Revista Brasileira de Climatologia
ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

ANÁLISE DA VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO RECÔNCAVO SUL (BA)

SOUZA, Tailan Santos de – tailan_santoss@hotmail.com
Universidade Estadual de Feira de Santana / UEFS

NASCIMENTO, Patrícia dos Santos – patysnasc@gmail.com
Universidade Estadual de Feira de Santana / UEFS

Submetido em: 05/08/2019
Aceito para publicação em: 22/06/2020
Publicado em: 10/07/2020
DOI: http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v27i0.68353

RESUMO: Estudar a variação da precipitação espaço-temporalmente contribui para tomada de decisões, cada vez mais essencial no planejamento dos recursos hídricos, em termos de utilização e disponibilidade. O presente estudo teve como objetivo analisar a variabilidade espacial e temporal da precipitação pluviométrica na região hidrográfica do Recôncavo Sul. Esta região localiza-se no centro-leste do estado da Bahia e possui uma área de, aproximadamente, 16990 km². A partir da série histórica de 1985 a 2010, os dados anuais de precipitação foram organizados e divididos em dez intervalos de classes, definidos pela Regra de Sturges. Foram elaboradas isolinhas para cada ano estudado e uma planilha cromática, que indicou os anos-padrão. Para esses anos específicos, foi realizada uma análise sazonal através de espacialização pluviométrica. Os anos de 1999, 1993 e 1997 foram escolhidos como, respectivamente, padrão chuvoso, seco e habitual. O padrão das chuvas na região é definido pelo o aumento dos índices pluviométricos no sentido oeste-leste. As estações do verão e outono foram consideradas como período chuvoso, enquanto o inverno e a primavera como período seco. Nos anos extremos, as chuvas foram bem distribuídas durante o ano, enquanto no ano-padrão habitual, elas se concentraram no período chuvoso.

PALAVRAS-CHAVE: Chuvas; Mapas de Isolinhas; Ano-Padrão; Variabilidade Sazonal.

ANALYSIS OF THE VARIABILITY SPATIAL AND TEMPORAL OF THE PLUVIOMETRIC PRECIPITATION IN THE RECÔNCAVO SUL HYDROGRAPHIC REGION (BA)

ABSTRACT: Study the variation of rainfall in the space-time contributes to decision making, increasingly essential in water resource planning, in terms of utilization and availability. The present study had as objective to analyze the spatial and temporal variability of the rainfall in the Recôncavo Sul hydrographic region. This region is located in the center-east of the state of Bahia and has an area of, approximately, 16990 km². From the historical serie from 1985 to 2010, the annual rainfall data were organized and divided into ten class intervals, defined by the Sturges Rule. Were elaborated isolines for each year studied and a chromatic spreadsheet, which indicated the standard-years. For those specific years, a seasonal analysis was carried out through rainfall spatialization. The years 1999, 1993 and 1997 were chosen as, respectively, rainy, dry and habitual standard. The pattern of rainfall in the region is defined by the increase in pluviometric indices in the west-east direction. The seasons of summer and fall were considered as rainy period, while the winter and spring as dry period. In the extreme years, the rains were well distributed during the year, while in the habitual standard-year, they were concentrated in the rainy period.

KEYWORDS: Rainfall; Maps of Isolines; Standard-Year; Seasonal Variation.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

ANÁLISIS DE VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIOMÉTRICA EN LA REGIÓN HIDROGRÁFICA DEL RECÔNCAVO SUL (BA)

RESUMEN: Estudiar la variación espacial y temporal de la precipitación contribuye a toma de decisiones, cada vez más esencial en la planificación de los recursos hídricos, en términos de utilización y disponibilidad. El presente estudio tuvo como objetivo analizar la variabilidad espacial y temporal de la precipitación pluviométrica en la región hidrográfica de Recôncavo Sul. Esta región se encuentra en el centro este del estado de Bahía y tiene un área de aproximadamente 16990 km². A partir de la serie histórica de 1985 a 2010, los datos de precipitación anual se organizaron y dividieron en diez intervalos de clase, definidos por la Regla de Sturges. Se elaboraron isolinas para cada año estudiado y una hoja de trabajo cromática, que indica los años-estándar. Para esos años específicos, se realizó un análisis estacional a través de la espacialización de la lluvia. Los años 1999, 1993 y 1997 fueron elegidos como, respectivamente, patrón lluvioso, seco y habitual. El patrón de lluvia en la región se define por el aumento de los índices pluviométricos en la dirección oeste-este. Las temporadas de verano y otoño se consideraron como período de lluvias, mientras que el invierno y la primavera como período seco. En los años extremos, las lluvias se distribuyeron bien durante el año, mientras en el año-estándar habitual, se concentraron en la estación lluviosa.

PALABRAS CLAVE: Lluvias; Mapas de Isolinas; Año-Estándar; Variabilidad Estacional.

INTRODUÇÃO

A precipitação é a principal forma de entrada da água no ciclo hidrológico terrestre, além de ser um elemento fundamental para descrever as características climáticas de uma região, servindo como base para a maioria dos estudos em Hidrologia, ciência que estuda e se preocupa com a dinâmica da água na Terra (CHIARANDA et al., 2012). Segundo Depiné et al. (2014), os dados pluviométricos são instrumentos essenciais para o planejamento estratégico e para a gestão dos recursos hídricos. A caracterização da variabilidade temporal e espacial das precipitações é imprescindível para quantificar adequadamente os efeitos ocasionados por eventos extremos.

A pluviosidade é um fenômeno natural que apresenta flutuações temporais significativas (FERREIRA, 2012). A compreensão dessas oscilações pode ser obtida através da abordagem da Climatologia Dinâmica (OGASHAWARA, 2012; SOUZA; SANCHES; SANTOS, 2018). No Brasil, essa área do conhecimento foi estabelecida por Monteiro (1971) e visa relacionar as variáveis meteorológicas com a dinâmica da atmosfera terrestre. Esse autor instituiu a metodologia dos anos-padrão, que busca identificar o ritmo habitual de elementos climáticos, bem como suas irregularidades rítmicas dentro das séries históricas.

Alguns estudos demonstram a diversidade da aplicação de tal metodologia em todo o país, independentemente das diferentes tipologias climáticas. Simioni et al. (2014) apontaram uma larga variabilidade temporal e espacial das chuvas, principalmente na escala sazonal, em uma bacia hidrográfica no Rio Grande do Sul. Nascimento, Souza Neto e Nunes (2015), para o estado de Goiás, determinaram o percentual de alcance da característica referente ao ano-padrão (seca, habitual ou chuvosa). Aleixo e Silva Neto (2019) apontaram tendências de diminuição da precipitação a partir da maior presença, na última década, de anos-padrão secos e tendentes a secos na região do Médio Solimões, Amazonas.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Concomitante à variabilidade temporal, a escala espacial refere-se à existência de heterogeneidade pluviométrica entre pontos distintos, dada a relevância da diferença das características pluviais entre locais que possuem uma distância pequena entre si. Segundo Santos, Griebeler e Oliveira (2011), a variabilidade espacial observada nas precipitações é influenciada principalmente pela localização geográfica, altitude, distância de fontes de umidade, temperatura, direção e intensidade dos ventos.

O cenário de mudanças climáticas introduz a necessidade da compreensão dos fenômenos extremos, de secas prolongadas ou de chuvas intensas, pois a população sente diretamente os impactos desses eventos, através da escassez de água, de inundações, enchentes ou deslizamentos de terra (CARMELLO; SANT'ANNA NETO, 2015; GIULIO et al., 2019). Segundo Muthoni et al. (2018), a interpretação dos padrões espaço-temporais da variabilidade pluviométrica é o passo fundamental para novos projetos, visando estratégias adaptativas adequadas. Dessa forma, os órgãos competentes poderão adotar práticas que garantam a manutenção da demanda e oferta de água para população (SCHMIDT; LIMA; JESUS, 2018).

Souza, Nogueira e Nogueira (2017) afirmam a importância de se aprofundar o conhecimento em relação à variabilidade interanual e sazonal da precipitação no Nordeste do Brasil (NEB), para que sejam definidas políticas públicas voltadas para manutenção e preservação dos recursos hídricos. A região hidrográfica do Recôncavo Sul é marcada por uma zona de transição notável entre biomas distintos, que evidencia uma alta diversidade climática. O presente estudo foi pautado na observação do regime pluviométrico, com a intenção de interpretar as variações pluviais dessa região, que é parcialmente afetada pelas secas, devido ao clima semiárido numa de suas porções.

A definição feita para os períodos habituais e excepcionais de precipitação constitui o passo inicial para a análise das características, variabilidades e origens de outras condicionantes climáticas, em consonância com o que é preconizado pela Climatologia Dinâmica (NASCIMENTO; SOUZA NETO; NUNES, 2015). A análise de variáveis climatológicas, nas escalas temporal e espacial, contribui significativamente para a investigação da alta diversidade climática local, que impacta diretamente a disponibilidade hídrica e a maioria das atividades antrópicas, como a produtividade agrícola (SILVA; REBOITA, 2013).

O objetivo dessa pesquisa foi analisar a variabilidade espacial e temporal da precipitação pluviométrica na região hidrográfica do Recôncavo Sul - BA, a partir da identificação e do mapeamento dos anos-padrão para os regimes pluviométricos habitual e excepcionais, apontando a sazonalidade pluvial da região.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo desta pesquisa é a Região Hidrográfica do Recôncavo Sul, no estado da Bahia, incluída na Região Hidrográfica Nacional do Atlântico Leste. Segundo o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA, 2017), a região ocupa uma área total de 16 990 km², que representa cerca de 3 % do estado. A população total do Recôncavo Sul, levando em consideração os

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

municípios que a integram, é de 1 196 339 habitantes, sendo que os municípios mais populosos, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), são: Santo Antônio de Jesus (90 985 habitantes), Valença (88 673 habitantes), Cruz das Almas (58 606 habitantes) e Jaguaquara (51 011 habitantes). A Figura 1 ilustra a localização da área de estudo no estado da Bahia. De acordo com o INEMA (2017), a região hidrográfica do Recôncavo Sul possui clima semiárido na faixa de transição entre a Mata Atlântica e a Caatinga e clima úmido nos municípios mais próximos à linha da costa.

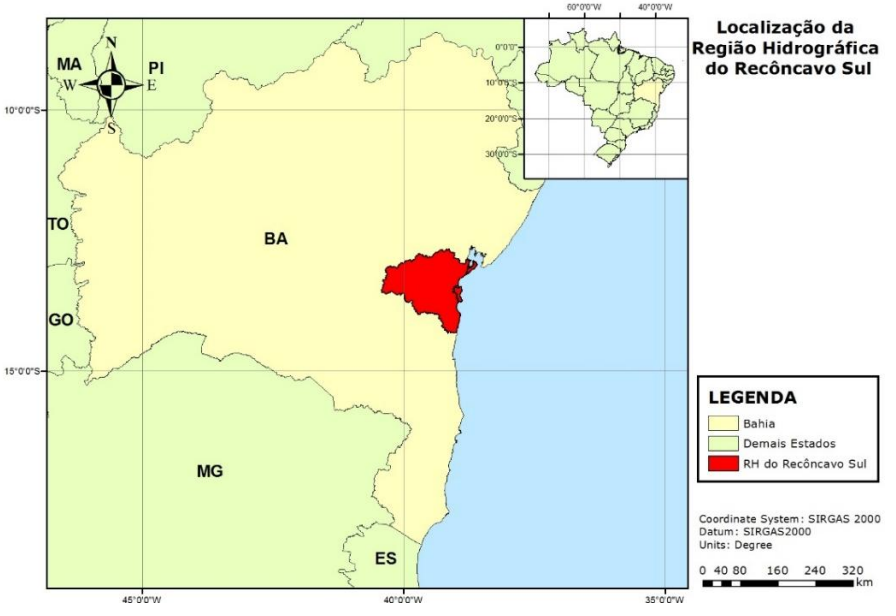


Figura 1 - Localização Geográfica da Região Hidrográfica do Recôncavo Sul. Fonte: Autores, 2019.

DADOS COLETADOS

Os dados utilizados nesse estudo foram disponibilizados pelo HidroWeb, da Agência Nacional de Águas - ANA e pelo Banco de Dados de Recursos Hídricos - BDRH, do INEMA. Tais dados compreendem séries históricas (diárias e mensais) de precipitação, coletadas por postos pluviométricos distribuídos espacialmente na região hidrográfica ou em seu entorno. Do total de 59 municípios abrangidos pelo Recôncavo Sul, 15 foram objetos desse estudo. A Figura 2 apresenta a localização dos postos pluviométricos de acordo com o município ao qual pertencem e como eles estão distribuídos na região.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

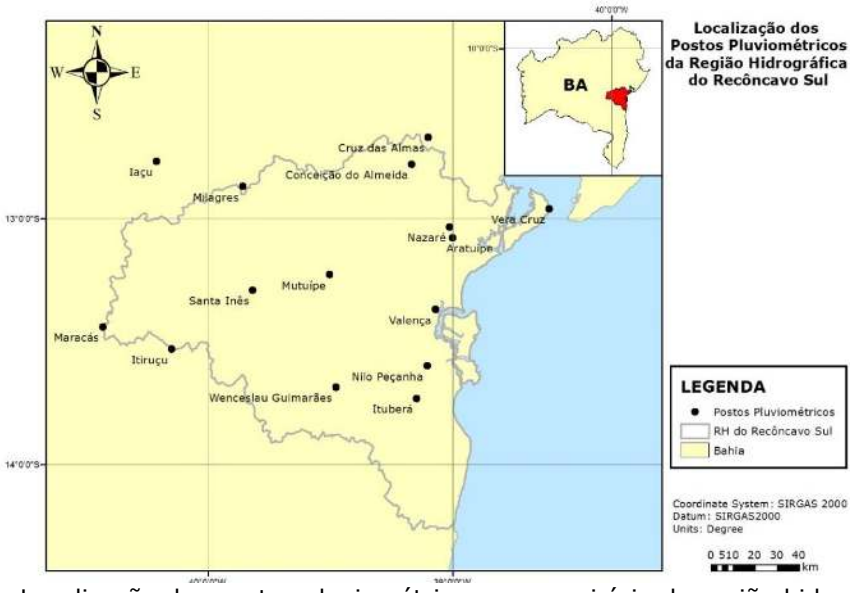


Figura 2 - Localização dos postos pluviométricos por município da região hidrográfica do Recôncavo Sul. Fonte: Autores, 2019.

A partir da rede de postos inseridos no Recôncavo Sul, a série de dados pluviométricos para a análise da distribuição espacial e temporal da precipitação foi escolhida adotando-se um período de 26 anos, representados pelos valores totais mensais entre janeiro de 1985 e dezembro de 2010, muito em virtude da disponibilidade dessas informações.

As eventuais falhas na série histórica foram preenchidas através da interpolação por krigagem, metodologia que considera o valor máximo da correlação espacial do parâmetro a ser estimado a partir da função do semivariograma (LANDIM, 2000). Wanderley, Amorim e Carvalho (2012) atestaram a eficácia da krigagem para estimar a precipitação em locais que apresentam falhas em seu banco de dados.

A partir da série histórica, a variabilidade temporal foi avaliada com base na análise estatística descritiva básica para os valores totais anuais de precipitação, através da média aritmética e do boxplot, gráfico que apresenta as medidas de valor mínimo, valor máximo, mediana e quartis. A definição dos anos-padrão foi auxiliada pela equação de Sturges, método estatístico utilizado para definir o número de classes em uma série de dados (CHIERICE; LANDIM, 2014). Essa avaliação inicial proporcionou a determinação dos possíveis anos característicos, que devem representar três situações distintas: o ano habitual, cujas características pluviais são médias dentro da série; o ano de baixa ocorrência; e o ano de alta ocorrência de precipitação.

Silva (1980) considerou a equação de Sturges eficiente na aplicação em estudos cuja metodologia englobava a seleção de intervalos de classes para mapeamento. Essa equação foi usada para apontar os anos-padrão e a variabilidade sazonal de diferentes regiões hidrográficas por Chierice e Landim (2014), Baratto e Wollmann (2018) e Christofoletti et al. (2019). Sendo k o número de classes e N o número de elementos da série, a determinação do número ideal de intervalos de classe é feita através da fórmula:

$$k = 1 + 3{,}33 \times \log N \qquad \text{Eq. 1}$$

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Aplicando-se a equação de Sturges para a série analisada chegou-se ao número de dez classes. A amplitude dos intervalos de classes foi obtida pela divisão da amplitude total de variação (2887,4 mm) pelo número de classes (10), chegando-se a um intervalo de classe de amplitude igual a 289 mm. Cada intervalo foi associado a uma escala cromática, que representa as características pluviais dessa maneira: anos chuvosos (escala de cores azuis); anos habituais (escala de cores verdes) e os anos secos (cores vermelha e amarela).

Conforme indicam Fontão e Zavattini (2019), para complementar a determinação dos anos-padrão, foram construídos mapas de isolinhas ou isoietas, investigados qualitativamente a partir da distribuição e do predomínio das classes de precipitação, o que tornou possível a análise da variabilidade pluviométrica espacial no Recôncavo Sul. Para cada ano do período de 1985 a 2010, utilizou-se o método de interpolação do inverso do quadrado da distância, com o auxílio do programa ArcGIS, versão 10.5, 2016.

Também foi analisada a distribuição sazonal das chuvas na região hidrográfica, sendo elaboradas novas isoietas para cada uma das estações climáticas dos anos-padrão. Levou-se em consideração o ano civil e as estações climáticas, conforme adotado por Chechi e Sanches (2013) e por Chierice e Landim (2014): verão (janeiro, fevereiro e março); outono (abril, maio e junho); inverno (julho, agosto e setembro) e primavera (outubro, novembro e dezembro).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ESTATÍSTICA DESCRITIVA

O boxplot representativo da análise estatística descritiva e a média aritmética do conjunto de dados estão apresentados na Figura 3. A média da precipitação dos municípios do Recôncavo Sul, cujos postos pluviométricos foram avaliados, foi de 1282 mm, sendo que o conjunto de dados totais anuais apresentou uma variação de 150 mm a 3038 mm, o que pode ser explicado pela grande variabilidade espacial de precipitação no interior dessa região hidrográfica. Chierice e Landim (2014), no estudo da bacia do rio Mogi Guaçu - SP, verificaram a flutuação dos dados anuais entre 864 mm e 3030 mm, uma variação inferior a verificada nesse estudo, o que pode estar associado a presença do clima semiárido em uma parcela do Recôncavo Sul.

Em nível regional, essa elevada variabilidade dos dados pluviométricos pode afetar a disponibilidade hídrica e uma gama de atividades humanas, influenciadas pela escassez ou abundância de eventos chuvosos (CHECHI; SANCHES, 2013). Por exemplo, Medeiros et al. (2018) apresentaram uma relação direta entre volume de reservatórios no semiárido nordestino e índices pluviométricos extremos, que impacta diretamente o planejamento agrícola, industrial e da geração de energia elétrica. Barbosa et al. (2018) verificaram que a precipitação no agreste pernambucano tem uma razoável parcela de contribuição na produção de leite, setor da pecuária sensível à variabilidade climática.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

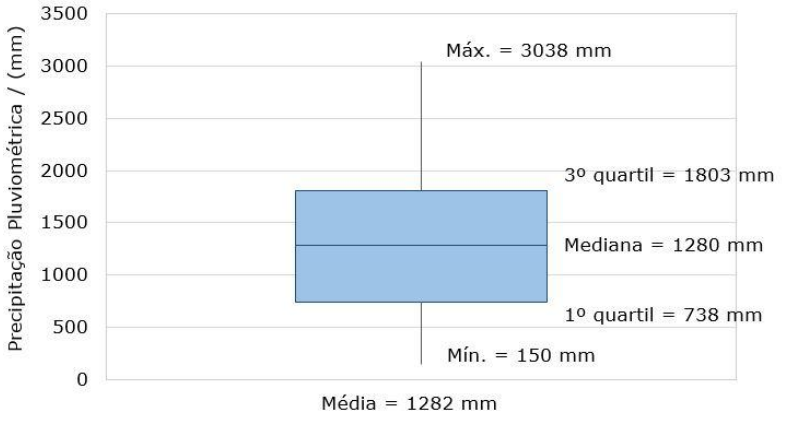


Figura 3 - Boxplot e média aritmética para o conjunto de dados no período de 1985 a 2010. Fonte: Autores, 2019.

Para cada classe definida pela Regra de Sturges associou-se empiricamente uma cor e uma distribuição desses intervalos de classes. Este recurso, segundo Ribeiro e Zavattini (2017), possibilita a concepção da precipitação do período estudado na forma de painéis, que apresentam sua variação no tempo e no espaço. Os intervalos de classe também são importantes, ao ponto que definem qual a variação do volume do padrão seco ao mais chuvoso.

O Quadro 01 apresenta os intervalos de classe, as cores associadas e as frequências absolutas e relativas dos valores anuais, divididas entre os intervalos de classes determinados pela regra de Sturges.

Quadro 01 - Características pluviais, intervalos de classes, escala monocromática associada e frequências de distribuição.

Características Pluviais	Cor Associada	Classes	Limite Mínimo / (mm)	Limite Máximo / (mm)	Frequência	
					Absoluta	Relativa / (%)
Seco		1ª	150	439	27	6,92
		2ª	439	728	69	17,69
Habitual		3ª	728	1017	53	13,59
		4ª	1017	1306	50	12,82
		5ª	1306	1595	62	15,90
		6ª	1595	1884	56	14,36
Chuvoso		7ª	1884	2173	38	9,74
		8ª	2173	2462	26	6,67
		9ª	2462	2751	7	1,79
		10ª	2751	3040	2	0,51
				Total	390	100,00

Fonte: Autores, 2019.

A partir dos dados anuais, do total de 390 medidas pluviométricas ocorridas no período, verificou-se que 56,67 % apresentaram volume compreendido entre 728 mm e 1884 mm, cujas características pluviais podem ser consideradas como padrão habitual, pois a média da série é de 1282 mm e os quartis são limitados pelos valores 738 mm e 1803 mm. O padrão seco representa os primeiros 24,61 % das frequências ocorridas, cujos volumes estão compreendidos entre 150 mm e 728 mm. Já o padrão chuvoso, compreendido entre os volumes 1884 mm e 3040 mm, representa os 18,72 % finais das frequências ocorridas.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Baseado nas características pluviais atribuídas aos intervalos de classes, foi elaborado o Quadro 02, que é uma planilha cromática para o período entre 1985 e 2010, onde a escala de cores para um ano facilita a determinação dos anos excepcionais (secos e chuvosos) e habituais. Quanto maior o número de quadrados na escala azul, o ano ou o município pode ser considerado chuvoso. Da mesma forma que o maior número de quadrados vermelhos e amarelos indica a tendência ao comportamento seco. Fora desses padrões extremos e verificada a maior escala da cor verde, mais próximo ao padrão habitual está o ano ou o município. Baseado nessas premissas, foi possível inferir que os anos 1985, 1989, 1999 e 2005 apresentam comportamentos do padrão chuvoso. Destacam-se também os anos de 1986, 1987, 1993 e 2003, representando o padrão seco. Os demais anos do período de estudo podem ser considerados como anos que possuem padrão habitual de pluviosidade.

Quadro 02 - Planilha Cromática com a ocorrência das chuvas para o período 1985-2010.

Ano/Município	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1985															
1986															
1987															
1988															
1989															
1990															
1991															
1992															
1993															
1994															
1995															
1996															
1997															
1998															
1999															
2000															
2001															
2002															
2003															
2004															
2005															
2006															
2007															
2008															
2009															
2010															

Postos Pluviométricos	
1	Aratuípe
2	Conceição do Almeida
3	Cruz das Almas
4	Iaçu
5	Itiruçu
6	Ituberá
7	Maracás
8	Milagres
9	Mutuípe
10	Nazaré
11	Nilo Peçanha
12	Santa Inês
13	Valença
14	Vera Cruz
15	Wenceslau Guimarães
Cor/Classe / (mm)	
	150-439
	439-728
	728-1017
	1017-1306
	1306-1595
	1595-1884
	1884-2173
	2173-2462
	2462-2751
	2751-3040

Fonte: Autores, 2019.

Ainda é possível observar, com maior precisão, o comportamento das características pluviais dos postos pluviométricos localizados nos municípios estudados. Aratuípe e Valença, que não registraram índices menores que 1306 mm e Vera Cruz, que teve apenas um volume abaixo desse valor (em 1993), são os municípios mais chuvosos e estão localizados mais próximos do litoral. Por outro lado, Iaçu e Maracás, ambos com apenas um registro acima de 1017 mm (em 1989 e 2004, respectivamente); Milagres, sem dados que superem esse valor dentro do período em estudo; e Santa Inês, que, além de apresentar somente um volume maior que 1306 mm (no ano 2000), possui nove anos com registros anuais abaixo de 439 mm, podem ser considerados municípios de comportamento seco e ambos estão localizados na porção semiárida. Os demais municípios podem ser encaixados no padrão habitual de pluviosidade.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

ISOIETAS

A escala de cores usada na planilha cromática foi agregada na confecção de isoietas, linhas que unem pontos de igual precipitação através de interpolação em toda a área de estudo. Enquanto a análise do Quadro 02 apresenta uma ideia visual dos anos possíveis de escolha para cada padrão climático, a análise das isoietas confeccionadas para cada ano do período estudado auxilia na escolha de apenas um ano que represente esses padrões (seco, chuvoso e habitual).

De todos os anos do período analisado (1985-2010), optou-se pelos anos de 1997, 1993 e 1999 como os representantes das categorias habitual, seco e chuvoso, respectivamente. A Figura 4 apresenta as isoietas para cada um desses anos.

O ano escolhido como padrão habitual do período foi 1997 (Figura 4a), cujo volume foi crescente do interior até a parte mais litorânea e não ocorreram eventos de precipitações extremas. O ano mais seco do período foi 1993 (Figura 4b), quando praticamente toda extensão litorânea teve índices abaixo de 1306 mm. Na parte oeste do Recôncavo Sul, toda região apresentou índices abaixo de 738 mm de pluviosidade. Segundo Souza e Nascimento (2020), este ano também foi o de menor pluviosidade nesta mesma região hidrográfica.

O ano mais chuvoso do período foi 1999 (Figura 4c), quando praticamente toda extensão litorânea teve índices acima de 1884 mm. Em contrapartida, a porção oeste, caracterizada pelo clima mais árido e abrigando pontos com pluviosidade inferior a 500 mm, apresentou, em sua maioria, índices acima de 1000 mm de pluviosidade.

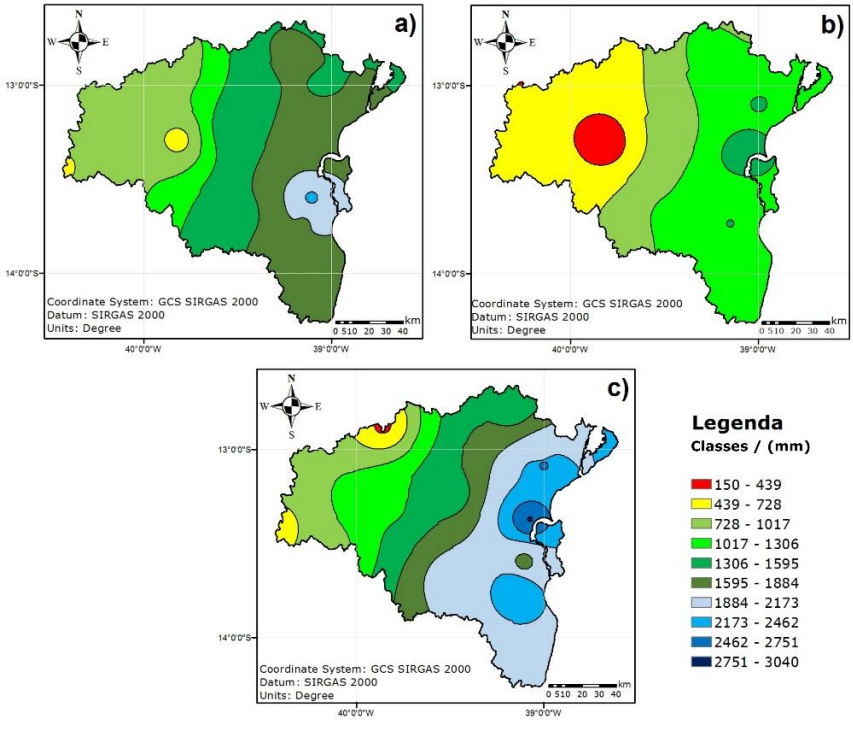


Figura 4 - Isoietas das chuvas dos anos-padrão: habitual (a), seco (b) e chuvoso (c). Fonte: Autores, 2019.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Para sintetizar a análise da variabilidade espacial e apresentar uma caracterização da pluviosidade de maneira geral para a área de estudo, foi feito um mapa de isoietas com a média pluviométrica dos postos em todo o período de estudo (Figura 5). Além de ser constatado o padrão habitual para esses dados médios, pode-se observar o aumento do índice pluviométrico no sentido oeste-leste. Essa associação dos dados médios de precipitação com o padrão habitual da distribuição das chuvas ocorre justamente pela natureza conceitual do ano-padrão habitual, usual ou mais frequente, como afirmam Fontão e Zavattini (2019).

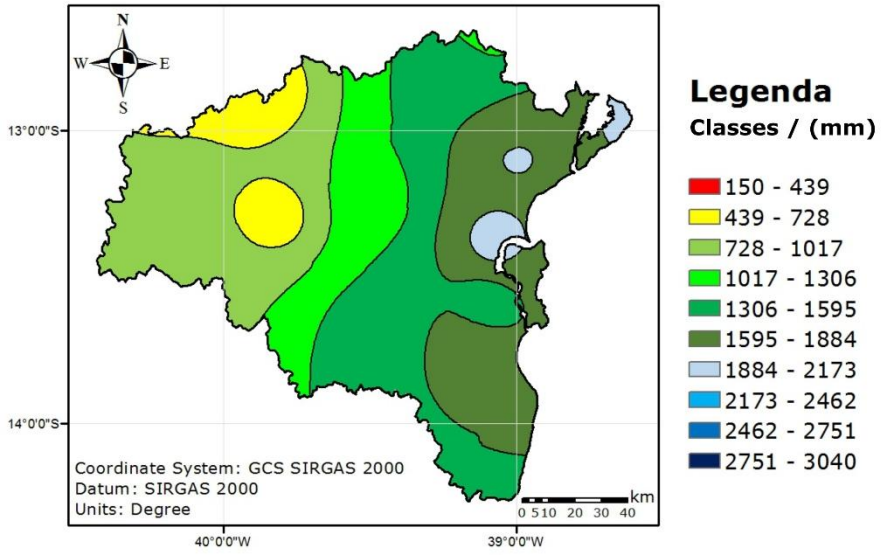


Figura 5 - Isoietas da média anual de cada município. Fonte: Autores, 2019.

O padrão pluviométrico encontrado aponta o que alguns estudos afirmam, que na faixa litorânea do NEB os totais anuais de precipitação excedem 1000 mm e que na direção oeste há um forte decréscimo desse índice, com valores entre 400 mm e 800 mm no semiárido (CHAVES; CAVALCANTI, 2001; TANAJURA et al., 2010). Braga et al. (1998) já indicavam que a variabilidade espacial da pluviosidade na Bahia é acentuada, sendo que na faixa litorânea, os índices superam 1200 mm, chegando a mais de 1800 mm em algumas áreas, ao mesmo tempo em que ocorriam índices menores que 600 mm nas localidades que constituem os setores do semiárido no estado.

A variabilidade pluviométrica sazonal do ano 1997, considerado ano-padrão habitual, é retratada na Figura 6. Observa-se que, no ano habitual, o verão (Figura 6a) é destacado como a estação mais chuvosa, pois registrou índices pluviométricos mais elevados, concentrados principalmente na região sudeste, onde o índice chegou a 872 mm, em Ituberá. Para o outono (Figura 6b), segunda estação mais chuvosa, o maior valor registrado foi de 644 mm, em Nilo Peçanha, também na porção sudeste do Recôncavo Sul. Na faixa litorânea, os índices ficaram em torno de 490 mm.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

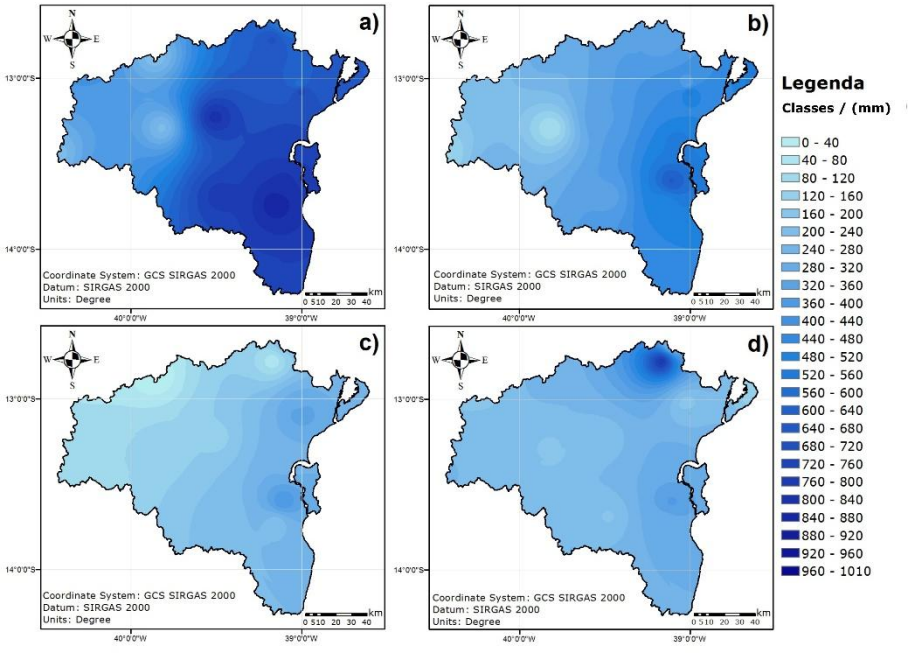


Figura 6 - Distribuição das chuvas sazonais do ano de 1997: Verão (a), Outono (b), Inverno (c) e Primavera (d). Fonte: Autores, 2019.

Na estação da primavera (Figura 6d), as chuvas se concentraram praticamente no norte do Recôncavo Sul, principalmente com a contribuição de 776 mm em Conceição do Almeida. Para os demais pontos, os volumes foram reduzidos, com índices variando entre 95 mm e 365 mm. Durante a estação do inverno (Figura 6c), na faixa litorânea, que normalmente apresenta os maiores índices pluviométricos, eles não ultrapassaram 400 mm. O maior volume foi de 395 mm, em Nilo Peçanha. Os índices na porção oeste ficaram em torno de 80 mm.

A variabilidade pluviométrica sazonal do ano 1993, considerado o ano-padrão seco, é descrita na Figura 7, onde são apresentadas as distribuições sazonais espacializadas para toda região. Inicialmente, pode ser observada uma maior regularidade da distribuição entre as estações do ano, que é comum períodos menos chuvosos, conforme concluído por Baratto e Wollmann (2018). A estação considerada mais chuvosa é o outono (Figura 7b), pois registra índices pluviométricos mais elevados. Para a primavera (Figura 7d), segunda estação mais chuvosa, o maior valor registrado foi de 454 mm, em Conceição do Almeida, na fração norte do Recôncavo Sul. Na porção litorânea, os índices ficaram em torno de 320 mm.

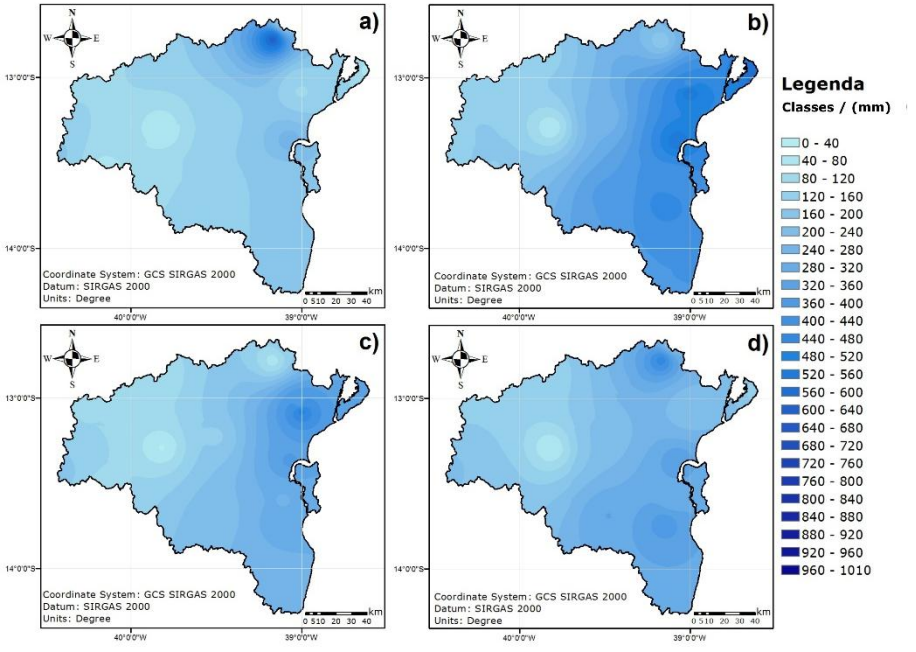


Figura 7 - Distribuição das chuvas sazonais do ano de 1993: Verão (a), Outono (b), Inverno (c) e Primavera (d). Fonte: Autores, 2019.

Na estação do inverno (Figura 7c), as chuvas se concentraram praticamente no nordeste do Recôncavo Sul, com os índices pluviométricos ficando em torno de 370 mm. Enquanto na porção oeste os volumes foram reduzidos, com índices variando entre 40 mm e 170 mm. Durante a estação do verão (Figura 7a), na faixa litorânea, que normalmente apresenta os maiores índices pluviométricos, estes não ultrapassaram 260 mm. O maior volume foi observado em Conceição do Almeida, com 614 mm. Os índices na parte oeste ficaram em torno de 100 mm.

A variabilidade pluviométrica sazonal do ano 1999, considerado ano-padrão chuvoso, é descrita na Figura 8. Em função das isoietas possuírem um aspecto visual semelhante, de maneira geral, para esse ano, o inverno (Figura 8c) foi mais chuvoso que o outono (Figura 8b), já que o inverno possui um volume maior na porção sertaneja, com índices variando entre 100 mm e 400 mm, enquanto que no outono essa variação foi de 0 mm a 200 mm.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

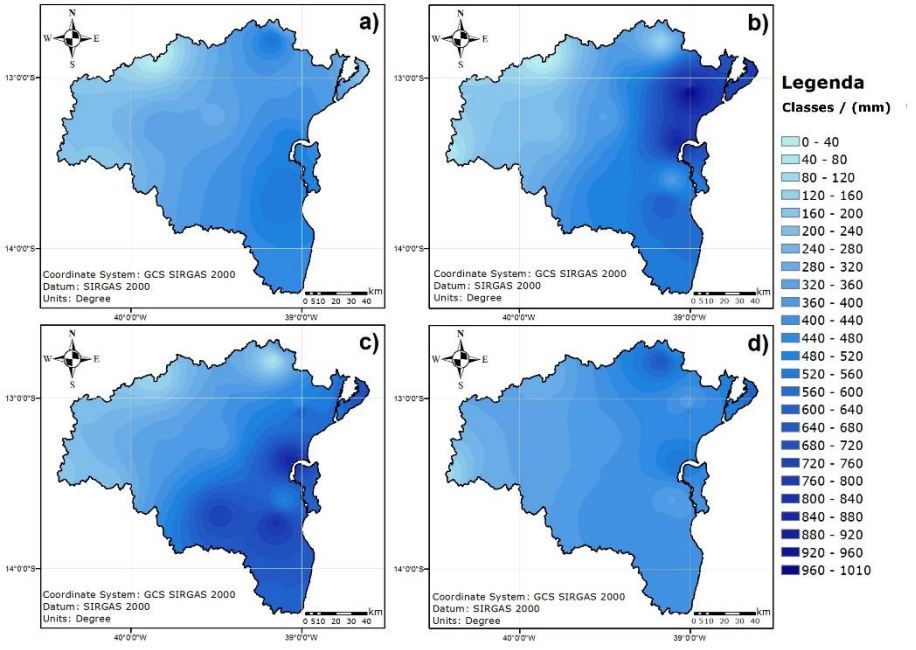


Figura 8 - Distribuição das chuvas sazonais do ano de 1999: Verão (a), Outono (b), Inverno (c) e Primavera (d). Fonte: Autores, 2019.

No inverno, o índice pluviométrico chegou ao valor de 852 mm em Valença. Para o outono, segunda estação mais chuvosa, o maior valor registrado foi de 1010 mm, em Aratuípe, na porção nordeste do Recôncavo Sul. Na parte do litoral, o volume total médio ficou em torno de 800 mm.

Na estação da primavera (Figura 8d), as chuvas se concentraram praticamente no nordeste do Recôncavo Sul, com os índices pluviométricos nesta estação variando em torno de 480 mm. Enquanto na porção oeste os volumes foram reduzidos, com índices variando de 100 mm a 360 mm. Durante a estação do verão (Figura 8a), na faixa litorânea, a altura pluviométrica chegou a 558 mm em Ituberá, enquanto que, na parte oeste, tal índice ficou em torno de 165 mm.

As análises sazonais dos anos-padrão revelaram a existência de divergências no modo de distribuição das chuvas nos três anos avaliados. De acordo com a Figura 9, que apresenta o histograma das médias sazonais dos índices pluviométricos dos anos-padrões seco, chuvoso e habitual, é possível observar que há uma certa regularidade na distribuição em algumas estações do ano. O outono e a primavera apresentaram o comportamento crescente das médias para os padrões seco, habitual e chuvoso. Já no inverno do ano seco choveu mais que no inverno do ano habitual, enquanto no verão do ano habitual o volume foi maior que no verão do ano chuvoso.

Esse mesmo comportamento para a variabilidade sazonal da precipitação ao longo dos anos-padrão foi identificado por Correa e Galvani (2017) na bacia hidrográfica no Rio Piquiri, localizada no estado do Paraná. Coincidentemente, a bacia também está situada em uma zona de transição climática, embora seja do clima tropical para o temperado.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

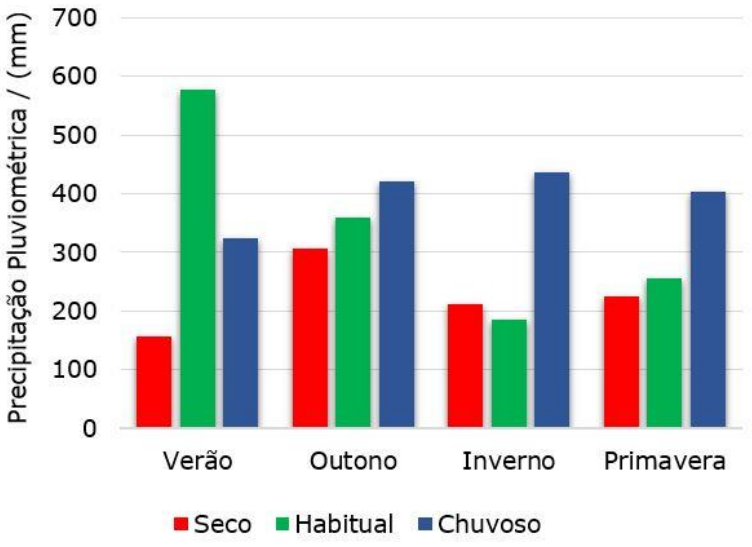


Figura 9 - Histograma das médias sazonais dos anos-padrão: habitual (1997), seco (1993) e chuvoso (1999). Fonte: Autores, 2019.

Meneghetti e Ferreira (2009) observaram que a região litorânea do NEB apresenta precipitação mais intensa nas estações outono e inverno, enquanto a região mais interiorana possui concentrações de chuva durante o verão. As isoietas sazonais dos anos-padrão confirmam esse comportamento de que, a depender da maritimidade ou continentalidade, o comportamento sazonal da precipitação tende a mudar.

A Tabela 01 indica as médias sazonais e a média total de precipitação dos anos-padrão, bem como a média total para cada estação climática. A partir desses dados foi possível classificar as estações do ano em períodos secos ou chuvosos. Por possuírem maior média total, as estações do verão e do outono representaram o período chuvoso, enquanto as estações do inverno e da primavera, o período seco.

A variabilidade sazonal das chuvas na região Nordeste, avaliada por Medeiros et al. (2018), guarda compatibilidade com os resultados aqui encontrados. Esses autores verificaram que, para o ano considerado habitual ou normal, as estações mais chuvosas também foram o verão e o outono.

Tabela 01 - Pluviosidade sazonal nos anos-padrão: habitual (1997), seco (1993) e chuvoso (1999).

Estação / Ano	1993 (Ano Seco)	1997 (Ano Habitual)	1999 (Ano Chuvoso)	Total / (mm)
Verão / (mm)	157	577	324	1058
Outono / (mm)	306	360	422	1088
Inverno / (mm)	213	185	435	833
Primavera / (mm)	225	257	402	884
Total / (mm)	901	1379	1583	

Fonte: Autores, 2019.

Baseando-se na classificação das estações do ano, determinou-se a pluviosidade nos períodos chuvoso e seco dos anos-padrão. A Tabela 02 apresenta as médias sazonais de cada ano-padrão, separadas entre os períodos chuvosos (verão e outono) e secos (inverno e primavera). Percebeu-se que nos

anos de eventos extremos (1993, ano-padrão seco e 1999, ano-padrão chuvoso) a precipitação foi bem distribuída durante o ano, com percentuais próximos a 50 % nos períodos chuvoso e seco. Já no ano-padrão habitual (1997), a ocorrência das chuvas é mais frequente no verão e no outono, representando 68 % das chuvas no ano.

Tabela 02 - Pluviosidade nos períodos chuvoso e seco dos anos-padrão: habitual (1997), seco (1993) e chuvoso (1999).

Índice de Chuva / Ano	1993 (Ano Seco)	1997 (Ano Habitual)	1999 (Ano Chuvoso)
Total Anual / (mm)	901	1379	1583
Período Chuvoso / (mm)	463	937	746
Período Seco / (mm)	438	442	837
Período Chuvoso / (%)	51,4	67,9	47,1
Período Seco / (%)	48,6	32,1	52,9

Fonte: Autores, 2019.

Para um ano caracterizado como habitual, esse alto percentual de chuvas em um período específico (verão e outono, nesse caso), pode ser um alerta para a concentração de precipitação na região de estudo. Segundo De Luis et al. (2011), a concentração das chuvas afeta diretamente o ciclo hidrológico, a vazão dos rios, a recarga dos aquíferos e, consequentemente, a disponibilidade contínua de água, podendo comprometer atividades econômicas que dependem do consumo desse recurso natural. A percepção e o entendimento do comportamento dessa anomalia contribuem significativamente para uma boa gestão dos recursos hídricos.

Os resultados aqui obtidos, a partir das análises temporal e espacial, devem ser o ponto de partida para a tomada de decisões dos órgãos responsáveis pelo monitoramento e pela gestão dos recursos hídricos na região hidrográfica do Recôncavo Sul, no que se refere ao uso e à outorga de água, devendo-se priorizar uma alocação ótima dos recursos disponíveis.

Quanto aos anos-padrão, seguindo as premissas da Climatologia Dinâmica, recomenda-se a avaliação da análise rítmica do clima na região e o estudo da variabilidade de outras condicionantes climáticas, tais como temperatura, umidade, velocidade dos ventos, pressão e insolação, para os anos excepcionais e habitual aqui determinados, com a finalidade de ampliar a compreensão da variabilidade da dinâmica atmosférica.

CONCLUSÕES

A equação de Sturges possibilitou a identificação dos prováveis anos de eventos extremos e habituais, destacando com maior precisão os postos pluviométricos localizados em regiões de clima mais seco ou mais úmido. Com a análise das isoietas, foi permitido definir cada ano-padrão: 1993 (seco), 1997 (habitual) e 1999 (chuvoso).

O regime geral das precipitações na região do Recôncavo Sul aproxima-se do padrão habitual e é caracterizado pelo aumento do índice pluviométrico no sentido oeste-leste.

Para cada ano-padrão, a análise sazonal revelou que as estações do verão e o outono foram as estações mais chuvosas, enquanto o inverno e a

primavera as estações mais secas. Nos anos com padrões seco e chuvoso as chuvas foram bem distribuídas ao longo do ano, enquanto que, no ano-padrão habitual, as mesmas foram mais frequentes nas estações chuvosas, indicando a possibilidade de concentração de precipitação na região hidrográfica.

Esse estudo temporal e espacial da precipitação pluviométrica deve servir de base para o planejamento dos recursos hídricos locais. Sugere-se a análise rítmica do clima e o estudo da variabilidade de outros fenômenos climáticos para os anos-padrão aqui determinados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEIXO, N. C. R.; SILVA NETO, J. C. A. da. Anos-padrão e tendências da precipitação pluvial na região do Médio Solimões, Amazonas, Brasil. Acta Geográfica, v. 13, n. 31, p. 104-120, 2019.

BARATTO, J.; WOLLMANN, C. A. Variabilidade sazonal da precipitação pluviométrica dos anos-padrões na bacia hidrográfica do Alto Jacuí, RS. Geoambiente On-Line, n. 30, p. 20-38, 2018.

BARBOSA, V. V.; SOUZA, W. M. de; GALVÍNCIO, J. D.; SOBRAL, M. do C. M. Influência da variabilidade climática na produção de leite na região semiárida do nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Climatologia, v. 23, Ano 14, p. 244-266, 2018.

BRAGA, C. C., MELO, M. L. D. de, MELO, E. C. S. Análise de agrupamento aplicada a distribuição da precipitação no Estado da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, Brasília-DF. Anais... Sociedade Brasileira de Meteorologia. p.1857-1862, 1998.

CARMELLO, V.; SANT'ANNA NETO, J. L. Variabilidade das chuvas na vertente paranaense da Bacia do Rio Paranapanema - 1999-2000 a 2009-2010. R. Ra'e Ga, Curitiba, v. 33, p. 225-247, 2015.

CHAVES, R. R.; CAVALCANTI, I. F. A. Atmospheric Circulation Features Associated with Rainfall Variability over Southern Northeast Brazil. Monthly Weather Review, v. 129, n. 10, p. 2614-2626, 2001.

CHECHI, L.; SANCHES, F. de O. Análise de uma série temporal de precipitação para Erechim (RS) e um possível método de previsão climática. Ambiência Guarapuava, v. 09, n. 01, p. 43-55, 2013.

CHIARANDA, R.; RIZZI, N. E.; COLPINI, C.; SOARES, T. S.; SILVA, V. S. M. E. Análise da precipitação e da vazão da bacia do Rio Cuiabá. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 07, n. 01, p. 117-122, 2012.

CHIERICE, R. A. F.; LANDIM, P. M. B. Variabilidade espacial e temporal de precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu. Geociências, UNESP, São Paulo, v. 33, n. 01, p. 157-171, 2014.

CHRISTOFOLETTI, A. L. H.; FONTÃO, P. A. B.; AZEVEDO, T. S. de; MAIA, D. C.; NASCIMENTO, M. C. do; MEGDA, O. R. Análise da precipitação através do uso de técnicas multifractal em períodos chuvosos e secos no médio e baixo curso das bacias dos rios Tietê e Paranapanema (SP). Revista Brasileira de Climatologia, v. 24, Ano 15, p. 196-213, 2019.

CORREA, M. G. G.; GALVANI, E. Variabilidade Espacial e Sazonal da Precipitação Pluviométrica

na Bacia Hidrográfica no Rio Piquiri-PR. Revista do Departamento de Geografia, v. 34, p. 21-30, 2017.

DE LUIS, M.; GONZALEZ-HIDALGO, J. C.; BRUNETTI, M.; LONGARES, L. A. Precipitation concentration changes in Spain 1946–2005. Natural Hazards and Earth System Sciences, v. 11, n. 05, p. 1259-1265, 2011.

DEPINÉ, H.; CASTRO, N. M. dos R.; PINHEIRO, A; PEDRO, O. Preenchimento de Falhas de Dados Horários de Precipitação Utilizando Redes Neurais Artificiais. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 19, n. 01, p. 51-63, 2014.

FERREIRA, V. de O. Análise de Tendências em Séries Pluviométricas: Algumas Possibilidades Metodológicas. Revista Geonorte, Manaus, v. 01, n. 05, p. 317-324, 2012.

FONTÃO, P. A. B.; ZAVATTINI, J. A. Variabilidade das chuvas anuais na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e no Sistema Cantareira: classificação e frequência dos anos-padrão. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 12, n. 02, p. 457-469, 2019.

GIULIO, G. M. Di; TORRES, R. R.; VASCONCELLOS, M. da P.; BRAGA, D. R. G. C.; MANCINI, R. M.; LEMOS, M. C. Eventos extremos, mudanças climáticas e adaptação no Estado de São Paulo. Ambiente & Sociedade, v. 22, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo Demográfico. 2010. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010. Acesso em: 11 nov. 2018.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - INEMA. CBH Recôncavo Sul. 2017. Disponível em: http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/comites-de-bacias/comites/cbh-reconcavo-sul. Acesso em: 02 dez. 2018.

LANDIM, P. M. B. Análise estatística de dados geológicos multivariados. Rio Claro, SP: UNESP, 2000. 120 p.

MEDEIROS, F. J. de; LIMA, K. C.; CAETANO, D. de A.; SILVA, F. J. de O. Impacto da variabilidade interanual da precipitação nos reservatórios do semiárido do nordeste do Brasil. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ, v. 41, n. 03, p. 731-741, 2018.

MENEGHETTI, G. T.; FERREIRA N. J. Variabilidade sazonal e interanual da precipitação no Nordeste Brasileiro. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14., 2009, Natal. Anais... Natal: INPE, 2009. p. 1685-1689.

MONTEIRO, C. A. de F. Análise rítmica em climatologia: Problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. São Paulo: USP, 1971.

NASCIMENTO, D. T. F.; SOUZA NETO, J. M.; NUNES, L. C. Definição dos anos-padrão para o estudo da pluviometria do estado de Goiás e do Distrito Federal. Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium, Ituiutaba, v. 06, n. 01, p. 272-290, 2015.

OGASHAWARA, I. Análise rítmica e a Climatologia Geográfica Brasileira. Revista Eletrônica Geoaraguaia, Barra do Garças - MT, v. 02, n. 02, p. 57-72, 2012.

MUTHONI, F. K.; ODONGO, V. O.; OCHIENG, J.; MUGALAVAI, E. M.; MOURICE, S. K.; ZELEDON, I. H.; MWILA, M.; BEKUNDA, M. Long-term spatial-temporal trends and variability of rainfall over Eastern and Southern Africa. Theoretical and Applied Climatology, v. 137, n. 3-4, p. 1869-1882, 2019.

RIBEIRO, A. de A.; ZAVATTINI, J. A. Análise têmporo espacial e regime das chuvas na Região das Missões, Estado Do Rio Grande do Sul, Brasil. Revista Brasileira de Climatologia, v. 21, Ano 13, p. 362-377, 2017.

SANTOS, E. H. M. dos; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. de. Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial na bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite - GO. Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 31, n. 01, p. 78-89, 2011.

SCHMIDT, D. M.; LIMA, K. C.; JESUS, E. dos S. Variabilidade climática da disponibilidade hídrica na região semiárida do estado do Rio Grande do Norte. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ, v. 41, n. 03, p. 483-491, 2018.

SILVA, B. N. A propósito de uma técnica de seleção de intervalos de classe para fins de mapeamento. Geografia, v. 5, n. 9-10, p. 85-96, 1980.

SILVA, E. D. da; REBOITA, M. S. Estudo da precipitação no estado de Minas Gerais–MG. Revista Brasileira de Climatologia, v. 13, Ano 9, p. 120-136, 2013.

SIMIONI, J. P. D.; ROVANI, F. F. M.; IENSSE, A. C.; WOLLMANN, C. A. Caracterização da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Ibicuí, RS. Revista do Departamento de Geografia – USP, v. 28, p. 112-133, 2014.

SOUZA, C. L. O. de; NOGUEIRA, V. de F. B.; NOGUEIRA, V. da S. Variabilidade interanual da precipitação em cidades do semiárido brasileiro entre os anos de 1984 e 2015. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 12, n. 04, p. 740-747, 2017.

SOUZA, P. H. de; SANCHES, R. G.; SANTOS, B. C. dos. Índices climáticos e chuvas intensas no município de Alfenas/MG no período de 1984-2016. Revista Brasileira de Climatologia, Edição Especial Dossiê Climatologia de Minas Gerais, Ano 14, p. 320-341, 2018.

SOUZA, T. S. de; NASCIMENTO, P. dos S. Análise multivariada e tendência da precipitação pluviométrica na região hidrográfica do Recôncavo Sul (BA). Geociências, UNESP, São Paulo, v. 39, n. 01, p. 203-213, 2020.

TANAJURA, C. A. S.; GENZ, F.; ARAÚJO, H. A. de. Mudanças climáticas e recursos hídricos na Bahia: validação da simulação do clima presente do HADRM3P e comparação com os cenários A2 e B2 para 2070-2100. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 25, n. 03, p. 345-358, 2010.

WANDERLEY, H. S.; AMORIM, R. F. C. de; CARVALHO, F. O. de. Variabilidade espacial e preenchimento de falhas de dados pluviométricos para o estado de Alagoas. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 27, n. 03, p. 347-354, 2012.