

## **IDENTIFICAÇÃO DOS ANOS-PADRÃO PARA CLASSIFICAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ACARAU – CE**

**Anderson da Cruz Silva<sup>1</sup>, Isabella Freires Tavares<sup>2</sup>, David Hélio Miranda de Medeiros<sup>3</sup>**

1. Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6690-8199>. E-mail: [cruz.silva1326@gmail.com](mailto:cruz.silva1326@gmail.com)
2. Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará - Mestrado em Geografia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2711-1221>. E-mail: [isabellatares@gmail.com](mailto:isabellatares@gmail.com)
3. Professor Dr. da Universidade Aberta do Brasil/Universidade Estadual do Ceará. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6690-8199>. E-mail: [davidhmedeiros@gmail.com](mailto:davidhmedeiros@gmail.com)

### **Resumo**

Esta pesquisa objetiva identificar a variabilidade pluviométrica na Bacia Hidrográfica do Acaraú (CE). Foram utilizados dados pluviométricos do período de 2005 a 2019, sendo aplicados o método de Anos-Padrão e técnicas estatísticas do Box plot e Desvio-padrão em relação à média. Os valores anuais foram organizados e agrupados para a identificação dos anos-padrão a partir da utilização das técnicas estatísticas e suas devidas classificações, que demonstraram a capacidade em diferenciar os intervalos pluviométricos atípicos e normais. Do total de 420 pontos da série, verificou-se a partir da técnica do Box Plot, que 43,1% são classificados como anos pluviométricos normais, 21,2% com um padrão considerado úmido, 7,4% considerados super úmidos, 17,9% seco e 10,5% classificados como super secos. Em relação ao Desvio-padrão, observou-se a incidência de anos normais com 46,43%, seco e tendendo a seco com 9,52% e 22,38%, e a conjunção tendendo a chuvoso – chuvoso, com volume pluviométrico de 11,19% e 10,48%. Portanto, na área de estudo tende a manter o regime de instabilidade intercalando padrões de estiagem e eventos excepcionais esporádicos preponderando o nível médio entre 707,1 a 922,4mm, corroborando aos indicadores climáticos de semiaridez, e pontualmente de áreas subúmidas.

**Palavras-chave:** Anos-padrão. Acaraú. Box-Plot. Desvio Padrão. Precipitação pluviométrica.

### **IDENTIFICATION OF THE STANDARD YEARS YEARS FOR THE CLASSIFICATION OF THE PLUVIOMETRIC OF THE HYDROGRAPHIC BASIN OF ACARAU – CE**

### **Abstract**

This research aims to identify the rainfall variability in the Acaraú Watershed (CE). Rainfall data from the period 2005 to 2019 were used, being applied the method of Standard Years and statistical techniques of Box plot and Standard Deviation from the mean. The annual values were organized and grouped for the identification of standard years from the use of statistical techniques and their appropriate classifications, which demonstrated the ability to differentiate the atypical and normal rainfall intervals. From the total of 420 points of the series, it was verified through the Box Plot technique, that 43.1% are classified as normal rainfall years, 21.2% with a pattern considered humid, 7.4% considered super humid, 17.9% dry and 10.5% classified as super dry. Regarding the Standard deviation, the incidence of normal years was observed with 46.43%, dry and tending to dry with 9.52% and 22.38%, and the conjunction tending to rainy - rainy, with rainfall volume of 11.19% and 10.48%. Therefore, in the study area tends to maintain the regime of instability interspersing patterns of drought and sporadic exceptional events preponderating the average level between 707.1 to 922.4 mm, corroborating the climatic indicators of semi-aridity, and occasionally of sub-humid areas.

**Keywords:** Standard years. Acaraú. Box-Plot. Standard Deviation. Rainfall.

## **IDENTIFICACIÓN DE LOS AÑOS ESTÁNDAR PARA LA CLASIFICACIÓN PLUVIAL DE LA CUENCA DEL ACARAÚ - CE**

### **Resumen**

Esta investigación tiene como objetivo identificar la variabilidad de las precipitaciones en la Cuenca Hidrográfica del Acaraú (CE). Se utilizaron datos de precipitación del periodo 2005 a 2019, aplicándose el método de Años Estándar y las técnicas estadísticas de Box plot y Desviación Estándar de la media. Los valores anuales se organizaron y agruparon para la identificación de los años estándar a partir del uso de técnicas estadísticas y sus clasificaciones apropiadas, que demostraron la capacidad de diferenciar los intervalos de precipitación atípicos y normales. Del total de 420 puntos de la serie, se verificó mediante la técnica de Box Plot, que el 43,1% se clasifican como años de precipitación normal, el 21,2% con un patrón considerado húmedo, el 7,4% considerado súper húmedo, el 17,9% seco y el 10,5% clasificado como súper seco. En cuanto a la desviación estándar, se observó la incidencia de años normales con un 46,43%, secos y con tendencia a secos con un 9,52% y 22,38%, y la conjunción tendente a lluvioso - lluvioso, con un volumen de precipitaciones del 11,19% y 10,48%. Por lo tanto, en la zona de estudio se tiende a mantener el régimen de inestabilidad intercalando patrones de sequía y eventos excepcionales esporádicos preponderando el nivel medio entre 707,1 a 922,4 mm, corroborando los indicadores climáticos de semiaridez, y ocasionalmente de zonas subhúmedas.

**Palabras-clave:** Años estándar. Acaraú. Box-Plot. Desviación estándar. Pluviometría.

### **INTRODUÇÃO**

No Nordeste brasileiro, a precipitação pode alternar significativamente em questão de quilômetros e em escalas de tempo diferentes (NIMER, 1979; SILVA, 2004; ALVES, et al., 2015). Este fato está associado aos mecanismos atmosféricos instáveis e de difícil previsibilidade (BASTOS; CORDEIRO, 2012).

Nesta região, a variabilidade pluviométrica decorre de mecanismos dinâmicos causadores de chuvas, como o El Niño-Oscilação Sul (ENOS), Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis, Frentes Frias, Temperatura da superfície do mar (TSM) do Oceano Atlântico, Ventos Alísios e Pressão ao Nível do Mar. Todavia, a Zona de Convergência Intertropical sobre o Oceano Atlântico (ZCIT) é considerada como principal mecanismo de atuação, ocorrendo pela confluência dos alísios de NE do Hemisfério Norte e alísios de SE no Hemisfério Sul, formando uma grande faixa de nebulosidade que causa altas precipitações (SILVA et al., 2012; PESSOA, 2015). Alguns estudos destacam a influência orográfica na climatologia regional e distribuição das chuvas (SOUZA, 2006; MEDEIROS et al., 2018b).

No entanto, as características normais climáticas na maior parte do Nordeste brasileiro, sobretudo para as áreas no domínio da semiaridez, persistem na condição de balanço hídrico negativo. Este aspecto resulta da interação das precipitações e descargas fluviais inferiores ao volume de água transferido para atmosfera por evaporação (MEDEIROS et al., 2018a).

Estudos realizados em bacias hidrográficas semiáridas, a exemplo do São Francisco (GURJÃO et al., 2012; ASSIS et al., 2015), Jaguaribe (RODRIGUES et al., 2013), Taperoá

(XAVIER et al., 2016) e Apodi/Mossoró (MEDEIROS et al., 2018b) corroboram a importância do entendimento da variação pluviométrica temporal e espacial, permitindo aplicações com dados de entrada para geração de modelos hidrológicos de estimativas superficiais e/ou atmosféricos (DEUS, 2010; GUANDIQUE; MORAIS, 2015).

O desenvolvimento de modelos que identifiquem padrões e classificações de períodos característicos em uma série temporal é interessante para subsidiar alternativas de planejamento, dimensionamento e manejo da irrigação (SOUZA; GOMES, 2008, LIMA et al., 2019). O comportamento de sistemas mutáveis e não-lineares, como os componentes atmosféricos, apesar de serem desregrados, podem ser compreendidas através de métodos científicos, conforme aplicações realizadas no semiárido brasileiro por Costa et al. (2020) e Da Silva et al. (2020).

Na análise dos métodos dos fenômenos meteorológico-climáticos, Nascimento et al. (2013) descrevem que a definição é realizada por dados numéricos corroborados por técnicas estatísticas (medidas de tendência central, de dispersão, de variabilidade, correlações, quartis, desvio-padrão e coeficiente de variação, dentre outras) e aspectos gráficos, que modelam tais fenômenos e sua manifestação no espaço. Dubreuil et al., (2012) afirmam que a variabilidade de um dado critério climático está em volta de um ponto central, como a normal climatológica, isto é, através de sua análise é possível observar sua composição da variabilidade e mudanças a longo prazo, abrangendo os eventos extremos e típicos.

Existem diversos modos de aferir a variabilidade pluviométrica e identificar os seus atributos, como o Anos-Padrão, Análise Rítmica, Índice de Anomalia de Chuva (IAC), Análise de Agrupamento, Índice Padronizado de Precipitação (Standardized Precipitation Index - SPI), etc. Dentre as quais, a técnica dos Anos-Padrão, preconizada por Monteiro (1973) e utilizada por Aouad (1982), Zavattini (1990), Boin (2000), Barros (2003) e Schneider et al. (2012), é considerada uma das mais utilizadas. Este modelo propõe ao agrupamento de intervalos anuais semelhantes quanto a uma determinada variável, assim, considerando um ano padrão para representar cada grupo (SILVESTRE et al., 2013), podendo ser extraído a partir das técnicas estatísticas do Box plot e Desvio-padrão em relação à média.

A maior parte da Bacia Hidrográfica do Acaraú (BHA) é submetida ao clima semiárido, que pode repercutir em condições de instabilidade aos ecossistemas naturais e risco à sociedade humana. Dessa forma, a realização de estudos sobre a dinâmica espacial pluviométrica pode contribuir como um instrumento de auxílio na elaboração e aplicação de modelos de uso sustentável, diante das inúmeras especulações de usos dessa área (expansão urbana, atividades industriais, agricultura, aquicultura, pecuária, etc.). Portanto, o presente trabalho objetiva identificar a variabilidade pluviométrica na Bacia Hidrográfica do Acaraú (CE) a partir das metodologias do Box Plot e do desvio padrão em relação à média para definição de anos-padrão.

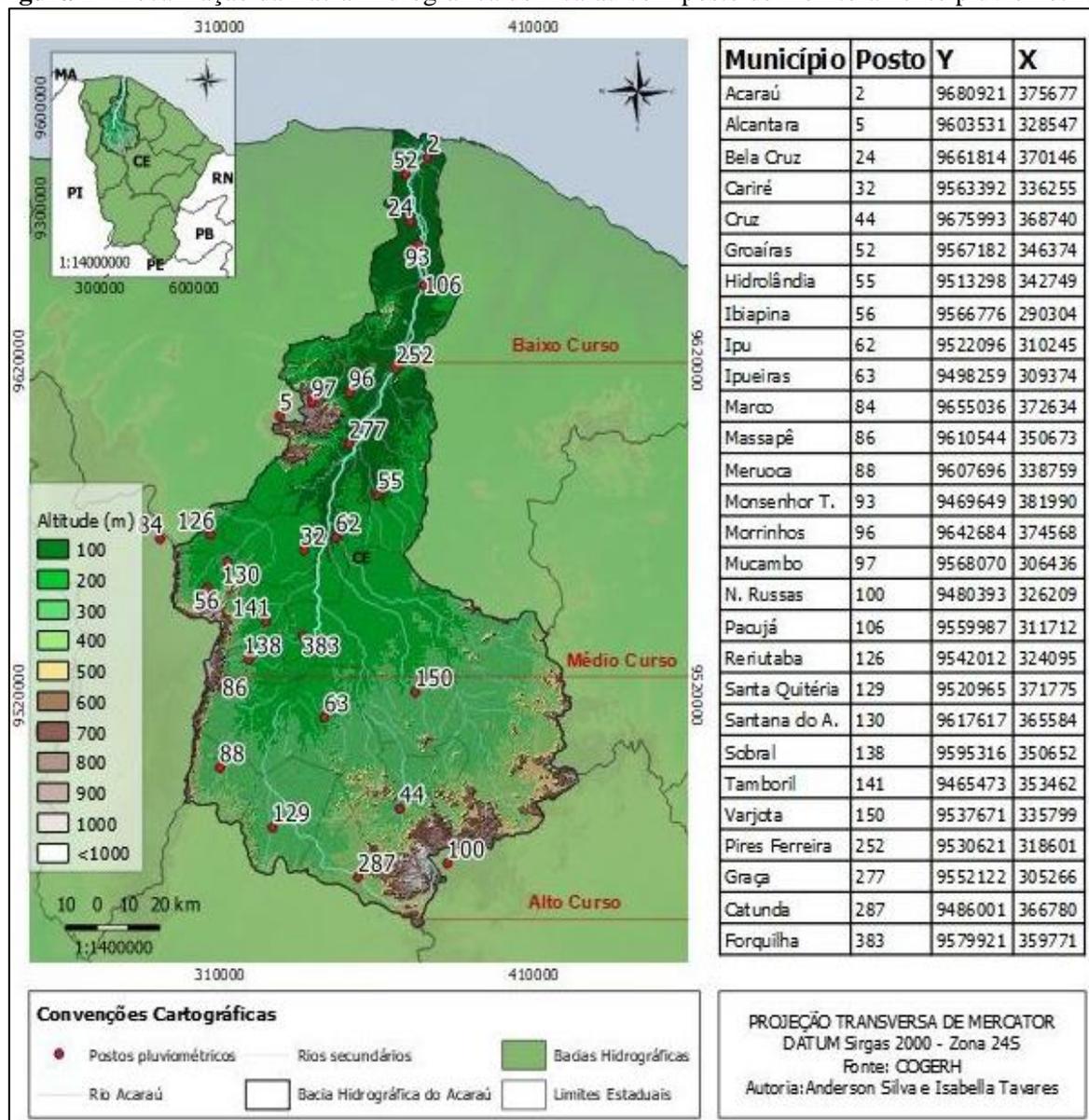
## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

A Bacia Hidrográfica do Acaraú está localizada na porção noroeste do Estado do Ceará, com área aproximada em 14.416 km<sup>2</sup>, representando cerca de 10% do território cearense (figura 1). Nesta Bacia ocorrem duas zonas climáticas de acordo com Köppen (1931), predominando o “Clima tropical com estação seca de verão (As)”, especialmente nas porções ao norte e leste,

já em áreas ao sudeste e em uma pequena porção ao leste é existente o “Clima das estepes quentes de baixa latitude e altitude (BSH)” (CEARÁ, 2016).

**Figura 1** - Localização da Bacia Hidrográfica do Acaraú com posto de monitoramento pluviométrico.



Fonte: organizado pelos autores

Como referência, as estações de Sobral (médio curso) e Acaraú (baixo curso) possuem temperaturas mínimas médias de 22,25 °C e 22,79 °C, respectivamente, nos meses de junho a agosto. Por outro lado, nestas as temperaturas máximas médias são de 33,99 °C e 30,99 °C, que ocorrem entre setembro e dezembro. As altas temperaturas, predominantes no segundo semestre, coincidem com os índices mínimos de umidade relativa do ar. Entre os meses de janeiro e abril ocorre um menor nível de insolação média anual, correspondentes aos meses mais chuvosos do ano (CEARÁ, 2016).

## Procedimentos metodológicos

Inicialmente foi realizado o agrupamento e tabulação na escala anual dos dados por meio da planilha eletrônica Excel dos 28 postos pluviométricos, que estão localizados nos municípios da Bacia Hidrográfica do Acaraú. Foram computados 420 elementos, que representaram os dados anuais da série histórica de precipitação no período de 2005 a 2019. Os registros foram obtidos através da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME.

Posteriormente, os dados foram analisados a partir do modelo da estatística descritiva de medidas de tendência central. Também houve a identificação das medidas de dispersão, que auxiliaram a tendência central a descrever a disposição do conjunto de dados adequadamente (quartis, desvio-padrão e coeficiente de variação) (TOLEDO, 1982), representados por gráficos de Box-Plot e do desvio-padrão em relação à média.

Para identificação dos anos-padrão a partir do modelo Box Plot, cujo qual, oferece a ideia da posição, dispersão, assimetria, caudas e dados discrepante, foi utilizado a metodologia de Tavares (1976) e Galvani et al. (2004) sendo considerado um range de 5% - 95%, ou seja, os 5% dos maiores e menores valores da série são considerados outliers (TRIOLA, 2004).

A distribuição comportou os intervalos considerados como super secos, entre o menor outliers e valor mínimo; secos, entre o valor mínimo e 1º quartil; normais, entre 1º e 3º quartil; úmidos, entre o 3º quartil e valor máximo; e super úmidos, do valor máximo ao maior outliers (tabela 1).

Tabela 1 - Classes de Intensidade dos “anos-padrão” para chuvas conforme técnica do *Box plot*.

<b>Classificação</b>	<b>Precipitação mensal (mm)</b>
Super seco	5% menores da série
Secos	Entre Valor mínimo e 1º quartil
Normais	Entre 1º quartil e 3º quartil
Úmidos	Entre 3º quartil e Valor máximo
Super úmido	5% maiores da série

Fonte: Adaptado de Galvani, Luchiari (2004).

Na interpretação dos anos-padrão através do uso do Desvio-padrão (s) em relação à média ( $\bar{x}$ ) proposto por Sant’Anna Neto (1995), foram seguidas cinco classes de intensidade pluviométrica distribuídas em ano seco (S), tendente a seco (TS), ano habitual (H), ano tendente a chuvoso (TC) e ano chuvoso (C), seguindo a seguinte relação: ( $\leq -s$ ), ( $> \bar{x} - s$  e  $< \bar{x} - 0,5s$ ), ( $\bar{x} - 0,5s$  e  $< \bar{x} + 0,5s$ ), ( $\geq \bar{x} + 0,5s$  e  $< \bar{x} + s$ ) e ( $\geq +s$ ) (tabela 2).

Tabela 2 - Classes de Intensidade dos “anos-padrão” para chuvas - Desvio-padrão (s) em relação à média ( $\bar{x}$ ).

<b>Classificação</b>	<b>Intervalo</b>
Seco	$\leq -s$
Tendendo a seco	$> \bar{x} - s$ e $< \bar{x} - 0,5s$
Habitual	$\bar{x} - 0,5s$ e $< \bar{x} + 0,5s$
Tendente a chuvoso	$> \bar{x} + 0,5s$ e $< \bar{x} + s$
Chuvoso	$> \bar{x} + s$

Em seguida, foi implementado o método da Ponderação do Inverso das Distâncias (IDW) para as respectivas classes de intensidade para as técnicas do Box plot e Desvio-padrão (s) em relação à média ( $\bar{x}$ ), determinada pela ocorrência pluviométrica na bacia hidrográfica em cada ano estudado.

O IDW realiza a estimativa dos valores amostrados à sua volta ponderando pesos a cada um dos n postos mais próximos, assim, o peso de cada ponto é o inverso de uma função da distância, gerando mapas de ocorrências pluviométricas, conforme atribuições de Jimenez; Domecq (2008), e aplicadas com sucesso nas bacias hidrográficas do semiárido, a exemplo do Rio Apodi/Mossoró (MEDEIROS et al., 2018c) e Rio Piracuruca (SANTOS et al., 2018). Todos os dados foram manipulados e organizados em planilhas eletrônicas, software estatístico R e em ambiente digital de sistema de informação geográfica.

## RESULTADOS

### Box plot

A análise estatística permitiu verificar a irregularidade espaço-temporal da Bacia Hidrográfica do Acaraú (BHA) durante os últimos 15 anos (tabela 3). Os menores registros pluviométricos foram de 88 mm no ano de 2010 em Groaíras (Posto 52), seguido de 158 mm no de 2012 em Catunda (Posto 287) e 215,3 mm no ano de 2012 em Tamboril (Posto 141). Por outro lado, houve registro excepcional para o ano de 2009, com 2.512 mm em Meruoca (Posto 88) e no ano de 2019 para o município de Ibiapina (Posto 56), com 2.467 mm.

Tabela 3 - Valores do *Box plot* (Valor Mínimo, 1º quartil, mediana, 3º quartil e Valor Máximo) para a série de dados de precipitação da BHA no período de 2005 – 2019.

Série Histórica	Mínimo	1º quartil	Mediana	3º quartil	Máximo
2005	487,6	566,1	663	705,7	834
2006	556	739,7	834	995,5	1104,1
2007	558,7	649	729,9	843,9	1065
2008	747	915,6	1083,4	1163	1371
2009	1198	1320	1503	1708	2372
2010	375,5	467,3	594,7	715,9	1071
2011	742,3	953,1	1210	1341,1	1879
2012	215,3	321,2	385	456,4	629
2013	405,2	536,7	644,7	719	911,5
2014	390	461,8	554	606,7	767
2015	405,4	492,8	627	669,4	1074,6
2016	481,2	595,1	668,5	720,8	1043
2017	563,3	765,6	852,8	994,3	1238
2018	628,8	832,1	913,4	1043,6	1205,5
2019	772,9	990,8	1076,8	1153,9	1613

Fonte: Elaboração dos Autores.

Os intervalos do Box plot permitiram um quadro geral de toda a série (tabela 4). Do total de 420 pontos da série, 181 (43,1%) são classificados como anos pluviométricos normais, 89 (21,2%) com um padrão considerado úmido, 31 (7,4%) considerados super úmidos, 75 (17,9%) seco e 44 (10,5%) classificados como super seco.

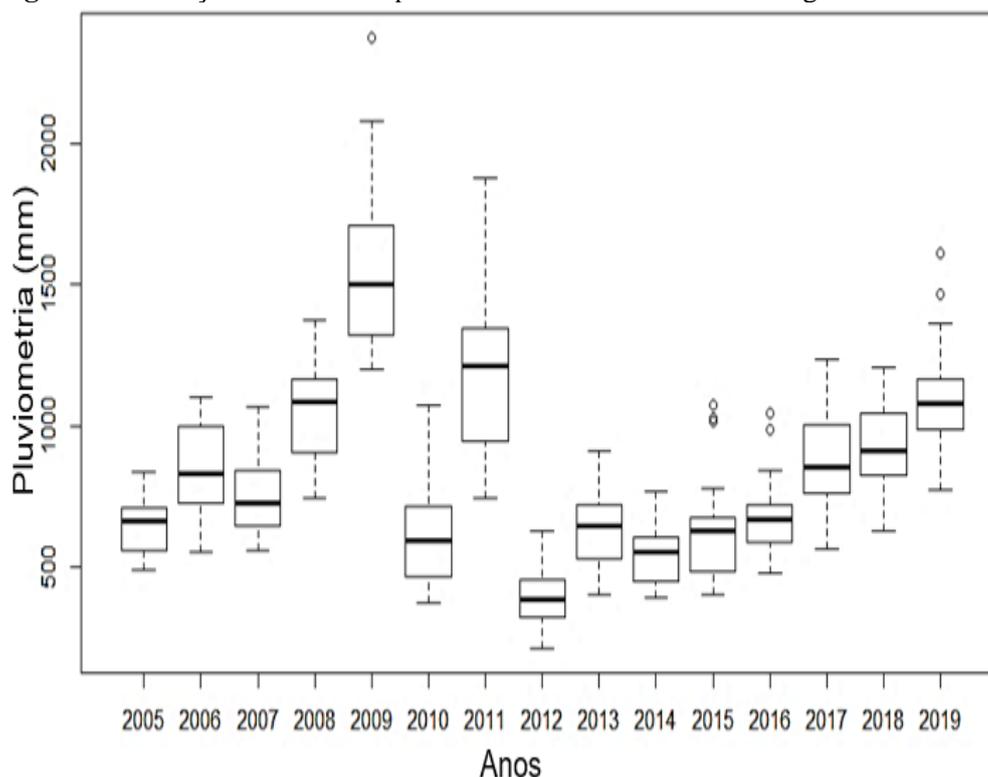
Tabela 4 - Total de amostras classificadas como super seco, seco, normal, úmido e super úmido para a série histórica de dados pluviométricos da BHA no período de 2005 – 2019.

	<b>Super seco</b>	<b>seco</b>	<b>Normal</b>	<b>Úmido</b>	<b>Super úmido</b>	<b>Total</b>
<b>Total</b>	44	75	181	89	31	420
<b>(%)</b>	10,5	17,9	43,1	21,2	7,4	100

Fonte: Elaboração dos Autores.

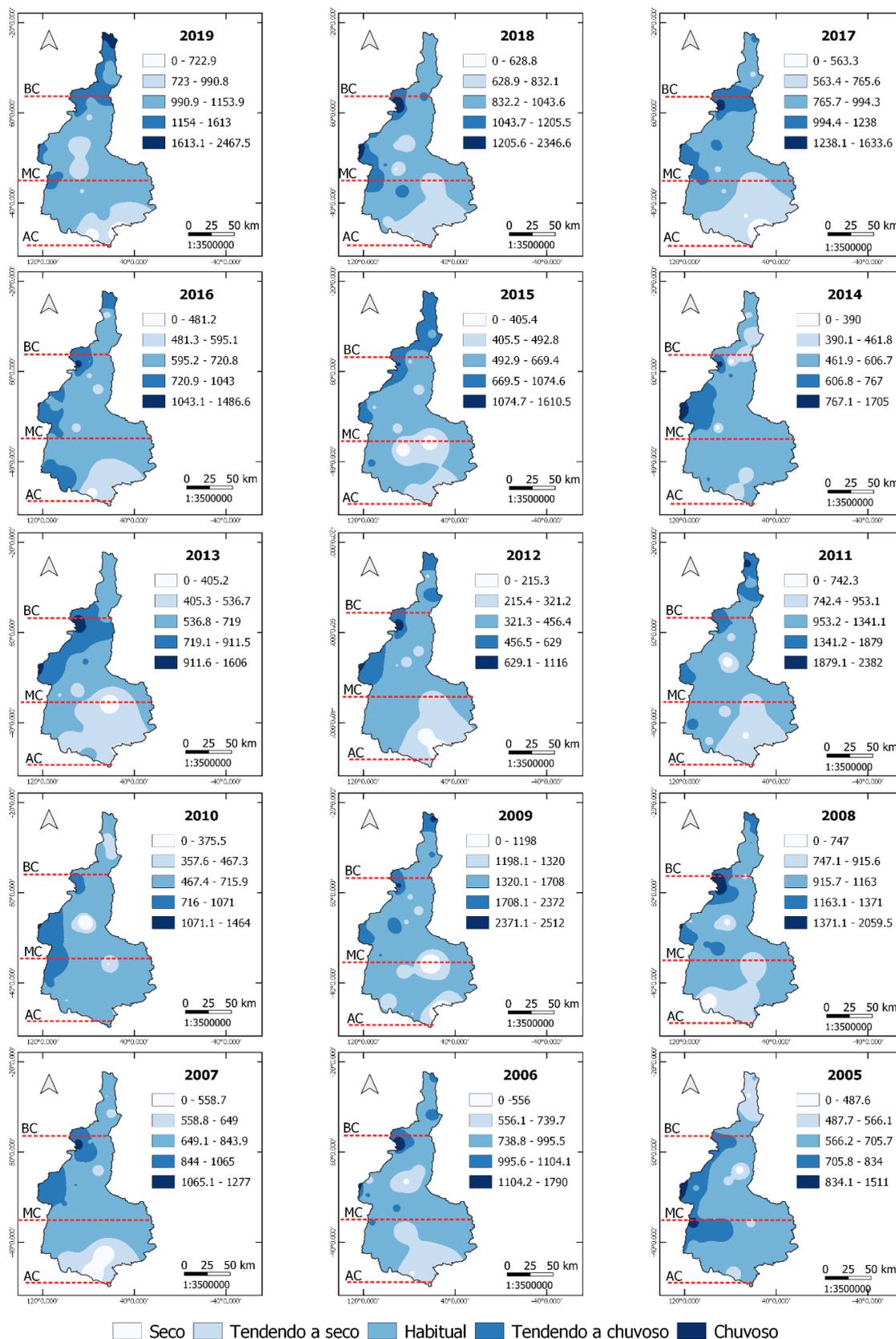
O ano de 2009 foi o mais úmido, com distribuição tendendo para o super úmido, fato que evidenciou o papel dos mecanismos dinâmicos que governam o regime de chuva na região (figura 2). Por outro lado, o ano de 2012 apresentou os menores registros gerais para a BHA.

**Figura 2** - Variação do Box-Plot para série histórica da Bacia Hidrográfica do Acaraú.



O comportamento pluviométrico desponta uma maior ocorrência de anos considerados normais na cor azul 60% na escala RGB (R115, G181, B219), ou seja, 1° e 3° quartil (figura 3). Os registros pluviométricos entre 707,1 a 922,4 mm foram predominantes na maior parte da BHA. No entanto, no Alto curso os indicadores espaciais demonstraram a ocorrência de classificação seca e normal para boa parte deste compartimento, com registros inferiores a 700mm, como observado nos anos de 2007, 2010, 2012, 2013, 2014, 2015 e 2016.

**Figura 3 - Classificação IDW dos anos-padrão conforme Box-Plot no Alto Curso (AC), Médio Curso (MC) e Baixo Curso (BC) da BHA.**



Desvio-padrão (s) em relação à média ( $\bar{x}$ )

Conforme a análise do desvio-padrão em relação à média, a bacia possui 861,9 mm de precipitação média anual na série histórica. Apresenta o desvio-padrão médio de 412,01 mm com amplitude máxima de 1867 mm e 1849 mm para os anos de 2011 e 2019, respectivamente. A análise das informações (Média, Desvio-padrão, Mínimo e Máxima) demonstra a configuração da classificação dos intervalos pluviométricos por irregular variabilidade interanual com contrastes locais acentuados, com menor índice no ano de 2010 e maior em 2019 (tabela 5).

Tabela 5 - Valores do Desvio padrão no período de 2005 – 2019.

Série Histórica	Média ( $\bar{x}$ )	Desvio-padrão (s)	Mínimo	$\bar{x} - s$	$\bar{x} - 0,5s$	$\bar{x} + 0,5s$	$\bar{x} + s$	Máximo
2005	677,1	201,5	439,2	475,6	576,3	777,8	878,5	1511
2006	869,0	267,8	499,9	601,2	735	1002,8	1136,8	1790
2007	764,7	199,6	443	565,1	664,9	864,5	964,3	1277
2008	1090,1	325,6	597,6	764,6	927,3	870,6	1415,7	2059,5
2009	1581,1	409,9	954,3	1171,2	1376,1	1786	1991	2512
2010	641,0	275,0	89	366	503,4	778,4	916	1464
2011	1211,1	417,1	515	794	1002,5	1419,6	1628,1	2382
2012	423,6	202,2	158	221,5	322,5	524,7	625,8	1116
2013	675,2	269,4	251,8	405,8	540,4	809,8	944,5	1606
2014	582,5	253,2	353,7	390	455,9	582,5	835,8	1705
2015	664,7	281,9	314	382,8	523,7	805,6	946,7	1610,5
2016	708,5	232,5	449,6	475,9	592,1	824,7	941	1486,6
2017	904,5	264,5	409	640	772,2	1036,7	1169,1	1633,6
2018	975,9	344,6	614	631,3	803,5	1148,2	1320,5	2346,6
2019	1159,6	405,0	618,2	754,6	957	1362,1	1564,6	2467,5

Fonte: Elaboração dos Autores.

Dessa forma, com intuito de ponderar a instabilidade pluviométrica para cada município de influência da bacia, a síntese do total quantitativo a partir das classes com magnitudes do desvio padrão em relação à média, apresentou 46,43% postos pluviométricos classificados dos com precipitações habituais. Porém, uma ocorre maior predisposição espacial para níveis secos, quando comparados aos chuvosos (tabela 6).

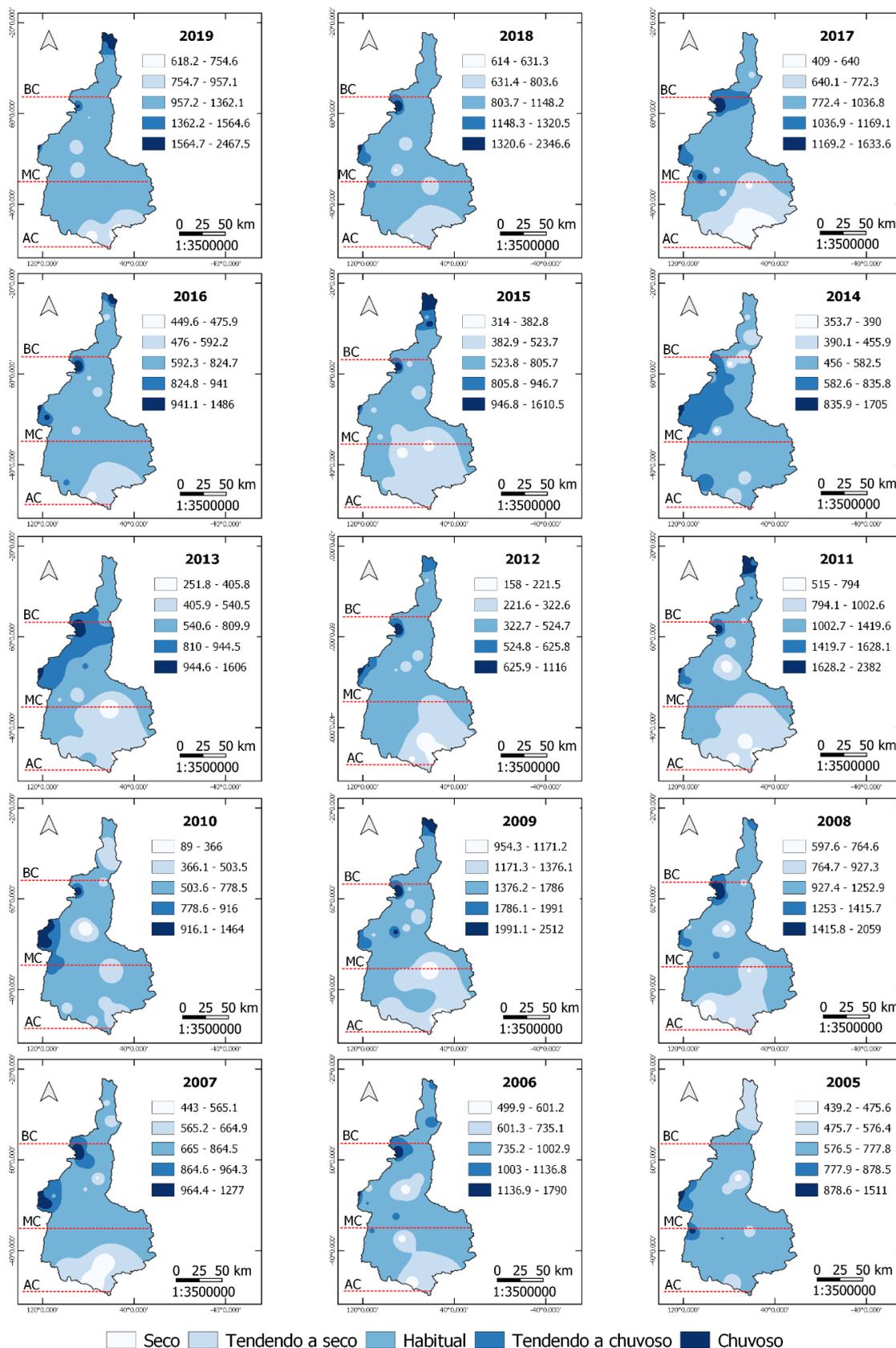
Tabela 6 - Total de amostras classificadas como seco, tendendo a seco, habitual, tendendo a chuvoso e chuvoso, para a série histórica de dados pluviométricos da BHA no período de 2005 – 2019.

	Seco	Tendendo a seco	Habitual	Tendendo a chuvoso	Chuvoso	Total
<b>Total</b>	40	94	495	47	44	420
<b>(%)</b>	9,52	22,38	46,43	11,19	10,48	100

Fonte: Elaboração dos Autores.

Assim, a configuração espacial da média de precipitação anual demonstra a incidência de anos normais concentrados na porção central da bacia; seco e tendendo a seco na direção Sul-Sudoeste; a conjunção tendendo a chuvoso – chuvoso no Norte (próximo da região costeira) e nas áreas com maiores altitudes da porção Oeste da BHA (figura 4).

Figura 4 - Classificação IDW dos anos-padrão conforme Desvio-padrão (s) em relação à média ( $\bar{x}$ ) no Alto Curso (AC), Médio Curso (MC) e Baixo Curso (BC) da BHA.



Foram constatados alguns anos anômalos para registros máximos pluviométricos. Em 2009 a ocorrência de chuvas acima da média histórica, decorreu da situação fraca a moderada do El Niño coincidindo ao término do evento La Niña moderado em 2008 (SILVA et al., 2017).

Nesse sentido, as chuvas decorreram da condição de resfriamento da superfície do mar no Oceano Pacífico Leste associadas à atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e à formação de Linhas de Instabilidade (LI's) concomitantemente, com Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis (VCAN) (LYRA et al., 2018).

Por outro lado, níveis anômalos inferiores à média consistiram para a BHA. O ano de 2012 apresentou tendência pluviométrica inferior à média para quase todos os compartimentos da bacia. Para este ano, as anomalias da temperatura da superfície do mar nas regiões do Atlântico Norte e Sul comprometeram o desenvolvimento de sistemas sinóticos que modularam as chuvas no setor (INFOCLIMA, 2012).

Embora das tendências inferiores à média nos anos de 2012 e 2014, foi constatado o efeito orográfico no extremo oeste da BHA, visto que nas áreas elevadas permaneceu a tendência super úmida (Box Plot) e chuvosa (Desvio-padrão). Esta é uma condição semelhante da identificada por Medeiros et al., (2018c) na Bacia Hidrográfica do Rio Apodi/Mossoró (RN), e já constatadas no Estado do Ceará por Mateus et al. (2015).

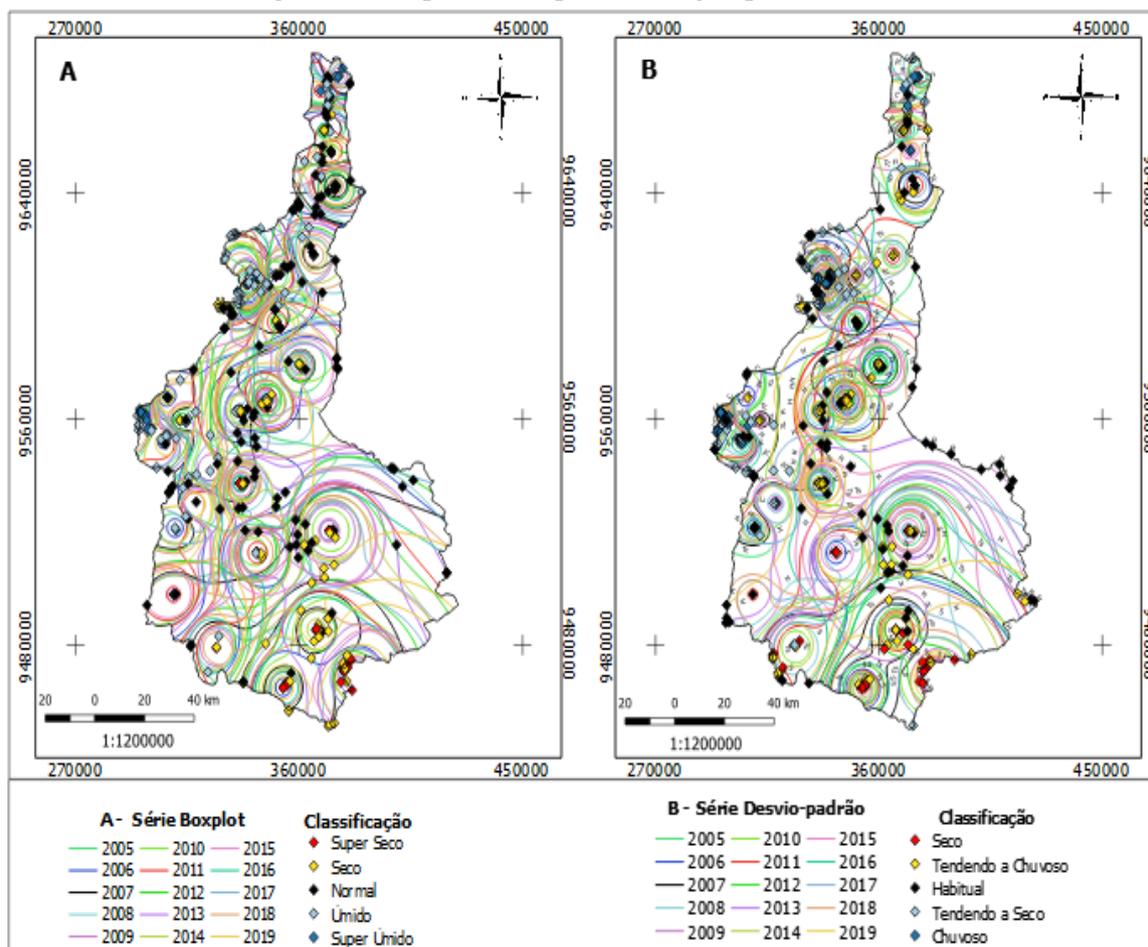
Os fluxos de umidade próximos à área costeira repercutiram para classificações pluviométricas das mais elevadas da BHA, atestando com a dinâmica dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) na região Nordeste do Brasil (NEB) analisado por Lyra e Freitas (2019).

As áreas classificadas por Super Seco (Box Plot) e Seco (Desvio-padrão) estão concentradas no extremo sul da bacia (figura 5), confirmando a tendência detectada pelas diferentes metodologias, cujo Desvio-padrão identifica um maior número de pontos classificados como seco. Observa-se que esta área considera relevos residuais com cotas superiores a 700 m que não possuem pontos de monitoramento pluviométrico.

As concentrações normais (Box plot) e habitual (desvio-padrão) estão distribuídas de modo similar ao longo do percurso do Rio Acaraú. No entanto, no médio curso as variações interanuais em torno da média deferem à instabilidade pluviométrica do semiárido nas áreas depressivas do Nordeste brasileiro.

Nesse sentido, infere-se para com as condições climáticas descritas por Silva et al., (2020), quanto a demanda evaporativa costuma ser maior do que a própria precipitação, podendo resultar no déficit hídrico desta parte da bacia (SANTOS et al., 2018).

Figura 5 - Mapa de compartimentação pluviométrica



Fonte: elaborado pelos autores

## CONCLUSÕES

A metodologia adotada mostrou-se capaz de diferenciar os períodos de pluviometria atípica e normal. Assim, essas condições admitem que na BHA mesmo que possa manter o regime de instabilidade intercalando padrões de estiagem e eventos excepcionais esporádicos, prepondera o nível médio entre 707,1 a 922,4mm. As concentrações pluviométricas corroboram os indicadores climáticos de semiaridez, e pontualmente de áreas subúmidas.

A BHA está quase em sua totalidade no ambiente semiárido, com maiores variações pluviométricas no médio curso, embora também seja o compartimento da maior concentração normal de chuvas. A Sul-Sudeste, entre o Alto e Médio Curso, apresentou-se como a que possui maior incidência da seca. Por outro lado, as chuvas podem superar 1.100mm/ano nas áreas litorâneas e de relevo acima da cota de 600 m. Portanto, os critérios de classificação suprimem qualquer passionalidade, considerando apenas as características regional, sazonal e os níveis pluviométricos da bacia.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME pela disponibilidade de dados de acesso livre e a Coordenação de Aperfeiçoamento

de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela ajuda financeira mediante a bolsa de estudos, de suma importância e contribuição nos estudos da segunda autora do presente artigo.

## REFERÊNCIAS

ALVES, M.F.A.; ALVES, L.R.A.; SARMENTO, E.B.; LIMA, G.A.; CRISPIM, D.L. Análise da precipitação pluvial de Pombal – PB relacionada com sistemas atmosféricos atuantes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, p. 169-175, 2015.

AOUAD, M. S. **Tentativa de classificação climática para o Estado da Bahia: uma análise quantitativa dos atributos locais, associada à análise qualitativa do processo genético**. Rio de Janeiro: IBGE, 80p., 1982.

ASSIS, J. M. O.; SOUZA, W. M.; SOBRAL, M. C. Análise climática da precipitação no submédio da bacia do Rio São Francisco com base no índice de anomalia de chuva. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, p. 115-127, 2015.

BARROS, Juliana Ramalho. **A chuva no Distrito Federal: o regime e as excepcionalidades do ritmo**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

BASTOS, F. H.; CORDEIRO, A.M.N. Fatores naturais na evolução das paisagens no semiárido brasileiro: uma abordagem geral. **Rev. Geonorte**, ed. especial, v.2, p. 464-476, 2012.

BOIN, Marcos Norberto. **Chuvas e erosões no oeste paulista: uma análise climatológica aplicada**. 2000. 264 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, 2000.

CEARÁ. 2016. **Relatório de diagnóstico ambiental da bacia do Acaraú. Elaboração do Plano de Segurança Hídrica das bacias Hidrográficas Estratégicas do Acaraú, Metropolitanas e da Sub Bacia do Salgado**. 2000. COGERH, Fortaleza. Disponível em: <<https://portal.cogerh.com.br/wpcontent/uploads/2018/10/Relatorio%20Diagnostico%20Ambienta%20da%20Bacia%20do%20Acarau.pdf>>. Acesso em: 14 de agosto de 2020.

COSTA, L. R.; GOMES, B. H.; SILVA, S. D. F.; JUNIOR, R. L. R.; SILVA, S. C. G.; ROMAO, O. M. W. Tendências em índices extremos de precipitação em Cabeceiras (PB) para períodos distintos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 01, p. 271 – 285, 2020.

DEUS, B. V.; ZEILHOFER, P.; ARAUJO, G. C.; SANTOS, A. S. L. 2010. Interpolação pluviométrica na Bacia do Alto e Médio Rio Teles Pires: uma análise de séries históricas e interpoladores. In: **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias de Geoinformação**, Recife, 2010.

DUBREUIL, V.; MEROT, P.; DELAHAYE, D.; DESNOS, P. **Changement climatique dans l’Ouest**. Rennes: Presses Universitaires de Rennes, 2012.

GALVANI E., LUCHIARI A. 2004. Critérios para classificação de anos com regime pluviométrico normal, seco e úmido. Aracajú **VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, p. 20-29, 2004.

GUANDIQUE, M. E. G., MORAIS, L. C. 2015. Estudo de variáveis hidrológicas e do balanço hídrico em bacias hidrográficas. In: POMPÊO, M., MOSCHINI-CARLOS, V., NISHIMURA P. Y., DA SILVA, S. C., DOVAL, J. C. L. (Org.). **Ecologia de reservatórios e interfaces**. São Paulo: Universidade de São Paulo, p. 434-447, 2015.

GURJÃO, C. D. S.; CORREIA, M. F.; CHAVES FILHO, J. B.; ARAGÃO, R. S. Influência do Enos (El Niño-Oscilação Sul) no regime hidrológico do Rio São Francisco: uma análise em regiões com fortes pressões antrópicas. **Ver. Bras. de Geografia Física**, p. 774-790, 2012.

INFOCLIMA. 2009. **Boletim de informações climáticas**, CPTEC/INPE. Nº. 03 Ano 16. Disponível em: ><http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/infoclima/><. Acesso em: 15/07/2020.

INFOCLIMA. 2012. **Boletim de informações climáticas**, CPTEC/INPE. Nº. 04 Ano 19. Disponível em: ><http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/infoclima/>< consultado em 15/07/2020.

JIMENEZ, K. Q.; DOMEQ, F. M. **Estimação de chuva usando métodos de interpolação**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p.16, 2008.

KÖPPEN, W. 1931. **Grundriss der klimakunde**. Berlin: W. Guyter, 44p.

LIMA, G. C. M.; SANTOS, M. E. T.; COSTA, O. S. V.; LIMA, S. E. C.; REIS, V. J.; SOUZA, M. W. 2019. Avaliação do padrão hidroclimático e da erosividade no sertão de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 05, p. 1757 – 1769.

LYRA, M. J. A., FREITAS, I. G. F. Desenvolvimento dos complexos convectivos de Mesoescala no Nordeste Brasileiro em 2017. **Rev. Brasileira de Geo. Física**, v. 06, n. 06, p. 2152 – 2162, 2019.

LYRA, M.J.A.; CAVALCANTE, L.C.V.; FEDOROVA, N.; LEVIT, V. Complexos Convectivos de Mesoescala sobre o Nordeste do Brasil e Fenômenos Adversos Associados. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, p. 309-313, 2018.

MATEUS, A. E., SILVA, F. D., COSTA, M. I., LOPES, F. R. J. Perspectivas em variáveis meteorológicas para o Estado do Ceará. **Rev. Brasileira de Geo. Física**, v. 08, n. 05, p. 1383 – 1392, 2015.

MEDEIROS, D. H. M.; CAVALCANTE, A. A.; PINHEIRO, L. S.; DE MEDEIROS ROCHA, R. Variação longitudinal da salinidade do estuário hipersalino do Rio Apodi/Mossoró (Rio Grande do Norte, Brasil). **Rev. Bras. de Geografia Física**, v. 11, n. 03, p. 850 – 863, 2018a.

\_\_\_\_\_, D. H. M.; PINHEIRO, L. S.; MEDEIROS, J. P. O.; DE MEDEIROS ROCHA, R. Condicionantes geomorfológicas e hidroclimáticas para hipersalinização em sistemas lacustres costeiros do semiárido brasileiro. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 35, n. 3, 2018b.

MONTEIRO, C. A. F. **A dinâmica climática e as chuvas do estado de São Paulo: estudo geográfico sob forma de atlas**. São Paulo: IGEOG, 1973.

MORAIS, J.O.; PINHEIRO, L.S. Rochas e Minerais Industriais do Mar e em Zonas Costeiras. In: Vidal, F.W.H.; Branco, F.A.C.; Souza, J.F.; Matos, I.C.; Roberto, F.A.C. (Org.). **Rochas e Minerais Industriais do Estado do Ceará**. Realce, Fortaleza/CE, v. 1, p. 148-161, 2005.

NASCIMENTO JUNIOR, L.; RODRIGUES, M. S.; DUBREUIL, V.; SANTA'ANNA NETO, J. L. 2013. Rupturas e tendências em séries históricas no Paraná. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, n.15, Vitória. **Anais [...]**, Vitória, p. 298-307, 2013.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 1. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

PESSOA, P. R. S. **Análise integrada da evolução da paisagem no estuário do rio Acaraú**. 2015. 135f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2015.

RODRIGUES, J. O.; ANDRADE, E. M.; MENDONÇA, L. A. R.; ARAÚJO, J. C.; PALÁCIO, H.A.Q.; ARAÚJO, E. M. Respostas hidrológicas em pequenas bacias na região semiárida em função do uso do solo. **Rev. Bras. de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p. 312-318, 2013.

SANT'ANNA NETO, J. L. **As chuvas no estado de São Paulo: contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica**. 1995. Tese (Doutorado em Geografia) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

SANTOS, A. F.; MENDES, S. M. L.; CRUZ, B. L. M. Análise do índice de aridez da bacia hidrográfica do rio Piracuruca – Ceará – Piauí, Nordeste do Brasil. **Geosul**, Florianópolis, v. 33, n. 67, p. 181 – 199, mai./ago, 2018.

SCHNEIDER, H.; SILVA, C. A.; SANTOS, V. A. A escolha de anos padrão como base para identificação do regime das chuvas na porção centro sul de Mato Grosso do Sul. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v. 1, n. 5, p. 262-270, 2012.

SILVA, D. F.; LIMA, M. J. S.; NETO, P. F. S.; GOMES, H. B.; SILVA, F. B. S.; ALMEIDA, H. R. R. C.; PEREIRA, M. P. S.; COSTA, R. L. Caracterização de eventos extremos e de suas causas climáticas com base no Índice Padronizado de Precipitação para o leste do nordeste. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 02, p. 449 – 464, 2020.

SILVA, J. L. B.; MOURA, G. B. A.; SILVA, M. V.; GUEDES, R. V. S.; LOPES, P. M. O.; SILVA, E. F. F.; VASCONCELOS, R. S.; FRANCILINO, A. H. Inferência exploratória de dados espaço – temporal da precipitação pluviométrica no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 05, p. 2019 – 2036, 2020.

SILVA, R. A., SANTOS, S. T., QUEIROZ, E. D., GUSMÃO, O. M., SILVA, F. G. T. Variações no índice de anomalia de chuva no semiárido. **Journal of environmental analysis and progress**, v. 02, n. 04, p. 377 – 384, 2017.

SILVA, V. de P. R. da. On climate variability in Northeast of Brazil. **Journal of Arid Environments**, v.58, p.574-596, 2004.

SILVESTRE, M.R.; SANT'ANNA NETO, J.L.; FLORES, E.F. Critérios estatísticos para definir anos padrão: uma contribuição à Climatologia Geográfica, **Revista Formação**, n.20, v.2, 2013.

SOUZA, J. L. M.; GOMES, S. Limites na utilização de um modelo de balanço hídrico decendial em função da capacidade de água disponível no solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 153-163, 2008.

SOUZA, M.J.N; OLIVEIRA, V.P.V. Os enclaves úmidos e sub-úmidos do semi-árido do Nordeste Brasileiro. **Mercator**, n. 9, 2006.

TAVARES, A. C. Critérios de escolha de anos padrão para análise rítmica. **Geografia**, Rio Claro, v. 1, n. 1, p. 79-87, 1976.

TOLEDO, G. L.; OVALLE, I. I. Estatística Básica. 2. ed. São Paulo: **Atlas**, 1982.

UVO, C.R. B. et al. Regionalization and Spatial Properties of Ceará State Rainfall in Northeast Brazil. **J. Geoph. Res.**, vol. 101, no. D2, 4221-4233, 1996.

XAVIER, R. A.; MACIEL, J. S.; SILVA, V. M. A. Análise espacial das chuvas na bacia do rio Taperoá, Região Semiárida da Paraíba. **Rev. Bras. de Geografia Física**, p. 1357-1369, 2016.

ZAVATTINI, J. A. **A Dinâmica Atmosférica e a distribuição das chuvas no Mato Grosso do Sul**. 1990. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

Artigo recebido em setembro/2022 - Artigo aceito em dezembro/2022