,7	3,23	1,35
Abr	55,0	376,9	147,2	178,7	210,1	185,0	64,4	1,39	0,87
Mai	2,9	310,7	80,5	104,5	137,1	110,2	52,5	2,15	1,01
Jun	6,5	125,2	30,3	43,5	61,0	48,2	26,0	0,69	0,90
Jul	0,0	76,9	16,2	23,1	28,8	24,0	12,9	3,23	1,17
Ago	0,0	80,2	7,3	12,5	21,8	15,9	14,5	7,16	2,18
Set	0,0	16,3	1,2	2,8	4,5	3,4	3,2	4,46	1,83
Out	0,0	67,2	4,3	8,1	13,0	10,4	10,6	10,91	2,90
Nov	0,0	67,8	6,4	11,6	19,9	14,7	12,2	4,49	1,83
Dez	1,5	85,6	14,9	24,8	35,4	27,5	17,0	1,59	1,11

DP = Desvio padrão; CA = Coeficiente de assimetria; CC = Coeficiente de curtose, as unidades são medidas em mm.

pluviométricos. Em contrapartida, valores baixos de DP, como nos meses de agosto a novembro, demonstram que os dados estão mais próximos da média.

No que diz respeito ao CA, foi possível constatar que todos os meses possuem distribuição assimétrica positiva, ou seja, com assimetria à direita ( $CA > 0$ ). Logo, os dados de chuva podem se ajustar a uma função distribuição de probabilidades, por exemplo, Gumbel, Log-normal, Gama, Logística, dentre outras com assimetria positiva. No que diz respeito ao Coeficiente de curtose (CC), foi constatado que os meses de fevereiro, abril, maio, junho e dezembro apresentaram coeficiente de curtose ( $CC < 0,263$ ), ou seja, a distribuição é do tipo leptocúrtica. Esse tipo de achatamento é maior nas laterais da curva, produzindo uma curva mais afilada ao centro da distribuição. Os meses de janeiro, março, julho, agosto, setembro, outubro e novembro apresentam coeficiente de curtose ( $CC > 0,263$ ), esse tipo de comportamento é semelhante ao anterior, porém o achatamento da curva é menos acentuado nas laterais e mais concentrado na parte de cima da curva, de acordo com Oliveira (1999), esse tipo de curva é chamada de platicúrtica, com isso, é possível inferir que são os meses com maior irregularidade pluviométrica.

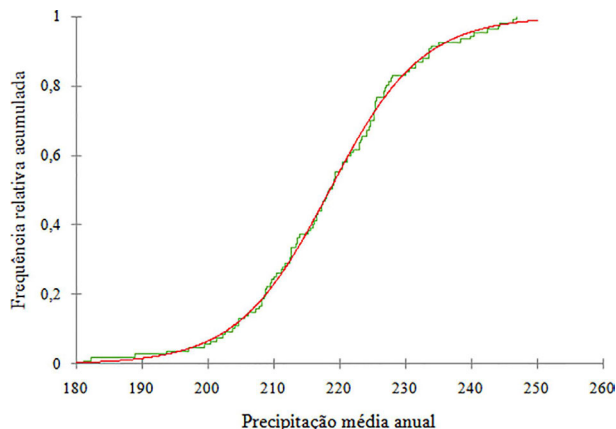
A fim de se analisar estatisticamente os ajustes identificando a melhor distribuição de probabilidade, o teste KS foi usado. A aderência das distribuições foi comprovada segundo o teste de KS ao nível de 0,05 de significância. Os p-valores que apresentaram valores superiores a 0,05 indicam que as distribuições descrevem satisfatoriamente os dados observados de chuva, o que oferece ao investigador um elevado nível de segurança (Campos, 1983). A Tabela 4 apresenta o resultado do teste de aderência de todas as funções de distribuição de probabilidade avaliadas neste estudo. A função de distribuição de probabilidade Logística apresentou melhor resultado aos dados da chuva média da região de estudo.

A distribuição Logística apresentou um ajuste de quase 100% dos dados, porém, outras distribuições também apresentaram resultados satisfatórios. Isso mostrou que essa série de dados pode ser representada por outras distribuições e, com isso, é válido propor novos trabalhos utilizando essas distribuições de probabilidade. Segundo Mello e Silva (2009), o conhecimento prévio da lâmina provável a precipitar garante maior segurança no planejamento de sistemas de irrigação suplementar e até mesmo na expansão da produção agrícola, permitindo maior eficiência no aproveitamento de recursos hídricos. Já Bernardo (1995) afirmou que o nível de 75% a 80% de probabilidade de ocorrência de chuva é confiável para dimensionamento de projetos agrícolas ou de irrigação.

A Fig. 2 mostra o comportamento da distribuição de probabilidade ajustada aos dados pluviométricos. A distribuição que apresentou melhor ajuste foi a Logística, com o p-valor igual a 0,994, sendo maior que o nível de significância  $\alpha = 0,05$ . Resultados semelhantes foram obtidos por Catalanha *et al.* (2002), Dallacort *et al.* (2011),

**Tabela 4** - P-valores dos ajustes da chuva para a Microrregião de Catolé do Rocha-PB às funções distribuição de probabilidades.

Distribuição	p-valor
Beta4	0,830
Qui-quadrado	0,009
Erlang	0,885
Exponencial	0,000
Fisher-Tippett (2)	0,246
Gama (1)	0,000
Gama (2)	0,902
GEV	0,004
Log-normal	0,902
<b>Logística</b>	<b>0,994</b>
Normal	0,885



**Figura 2** - Função de distribuição de probabilidade acumulada logística para os dados da média da precipitação da microrregião de Catolé do Rocha no período de 1910 a 2016.

Kist e Virgens Filho (2015), Lyra *et al.* (2006), Murta *et al.* (2005), Ribeiro *et al.* (2007), Rodrigues *et al.* (2014) e Vieira *et al.* (2010). Isso possibilita ao investigador o uso dessas informações e possibilitar a tomada de decisões, no que se refere a determinação de zoneamentos agrícolas da região, previsões probabilísticas desse evento climático, bem como estimativas de quantidade de chuva caída em um determinado período solicitado.

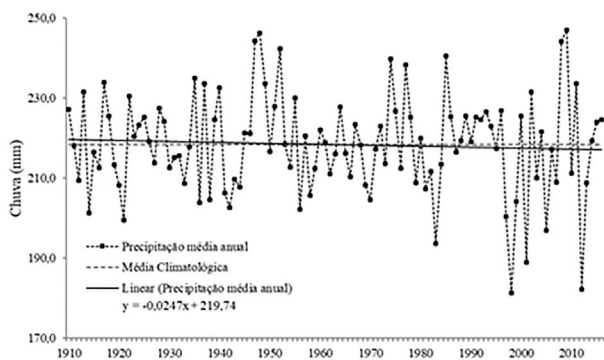
A série temporal mostrou a presença de valores discrepantes que se afastam significativamente da média climatológica da região de estudo. As tendências encontradas neste estudo (Fig. 3) corroboram com os resultados obtidos por Aguilar *et al.* (2009), com sinal invertido.

Na Fig. 3 pode ser observada uma tendência negativa da chuva. Durante todo o período estudado houve uma leve tendência decrescente no comportamento da chuva na microrregião. Essa informação pode ser comprovada a partir do teste de MK, para verificar a significância da tendência (Tabela 5).

Nesse teste, as seguintes hipóteses foram verificadas:

$H_0$  = Não há uma tendência na série de dados;

$H_1$  = Há uma tendência na série de dados.



**Figura 3** - Chuva (mm) da microrregião de Catolé do Rocha no período de 1910 a 2016.

**Tabela 5** - Estatística de Mann-Kendall.

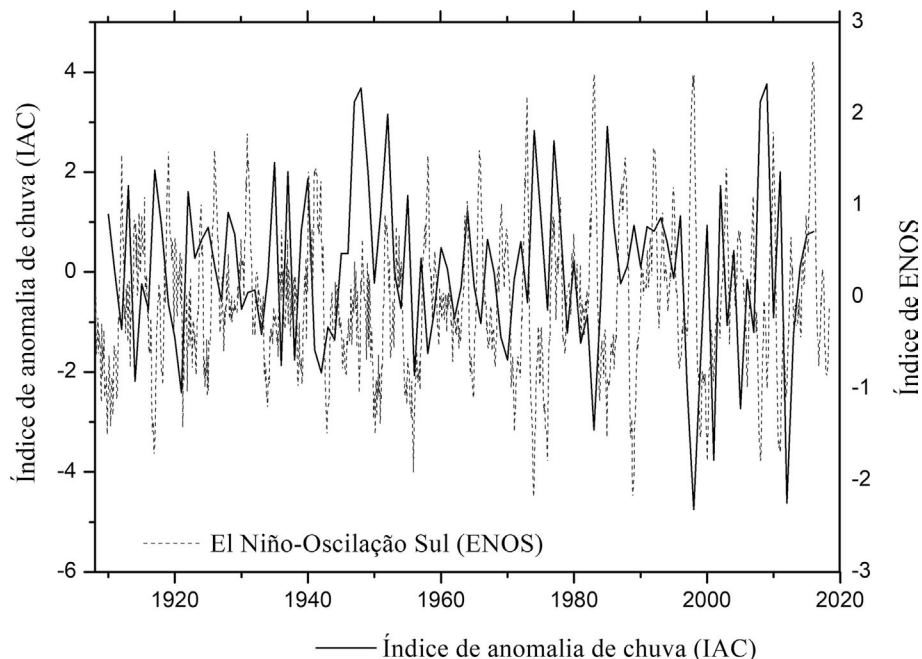
Teste Mann-Kendall bilateral	
Tau de Kendall	-0,014
Desvio padrão	13,000
P-valor	0,829
Alfa ( $\alpha$ )	0,05

A Tabela 5, confirma a evidência observada na Fig. 3. A partir desta é possível afirmar que, como o p-valor calculado foi maior que o nível de significância  $\alpha = 0,05$ , e, assim, a hipótese nula  $H_0$ , é rejeitada, ou seja, o teste nos mostra que a hipótese testada tem 82,9% de chance de ser verdadeira. Com isso, a série de dados analisados apresenta uma tendência negativa.

Para melhor compreender a participação dos ENOS sobre os totais anuais de chuva a série apresentada, foi aplicado o IAC. O IAC da microrregião de Catolé do Rocha está representado na Fig. 4, onde pode se verificar a variabilidade das chuvas e correlacioná-lo as fases do ENOS. Na série de 106 anos foi possível observar um total de 50 anos com anomalias negativas entre anos secos (0 a -2), muito secos (-2 a -4) e extremamente secos (acima de -4); e 56 anos com anomalias positivas classificadas em úmidos (0 a 2) e muito úmidos (2 a 4), conforme a metodologia proposta por Rooy (1965) e adaptado por Fernandes *et al.* (2010).

O IAC tem sido utilizado para se avaliar a variabilidade da chuva em relação à influência do fenômeno ENOS e outras oscilações. Nessa questão, se destacam os trabalhos de Azevedo e Silva (1995), Araújo *et al.* (2007), Mancuzzo *et al.* (2011), Da Silva *et al.* (2009b, 2012b). A partir dos trabalhos realizados por esses autores foi possível relacionar o IAC com o índice ENOS. Os anos que apresentaram valores positivos do IAC foram os anos correspondentes aos anos de La Niña. Já os anos que possuem valores negativos do índice IAC foram associados a anos de El Niño. Na Fig. 4, é demonstrado o comportamento do índice ENOS, o qual é caracterizado por anomalias; positivo (El Niño) ou negativo (La Niña). Os ENOS associados aos anos analisados podem ser observados na Tabela 6. Diversos trabalhos como os de Alencar *et al.* (2007), Alves *et al.* (2015) e Ribeiro (2016) ressaltam a relação entre a ocorrência de eventos de El Niño com os períodos secos no NEB, bem como a La Niña, a qual intensifica o período chuvoso.

Dessa forma, na Fig. 4, é observado o IAC para a série da chuva média da microrregião, o qual permite classificar os anos de acordo com a Tabela 2, e assim obter o enquadramento dos anos com o ENOS. De acordo com a Fig. 4, padrões de períodos secos e chuvosos podem ser observados ao longo da série, uma vez que, após a aplicação do IAC, nenhum dos anos observados foi considerado como “extremamente úmido” (IAC acima de 4,00). Todos os anos considerados pelo IAC como “muito úmidos”



**Figura 4** - Índice de Anomalia de Chuva (IAC) para a série da Microrregião de Catolé do Rocha (1910-2016) e Índices de ENOS no período de 1908 à 2017.

**Tabela 6** - Correlação IAC e ENOS.

IAC	LNF	LNМ	LNA	NORMAL	ENA	ENM	ENF
Umidade Alta	1910	1918, 1924, 1925, 1939, 1975, 1989, 2000	1955, 1967, 1996	1922, 1928, 1929	1913, 1978, 1993	1951, 1964, 1972, 1986, 1994, 2002	1940, 1991, 1992, 2015, 2016
Normal	1950	1934, 1988	1911, 1971	1923, 1932, 1945, 1946, 1960, 1961, 1990, 2004, 2014		915, 1926, 1963, 1980, 1987, 1995, 2006	1931, 1957, 1965
Seca suave	1916, 1943	1933, 1999	1938, 1954	1927, 1936, 1944, 1959, 1962, 1981, 1984, 2013	1942, 1969	1912, 1920, 1970, 1976, 1979, 2003, 2007, 2010	1919, 1930, 1941, 1958, 1966, 1972, 1982
Seca moderada		1965		1921, 2005		1914	1997
Seca alta							1983, 2001
Seca extrema							1998, 2012

Legenda: LNF = La Niña fraca, LNМ = La Niña moderada, LNA = La Niña fraca, ENA = El Niño fraco, ENM = El Niño moderado, ENF = El Niño forte.

tiveram uma boa correspondência com a componente do fenômeno ENOS.

Todos os anos considerados pelo IAC como “umidade baixa” tiveram uma correspondência satisfatória com a componente positiva do fenômeno ENOS. O uso do IAC em pesquisas científicas vem propiciando resultados significativos, de modo que este tem sido uma importante ferramenta de análise das chuvas (Sanches *et al.*, 2014). A Tabela 6 apresenta a correspondência do fenômeno ENSO aos anos analisados pelo IAC nessa caracterização.

O fenômeno El Niño apresenta uma relação de causa e efeito com as secas que ocorrem no semiárido nordestino, uma vez que nos anos de El Niño, observa-se uma diminuição na chuva da região. Sanches *et al.* (2014) ava-

liaram as precipitações anuais em Alegrete-RS (1928-2009) por meio do IAC e concluíram que os anos considerados chuvosos tiveram correlação com o La Niña. Já os anos secos, que deveriam estar sob efeito da El Niño, não apresentaram boa correspondência.

Na cidade de Blumenau-SC, a aplicação do IAC, por Fonseca (2016), no período de 1941 a 2015, permitiu identificar que os valores positivos e negativos apresentam uma forte relação com o fenômeno ENOS. Alguns anos, como 2008, o qual apresentou uma das maiores precipitações pluviométricas na região, estavam sob a ação da La Niña. O autor associou tal fato à união de um bloqueio atmosférico e VCAN, o que provocou aumento de chuva.

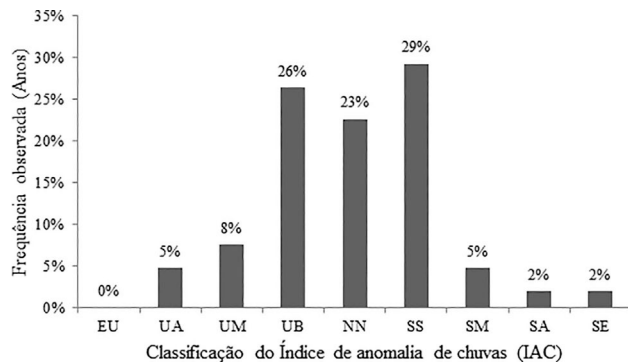


Figura 5 - Frequência relativa (%) da classificação do IAC.

A Fig. 5 apresenta uma síntese da quantidade de anos secos e chuvosos na área estudada. Verifica-se o predomínio de anos com seca suave (29%) e umidade baixa (26%) na série histórica analisada (1910 a 2016) e constata-se que os eventos secos dessa microrregião se sobressaem em relação aos eventos chuvosos.

Além da caracterização de anos secos ou úmidos, o IAC consiste em uma ferramenta para o acompanhamento climático de uma localidade, com prognósticos e diagnósticos da climatologia local (Araújo *et al.*, 2007 e Araújo *et al.*, 2009).

Oliveira Junior *et al.* (2012) mostram que os eventos fortes de ENOS (El Niño e La Niña) definem padrões mais realísticos dos períodos úmidos e secos para as regiões fisiográficas de Alagoas, quando comparados com eventos moderados de ENOS.

Similarmente, Macedo *et al.* (2010) afirmaram que as secas foram intensificadas pelo El Niño. As fases ENOS modificam a frequência, a intensidade e a distribuição espacial das chuvas no NEB, afetando diretamente as atividades agrícolas (Araújo *et al.*, 2007; Da Silva *et al.*, 2012).

Os eventos nas escalas temporais interanuais e decenais contribuem para a variabilidade da chuva de uma determinada região. O monitoramento desses fenômenos se torna importante para compreender as condições climáticas nessas regiões. Diante disso, somente através de um monitoramento sistemático desses fenômenos, bem como das condições pluviométricas da região, se pode maximizar o aproveitamento da água da chuva, no que se refere à gestão agrícola, pesqueira, social e energética (Da Silva *et al.*, 2010).

#### 4. Conclusão

As funções de distribuição de probabilidade apresentam ajustes satisfatórios em relação ao regime de chuvas da microrregião de Catolé do Rocha. A função de distribuição de probabilidade Logística se sobressai em relação às demais. O fato de os dados apresentarem resultados satisfatórios de ajustes com outras distribuições de

probabilidade possibilita um estudo mais aprofundado sobre as funções de probabilidade.

As variações na chuva da microrregião de Catolé do Rocha foram fortemente influenciadas por sistemas sinóticos que atuam na região, principalmente VCAN e ZCIT. O IAC aplicado à microrregião de Catolé do Rocha ao modo de variabilidade climática aferir que as anomalias positivas e negativas estão, na maioria das vezes, correlacionadas ao modo de variabilidade climática EL Niño-Oscilação Sul (ENOS).

É possível observar que a maior parte dos anos da série analisada mostra relação com as fases do ENOS, uma vez que ambas as fases interferem na variabilidade da chuva com tendências de diminuição das chuvas. Dessa forma, há maior ocorrência de anos secos que anos úmidos.

#### Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem a CAPES pelo apoio financeiro.

#### Referências

- AGUILAR, E.; BARRY, A.A.; BRUNET, M.; *et al.* Changes in temperature and precipitation extremes in western central Africa, Guinea Conakry, and Zimbabwe. **Journal of Geophysical Research**, v. 114, n. 2, p. 11, 2009.
- ALENCAR, M.L.S.; BARBOSA, M.P.; SOUSA, R.F. Efeitos do El Niño de 1997/1998 na produção agropecuária na bacia do Rio Sucuru - Cariri Paraibano. **Caminhos de Geografia**, v. 24, n. 8, p. 15-21, 2007.
- ALVES, M.F.A.; MEDEIROS, M.C.; MOURA, E.F.; LIMA, G.A.; CRISPIM, D.L. Análise do regime hídrico de Patos-PB por meio do Índice de Anomalia de Chuvas (IAC). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 2, p. 42, 2015.
- ARAÚJO, L.E.; MORAES NETO, J.M.; SOUSA, F.S. Classificação da precipitação anual e da quadra chuvosa da bacia do rio Paraíba utilizando Índices de Anomalia de Chuva (IAC). **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 4, n. 3, p. 97-110, 2009.
- ARAÚJO, L.E.; DA SILVA, D.F.; MORAES NETO, J.M.; SOUSA, F.A.S. Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação na bacia do rio Paraíba usando IAC. **Revista de Geografia**, v. 24, n. 1, p. 47-57, 2007.
- ARAÚJO, L.E.; SILVA, D.F.; MORAES NETO, J.M.; SOUSA, F.A.S. Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação na Bacia do Rio Paraíba usando IAC. **Revista de Geografia**, v. 24, n. 1, p. 47-59, 2007.
- AZEVEDO, P.V.; SILVA, V.P.R. Índice de seca para a microrregião do agreste da Borborema, no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 9, n. 1, p. 66-72, 1994.
- BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. Viçosa: Ed. Viçosa, 1995.
- BHALME, H.N.; MOOLEY, D.A. Large-scale drought/floods and monsoon circulation. **Monthly Weather Review**, v. 8, n. 1, p. 1197-1211, 1980.



- CAMPOS, H. **Estatística Experimental Não-Paramétrica**. Piracicaba: ESALQ, 1983.
- CATALUNHA, M.J.; SEDIYAMA, G.C.; LEAL, B.G.; SOARES, C.P.; RIBEIRO, A.B. Aplicação de cinco funções densidade de probabilidade a séries de precipitação pluvial no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 10, p. 153-162, 2002.
- CIRILO, J.A. Políticas públicas de recurso hídricos para o semiárido. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 61-82, 2008.
- DALLACORT, R.; MARTINS, J.A.; INOUE, M.H.; FREITAS, P.S.L.; COLETTI, A.J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum. Agronom**, v. 33, n. 2, p. 193-200, 2011.
- FERNANDES, D.S.; HEINEMANN, A.B.; PAZ, R.L.; AMORIM, A.O.; CARDOSO, A.S. **Índices Para a Quantificação da Seca**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009.
- FERNANDES, D.S.; HEINEMANN, A.B.; PAZ, R.L.F.; AMORIM, A.O. Desempenho de índices quantitativos de seca na estimativa da produtividade de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 8, p. 771-779, 2010.
- FERRARI, A.L.; VECCHIA, F.A.S.; COLABONE, R.O. Tendência e variabilidade anuais da temperatura e da pluviosidade em Pirassununga-SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 10, n. 1, p. 30-46, 2012.
- FONSECA, M.N.O. Índice de Anomalia de Chuva (IAC) na avaliação das precipitações em Blumenau (SC) entre 1941 a 2015 e as repercussões socioambientais. **Anais Congres. Variabilidade e Suscetibilidade Climática: Implicações Ecosistêmicas e Sociais**, Goiânia, p. 605-616, 2016.
- GHEYI, H.R.; PAZ, V.P.S.; MEDEIROS, S.S.; GALVÃO, C.O. **Recursos Hídricos em Regiões Semiáridas: Estudos e Aplicações**. Campina Grande: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012.
- GOMES, O.M. **Modelagem Estocástica Da Variação Espacial Sob a Precipitação Pluvial do Estado Da Paraíba**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2014.
- KIST, A.; VIRGENS FILHO, J.S. Análise probabilística da distribuição de dados diários de chuva no estado do Paraná. **Revista Ambiente Água**, v. 10, n. 1, p. 172-181, 2015.
- LYRA, G.B.; GARCIA, B.I.L.; PIEDEDE, S.M.S.; SEDIYAMA, G.C.; SENTELHAS, P.C. Regiões homogêneas e funções de distribuição de probabilidade da precipitação pluvial no Estado de Táchira, Venezuela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 205-215, 2006.
- MACEDO, M.J.H.; GUEDES, R.V.S.; SOUSA, F.A.S.; DANTAS, F.R.C. Análise do índice padronizado para estado da Paraíba, Brasil. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 5, n. 1, p. 204-214, 2010.
- MARCUZZO, F.F.N.; GOULARTE, E.R.P. Índice de Anomalia de Chuvas do Estado do Tocantins. **Geoambiente**, v. 19, n. 1, p. 57-71, 2012.
- MARCUZZO, F.F.N.; MELO, D.C.R.; ROCHA, H M. Distribuição espaço-temporal e sazonalidade das chuvas no Estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 16, n. 4, p. 157-167, 2011.
- MARENGO, J.A.; ALVES, L.M.; ALVALA, R.C.S.; *et al.* Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semi-arid Northeast Brazil region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 2, p. 1973-1985, 2018.
- MELLO, C.R.; SILVA, A.M. Modelagem estatística da precipitação mensal e anual e no período seco para o estado de Minas Gerais. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 68-74, 2009.
- MOLION, L.C.B.; BERNARDO, S.O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, n. 1, p. 1-10, 2002.
- MURTA, R.M.; TEODORO, S.M.; BONOMO, P.; CHAVES, M. Precipitação pluvial mensal em níveis de probabilidade pela distribuição gama para duas localidades do sudoeste da Bahia. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 5, p. 988-994, 2005.
- OLIVEIRA, F.E.M. **Estatística e Probabilidade**. São Paulo: Atlas, 1999.
- OLIVEIRA JUNIOR, J.F.; LYRA, G.B.; GOIS, G.; BRITO, T.T.; MOURA, N.S.H. Análise de homogeneidade de séries pluviométricas para determinação do Índice de Seca IPP no estado de Alagoas. **Floresta e Ambiente**, v. 19, p. 101-112, 2012.
- PALMER, W.C. **Meteorological Drought**. Washington: U. S. Department of Commerce, 1965.
- RIBEIRO, B.T.; AVANZI, J.C.; MELLO, C.R.; LIMA, J.M.; SILVA, M.L.N. Comparação de distribuições de probabilidade e estimativa da precipitação provável para região de Barbacena, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1297-1302, 2007.
- RIBEIRO, E.P. **Mudanças Ambientais e Desertificação na Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2016.
- RODRIGUES, J.A.; SILVA, A.P.C.M.; SANTOS FILHO, J. Uso de distribuições de probabilidade na modelagem de intensidade de secas ocorridas em Laranjeiras do Sul, PR. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 32, n. 4, p. 570-583, 2014.
- ROOY, M.P.V. **A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space**. *Notos*, v. 14, n. 1, p. 43-48, 1965.
- SANCHES, F.O.; VERDUM, R.; FISCH, G. Índice de Anomalia de Chuva (IAC) na avaliação das precipitações anuais em Alegrete/RS (1928-2009). **Caminhos de Geografia**, v. 15, n. 51, p. 73-84, 2014.
- SANTOS, S.R.; SANSIGOLO, C.A.; NEVES, T.T.A.T.; CAMPOS, T.L.O.B.; SANTOS, A.P.P. Frequências dos eventos extremos de seca e chuva na Amazônia utilizando diferentes bancos de dados de precipitação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 2, p. 468-478, 2017.
- SILVA, C.M.S.; SPYRIDES, M.H.C.; LUCIO, P.S. Distribuição espacial da precipitação sobre o Rio Grande Do Norte: Estimativas via satélites e medidas por pluviômetros. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 3, p. 337-346, 2012.
- DA SILVA, D.F.; SOUSA, A.B.; MAIA, L.M.; RUFINO, L.L. Efeitos da associação de eventos de ENOS e ODP sobre o Estado do Ceará. **Revista de Geografia**, v. 29, n. 2, p. 114-135, 2012.
- DA SILVA, D.F.; SOUSA, F.A.S.; KAYANO, M.T. Uso e IAC e ondeletas para análise da influência das multi-escalas temporais na precipitação da bacia do rio Mundaú. **Revista de Engenharia Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 19-26, 2010.

SILVA FILHO, J.A.; ARAÚJO, S.C.; NOGUEIRA, V.F.B. Análise temporal do regime pluviométrico no município de Sousa - PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 1, p. 8-13, 2016.

SNEYERS, R. **Sur l'Analyse Statistique des Series Dóbservations**. Genève: Organisation Météorologique Mondiale, 1992.

VIEIRA, J.P.G.; SOUZA, M.J.H.; TEIXEIRA, J.M.; CARVALHO, F.P. Estudo da precipitação mensal durante a estação chuvosa em Diamantina, Minas Gerais. **Revista Brasileira**

**de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 7, p. 762-767, 2010.

YUE, S.; WANG, C.Y. Applicability of prewhitening to eliminate the influence of serial correlation on the Mann-Kendall test. **Water Resources Research**, v. 38, n. 6, p. 4-1/4-7, 2002.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (type CC-BY), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original article is properly cited.