

## **XV SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE**

### **ESTUDO DA VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA NA BACIA DO RIO BRÍGIDA, SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO**

*Luandson José da Silva e Silva<sup>1</sup>; Aline Maria Soares das Chagas<sup>2</sup>; Abelardo Antônio de Assunção Montenegro<sup>3</sup>; Carolyne Wanessa Lins de Andrade Farias<sup>4</sup>*

**RESUMO** - Estudos relacionados à verificação da distribuição das chuvas é de grande importância para a gestão de recursos hídricos e para o desenvolvimento socioeconômico da região semiárida. O objetivo deste estudo consiste em avaliar a variabilidade pluviométrica da bacia hidrográfica do Rio Brígida, semiárido pernambucano, para o período de 2004 a 2019, adotando métodos de verificação de dias com e sem chuvas, e precipitações acima de 5 mm, 10 mm e acumulada. Foram analisadas séries históricas mensais de precipitação no período de 2004 a 2019 junto à Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). Os municípios selecionados foram Araripina, Ipubi, Cabrobó, Santa Cruz, Bodocó, Moreilândia e Parnamirim. Inicialmente, os dados foram submetidos a testes de normalidade, onde foi verificado se a distribuição apresenta normalidade ou não, a partir do valor de  $p < 0,05$ . A ferramenta da tabela dinâmica disponível no Excel® foi utilizada para analisar o número de dias secos, dias chuvosos e de precipitação acima de 5 mm e 10 mm. Também foram realizadas análises utilizando-se histogramas e regressões para avaliar o comportamento temporal pluviométrico. Constatou-se que a precipitação apresentou variações no decorrer das séries, com mais dias chuvosos em 2005 e menos dias chuvosos no ano de 2012. Foi verificado que a bacia nos meses de janeiro a abril apresenta o período chuvoso na região, com tendência decrescente no número de dias chuvosos e acima de 5 mm.

**Palavras-Chave** – bacia hidrográfica; climatologia; tendência de precipitação.

**ABSTRACT** - Studies related to the verification of the distribution of rainfall is of great importance to the management of water resources and the socioeconomic development of the semiarid region.

<sup>1</sup>Doutorando em Engenharia Agrícola, PGEA/UFRPE: Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife, PE. E-mail: silvasluan20@gmail.com

<sup>2</sup>Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, DEAGRI/UFRPE: Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife, PE. E-mail: alinenschagas@gmail.com

<sup>3</sup>Professor titular de Recursos Hídricos, DEAGRI/UFRPE: Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife, PE. E-mail: Montenegro.ufrpe@gmail.com

<sup>4</sup> Professora adjunta, UFRPE/Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Av. Gregório Ferraz Nogueira, s/n, Serra Talhada, PE. E-mail: carolyne.andrade@ufrpe.br

The aim of this study is to assess the rainfall variability of river basin Bridget, Pernambuco semiarid region for the period 2004-2019, taking days of verification methods with and without rainfall, and rainfall above 5 mm, 10 mm and accumulated. They analyzed historical rainfall monthly series from 2004 to 2019 by the Pernambuco Water and Climate Agency (APAC). Municipalities were selected Araripina, Ipubi, Cabrobó, Santa Cruz, Bodocó, Moreilândia and Parnamirim. Initially, the data were subjected to tests of normality, where it was checked whether the distribution has normal or not, from the value of  $p < 0.05$ . The PivotTable tool available from Excel was used to analyze the number of days dry, rainy days and precipitation above 5 mm and 10 mm. Also analyzes were performed using histograms and regressions to evaluate the rainfall temporal behavior. It was found that the precipitation showed variations during the course of the series, more rainy days in 2005 and less rainy days in 2012. It was found that the basin in the months from January to April presents the rainy season in the region, with a decreasing trend number of rainy and above 5 mm days.

**Keywords** - watershed; weather; tendency to precipitation.

## 1- INTRODUÇÃO

A região semiárida do Nordeste brasileiro é caracterizada pela irregularidade das chuvas, e pela ocorrência de eventos extremos, com fortes secas ou chuvas intensas de curta duração (FERREIRA *et al.*, 2017). Na região semiárido brasileiro, a precipitação é um parâmetro importante no sistema hidrológico e por compreender a variabilidade espaço temporal, principalmente no manejo de bacias hidrográficas (CARVALHO *et al.*, 2019). Com isso, existe um grande desafio para compreender os fenômenos atmosféricos e a sua previsão, com o objetivo de minimizar seus efeitos prejudiciais na sobrevivência humana, como perda de vidas e de lavouras, assoreamento de rios, enchentes, queda de barramento, dentro outros (FLATO *et al.*, 2017; OLIVEIRA JUNIOR, *et al.*, 2019).

A precipitação, de acordo com Oliveira Junior *et al.* (2019), é uma variável de suma importância, partindo do ponto que a mesma representa a entrada de água no balanço hídrico, resultando em saídas como o escoamento superficial, a infiltração, a drenagem no solo e, as recargas de aquíferos.

Seguindo essa premissa, o entendimento da variabilidade da precipitação contribui para a compreensão dos padrões hidroclimáticos em escalas globais, regionais e até locais, constituindo um importante indicador climático, auxiliando no uso eficiente dos recursos hídricos para a agricultura,

a produção de energia, o consumo humano, entre outros (FRAZIER *et al.*, 2016; MUTTI *et al.*, 2019; CABRAL JÚNIOR & BEZERRA, 2018).

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo avaliar a variabilidade pluviométrica da bacia hidrográfica do Rio Brígida, semiárido pernambucano, para o período de 2004 a 2019, adotando métodos de verificação de dias com e sem chuvas, e precipitações acima de 5 mm, 10 mm e acumulada.

## 2- MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do Rio Brígida, cujas coordenadas geográficas estão entre 07° 19' 02" e 08° 36' 32" S, e 39° 17' 33" e 40° 43' 06" W. O Rio Brígida nasce ao norte do município de Exú e a área territorial da bacia é de 13.495, km<sup>2</sup>, representando 13,73% do Estado de Pernambuco Figura 1. A bacia possui 15 municípios, são eles: Cabrobó, Orocó, Santa Cruz, Santa Filomena, Santa Maria da Boa Vista e Serrita, os quais estão parcialmente inseridos na bacia, e Araripina, Bodocó, Exu, Granito, Ipubi, Moreilândia, Ouricuri, Trindade e Parnamirim (APAC, 2020; LOPES *et al.*, 2010), com uma população de 429,685 habitantes (IBGE, 2010).

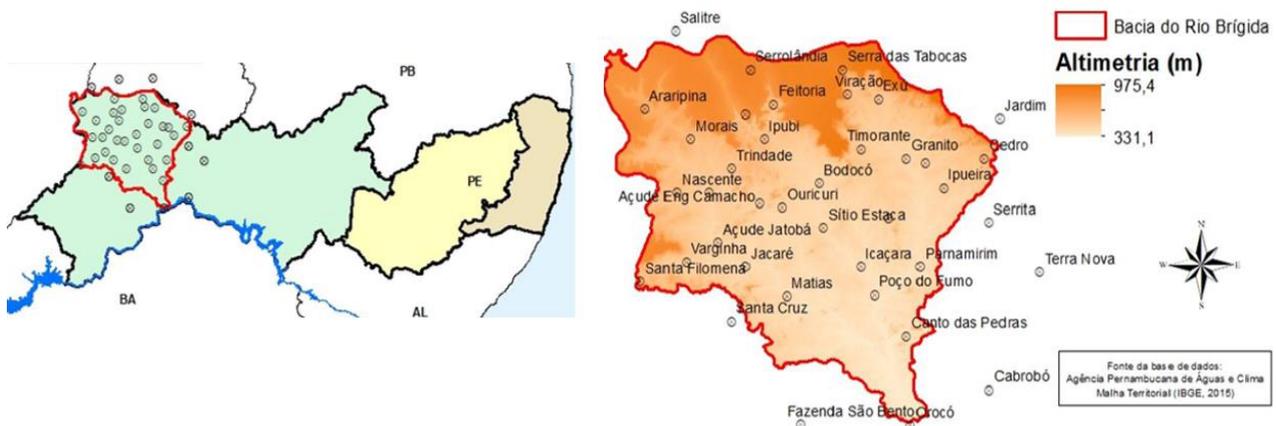


Figura 1. Mapa de distribuição espacial dos postos pluviométricos da Bacia do Rio Brígida (IBGE, 2015; Araújo *et al.* 2020)

O clima predominante na bacia é do tipo BSw<sup>h</sup>, segundo a classificação de Köppen, clima quente e semiárido, tipo estepe, com início da estação chuvosa no mês de janeiro a abril. A temperatura média é de 26 °C, e a precipitação média anual é de 650 mm (ACCIOLY, 2015).

### **Análise dos dados pluviométricos**

As séries de dados de precipitação diária foram coletadas no site da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), com as estações presentes nos municípios de Araripina, Cabrobó, Santa Cruz, Bodocó, Ipubi, Moreilândia e Parnamirim, para o período de 2004 a 2019. Os dados foram organizados e processados na planilha de Excel®, em escala temporal diária, mensal e anual. Inicialmente, os dados foram submetidos a testes de normalidade baseado nas equações de Anderson-Darling (1952, 1954) representada na Equação 1, onde foi verificado se a distribuição apresenta normalidade ou não, a partir do valor de  $p < 0,05$ .

$$A^2 = -N - \sum_{i=1}^N \frac{(2i-1)\{\ln F_x(x_{(i)}) + \ln[1-F_x(x_{(N-i+1)})]\}}{N} \quad (1)$$

em que:

$x(1), x(2), \dots, x(n)$  representam as observações ordenadas em ordem crescente;  $F_X(x)$  é a função densidade, segundo a hipótese nula;  $N$  é o número de eventos da série analisada.

$H_0$ : A amostra segue uma distribuição normal.

$H_1$ : A amostra não segue uma distribuição normal.

### **Análise de tendência**

Os dados foram analisados pelo teste S de Mann-Kendall para confirmação da tendência da distribuição da série temporal.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x(j) - x(i))$$

em que:

$n$  = tamanho do conjunto de dados;  $t$  = número de pontos com repetição dentro de um certo grupo; e  $q$  = valores repetidos de grupos.

A ferramenta da tabela dinâmica disponível no Excel® foi utilizada para analisar o número de dias secos, dias chuvosos e de precipitação acima de 5 mm e 10 mm. Também foram realizadas análises utilizando histograma e regressões para avaliar o comportamento pluviométrico.

]

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 representa o comportamento pluviométrico total anual da bacia hidrográfico do rio Brígida da série de dados analisada (2004 – 2019), onde se pode observar uma semelhança nas variações pluviométricas, com distribuição média de 535,79 mm e com  $R^2$  de 0,1298. Diferente do trabalho de Araújo et al. (2020), caracterizando a distribuição espacial e dos padrões e mapeamento da precipitação da Bacia do Rio Brígida de 41 estações pluviométricas com série temporal de 55 anos (1963 a 2017), encontraram que o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) superior a 0,70.

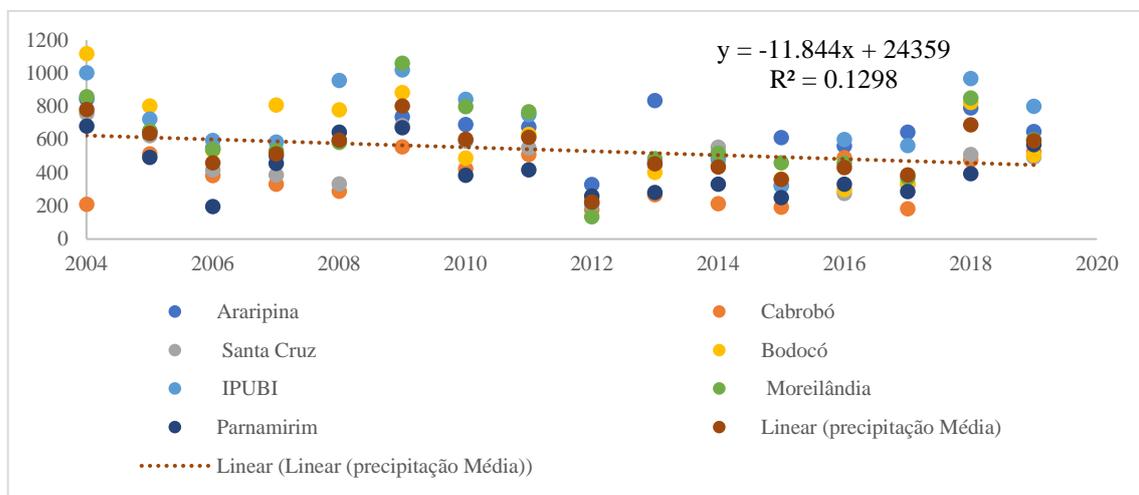


Figura 1 – Série anual da precipitação da bacia hidrográfica do rio Brígida no período de 2004 a 2019.

A precipitação anual na Bacia teve uma variação de 222,59 mm a 801,59 mm nos anos e média de 535,80 mm da bacia no período estudado, destacando-se o município de Moreilândia, que teve uma chuva anual de 1060,60 mm em 2009; nesse mesmo período de 2009 Cabrobó obteve chuva acumulada de 555,6 mm. Observa-se que no ano de 2012 foi um período que o acumulo anual da precipitação foi baixo com máximo em Araripina e o mínimo de chuvas em Moreilândia com 327,6 mm e 134 mm, respectivamente, acompanhando a média linear de 222,58 mm, no qual a partir de 2018, o comportamento mudou com aumento de 687,72 mm por ano. Essa tendência também foi vista no trabalho de Assis et al. (2012), analisando a tendência dos índices de detecção de mudanças climáticas e o impacto na Bacia do Rio Brígida, identificaram uma diminuição em torno de 442 mm da sua média da série de 1964 e 2004, pois essa tendência foi relacionada aos impactos ambientais e crescimento populacional, aumento da demanda e redução da oferta na região.

Os municípios da bacia hidrográfica do Rio Brígida apresentaram uma distribuição normal das médias de chuvas anuais (Figura 2), sendo demonstrado os valores da normalização das séries encontrados no teste de Anderson-Darling.

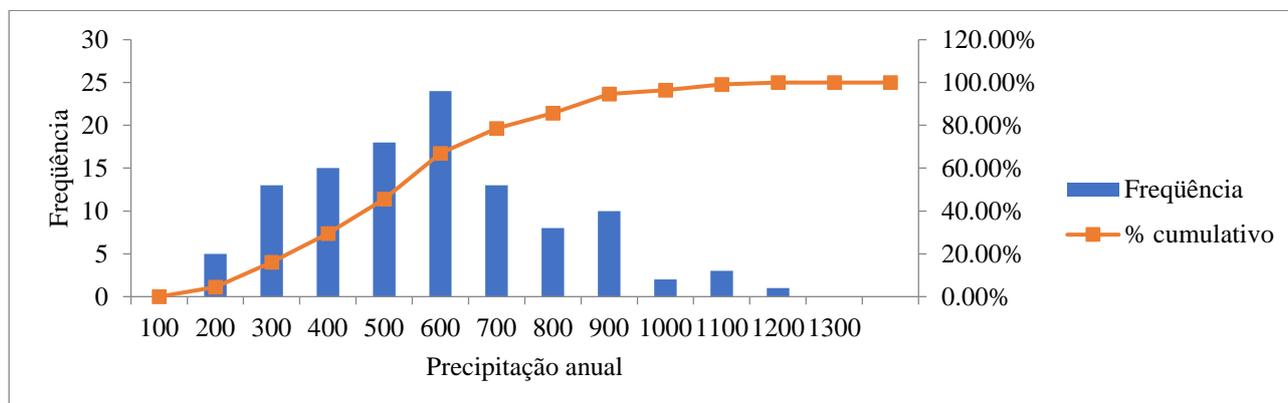


Figura 2 – Histograma da série anual da precipitação da bacia hidrográfica rio Brígida no período de 2004 a 2020.

Analisando a Tabela 1, observa-se que resultado no parâmetro precipitação apresentou uma normalização da distribuição na bacia do Rio Brígida, sendo uma significância média de 0,104 e 0,887. As normalizações apresentaram uma percentagem média de 33,28% para o teste de Anderson-Darling. Nota-se que o parâmetro precipitação apresentou normalidade decorrente de seus dados de uma significância média com variação de 0,104 a 0,887. Vale relatar que quanto mais próximo de zero do teste de normalidade, mais verdadeiros são os dados. Os dados que apresentaram tendência significativa foram as estações Santa Cruz, Ipubi e Parnamirim com decréscimo de -1,62, -4,12 e -0,8 dias ano, respectivamente.

Tabela 1- Análises dos testes de normalidade, Mann-Kendall e Sen's slope para os dados de precipitação anual nos municípios da bacia hidrográfica do Rio Brígida

Município	Anderson-Darling		Mann-Kendall	Sen's slope
	Bruto	Normalizado (p-valor)	p-valor	Declive (dias/ano)
Bodocó	0,49	0,179	0,0714	-0,80
Ipubi	0,19	0,867	0,0059	-4,12
Moreilândia	0,33	0,456	0,0523	-1,31
Parnamirim	0,35	0,402	0,041	-0,92
Araripina	0,21	0,827	0,0950	0,96
Cabrobó	0,58	0,104	0,104	-0,78
Santa Cruz	0,18	0,887	0,0214	-1,62

A Figura 3 apresenta o resultado para o estudo no número de dias sem chuvas na bacia do Rio Brígida no período de 2004 a 2019. Pode-se verificar que o período de maior a dezembro apresenta

uma quantidade menor de dias secos, estando acima da média (Figura 3b). Os meses de junho a outubro registram a maior quantidade de dias secos, caracterizando o período mais seco do ano. Porém, a região não apresenta grande variação no número de dias sem chuva, indicando uma média elevada de dias secos, o que é característico de regiões semiáridas. Estes resultados corroboram com Silva et al. (2018), que ao estudarem os gradientes pluviométricos para Pernambuco, verificaram os períodos de dezembro a abril como período chuvoso, com diminuição de dias chuvosos a partir do mês de maio.

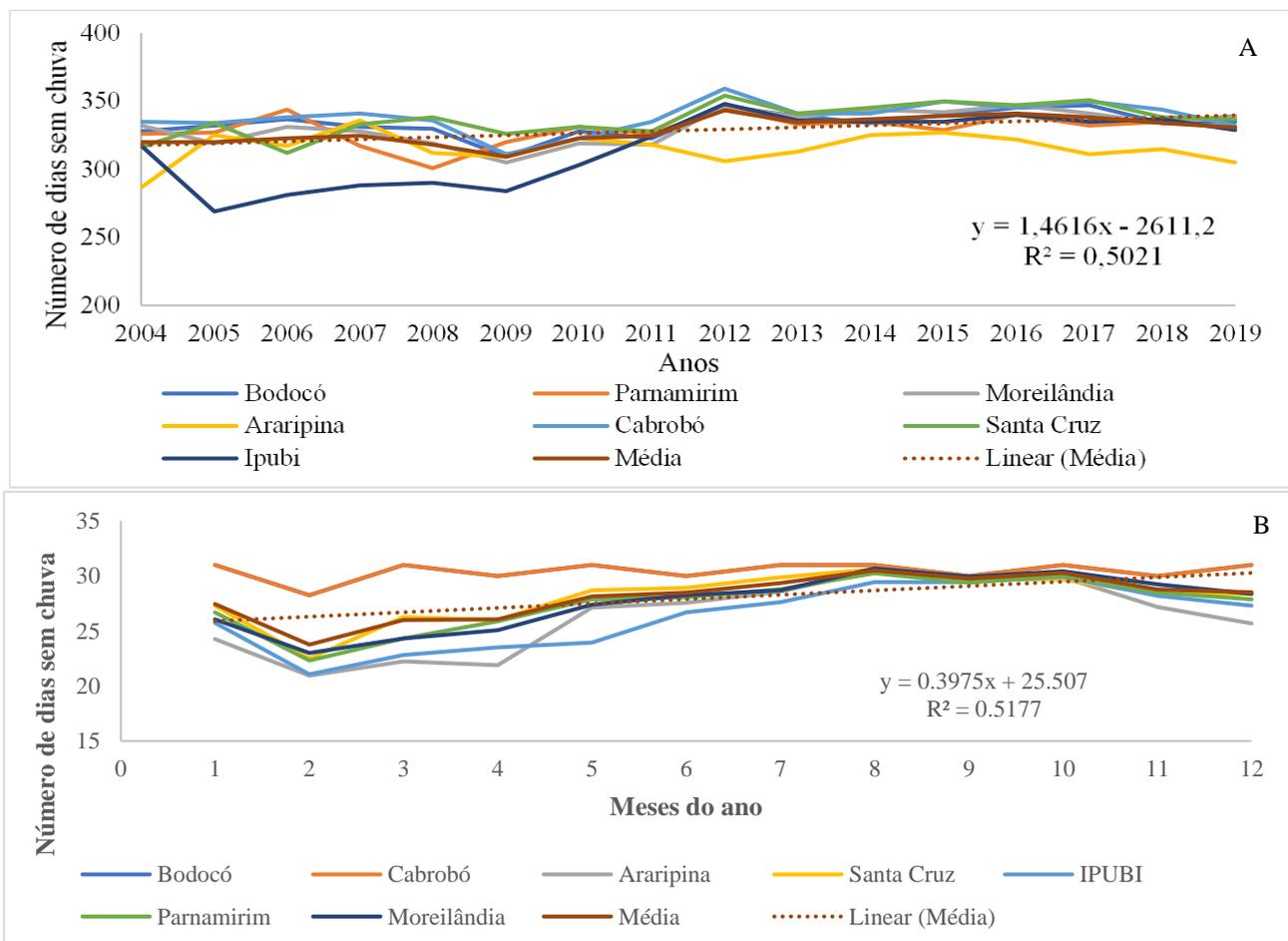


Figura 3. Séries anual (a) e mensal (b) de número de dias sem chuva no período de 2004 a 2019, para cada município da bacia do Rio Brígida.

O aumento de dias sem chuva, provoca uma redução cultivos do modelo sequeiro na bacia, pois o risco de perda da lavoura pelos agricultores aumenta devido a estiagem prolongada. Historicamente na região, o número de dias com chuva é observado no mês de janeiro a abril, mostrando perfeitamente na figura 3 que nesse período, teve poucos dias sem chuva. O número de dias sem chuva, chama atenção pelos períodos secos em que compromete no manejo do alimento seja

para a população e animal, sendo que esse último, pecuaristas soltam os animais para se alimentarem na Caatinga, sobrevivendo mesmo com pouca pastagem ofertada (Barros *et al.*, 2018).

A Figura 4 apresenta o resultado para o estudo no número de dias com chuvas na bacia hidrográfica do Rio Brígida no período de 2004 a 2019. Nota-se que os dados apresentaram um comportamento simétrico entre as cidades da bacia, sem grandes variações ao longo da série. No município de Ipubi, o ano que apresentou maior número de dias chuvosos foi 2005, embora nas outras cidades a quantidade de dias de chuva tenha permanecido próxima a linha de tendência da média. Para a maior parte dos municípios, o ano de 2009 apresentou maior número de dias com chuva.

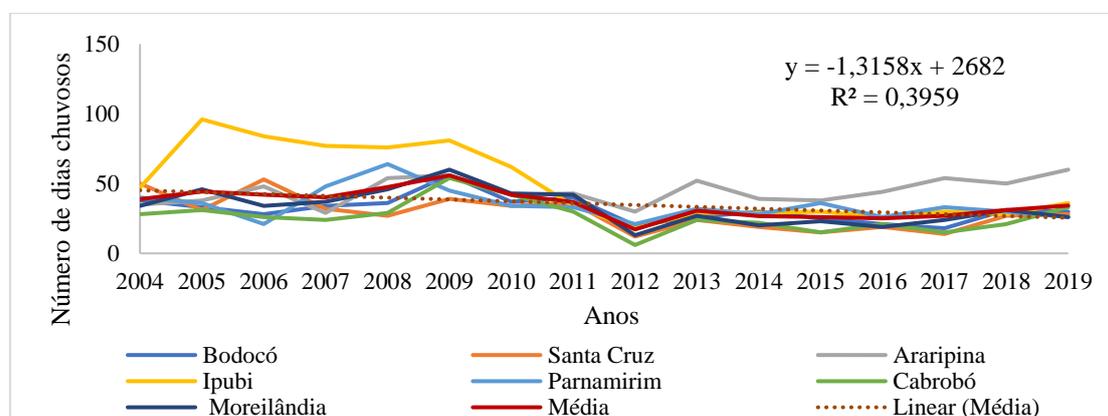


Figura 4. Série anual de número de dias chuvosos no período de 2004 a 2019, para cada município da bacia do Rio Brígida.

O ano de 2012 apresentou o menor número de dias chuvosos na série, quando os postos registraram um número de dias chuvosos abaixo da média, indicando este ano como o ano mais seco no período avaliado. Em 2013, observa-se um aumento da precipitação anual, comparado ao ano anterior, entretanto, a partir deste ano, o número de dias chuvosos se mantém na média. Este resultado corrobora com Almeida *et al.* (2020), que ao analisarem a precipitação ao longo do Estado de Pernambuco, encontraram o ano de 2012 como o de menor precipitação nesta região.

A Figura 5 apresenta o resultado obtido na análise de dias com precipitação acima de 5 mm para cada município da bacia do Rio Brígida, para o período de 2004 a 2019. Diferentemente do número de dias chuvosos, o número de dias com chuvas acima de 5 mm apresentou maior variabilidade entre os municípios, mostrando um comportamento pluviométrico assimétrico dos dados de cada município. Pode-se observar que assim como o número de dias chuvosos, os anos que se destacaram foram 2009, por apresentar elevado índice de dias de chuva maior de 5 mm e 2012, por apresentar uma queda deste parâmetro.

Ao comparar as figuras 4 e 5, o município de Ipubi se destaca por apresentar variação no comportamento no número de dias chuvosos e com chuvas acima de 5 mm. O ano de 2012 é o ano de menor índice de dias chuvosos, entretanto a partir deste ano o município passa a registrar elevado número de dias com precipitação acima de 5 mm. Ou seja, embora esteja diminuindo o número de dias chuvosos na região, o número de dias com precipitações maiores que 5 mm vem crescendo.

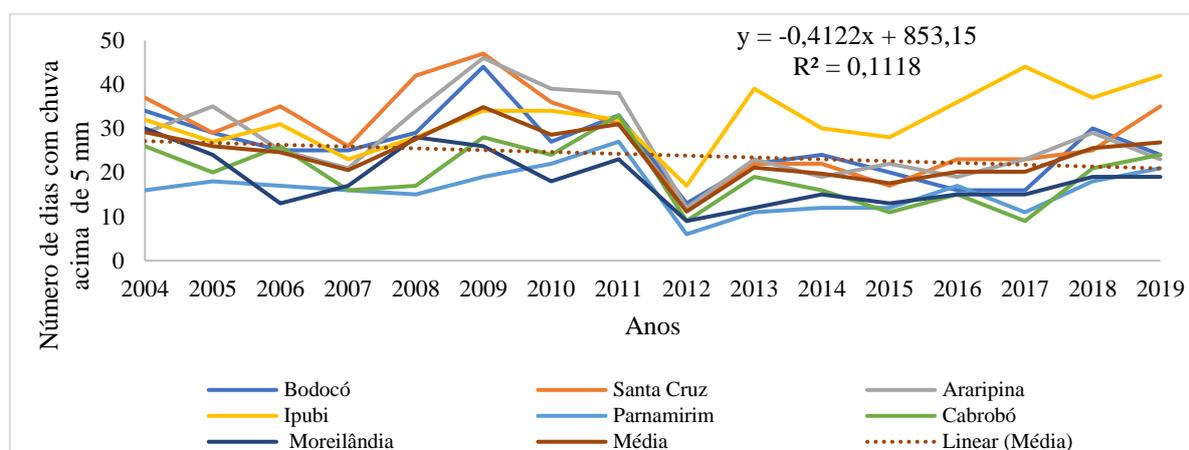


Figura 5. Série anual de número de dias com chuva acima de 5 mm, no período de 2004 a 2019, para cada município da bacia do Rio Brígida.

Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) para o número de dias sem chuvas, o número de dias chuvosos e o número de dias com precipitação acima de 5 mm, foram, respectivamente, 0,51, 0,40 e 0,11. Carvalho *et al.* (2020), ao estudarem a variabilidade da precipitação no Nordeste, encontraram valores semelhantes, com  $R^2$  variando entre 0,02 e 0,48 e afirmaram que os mesmos são significativos, devidos às grandes incertezas nos estudos sobre o regime de chuvas baseando no teste S de análise de Mann-Kendal.

A diminuição da precipitação e o aumento de dias sem chuva como foi mostrado nas figuras 4 e 5, requer uma atenção das autoridades para realização de um planejamento e gestão dos recursos hídricos para que a população e atividade agrícola não seja afetado ou diminuição dos danos agrícolas.

### 3- CONCLUSÕES

A realização deste estudo da realização da análise da tendência da precipitação da bacia do rio Brígida, contribui de certa forma para que os gestores realizem com ações conjuntas com a população para se adaptarem a possíveis problemas relacionados a climatologia.

As análises utilizadas no presente trabalho contribuíram na compreensão da variabilidade da precipitação na bacia do Rio Brígida, constatando uma semelhança entre as cidades na distribuição da série histórica analisada de precipitação.

Foi possível concluir que ocorreu uma distribuição normalizada da precipitação na bacia hidrográfica do Rio Brígida no decorrer dos anos de 2004 a 2019.

O uso de ferramenta como Excel® e testes estatísticos para verificar a distribuição e normalidade e, tendência da precipitação na bacia, contribuindo no gerenciamento e planejamento de ações de manejo na bacia do Rio Brígida.

Foi possível concluir que ocorreu uma distribuição normalizada da precipitação na bacia hidrográfica do Rio Brígida no decorrer dos anos de 2004 a 2019.

Há uma semelhança entre as cidades na distribuição da série histórica analisada. Foram identificados padrões de precipitação na Bacia do Brígida no período de dezembro a abril. Foram identificados padrões de precipitação na Bacia do Brígida no período de novembro a abril caracterizado como período chuvoso.

A bacia apresenta tendência decrescente no número de dias chuvosos e de precipitações acima de 5 mm, estes resultados apontam um agravamento no processo de desertificação de parte da região da bacia do Rio Brígida, além de comprometer a atividade agrícola na região.

A realização deste estudo da análise da tendência da precipitação da bacia do rio Brígida, contribui para que os gestores realizem com ações conjuntas com a população para se adaptarem a possíveis problemas relacionados a climatologia.

#### **4- AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo projeto financiado APQ 0300-5.03/17 e pela bolsa de pós-graduação do primeiro autor e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro à pesquisa.

#### **5- REFERÊNCIAS**

ACCIOLY, L. D. O., CAVALCANTI JUNIOR, E. D. A., da Silva, A. B., & SOARES, J. D. (2015). Mudanças no uso e cobertura das terras da bacia do rio Brígida, em Pernambuco, e suas implicações no processo de desertificação. In *Embrapa Solos-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35., 2015, Natal. O solo e suas múltiplas funções: anais. Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

- ALMEIDA, G.G.L., PAIVA, A.L.R.; OLIVEIRA, L.M.M., LEONARDO, H.R.A. (2020) “Análise de índices climático para avaliação do efeito de mudanças climáticas”. *Revista brasileira de geografia física* 13(1), pp.1-17.
- APAC. Bacias Hidrográficas. Disponível em: <[http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page\\_id=5&subpage\\_id=13](http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=5&subpage_id=13)>. Acesso em: 08 ago. 2020.
- ARAÚJO, H.L., MONTENEGRO, A.A.A., CARVALHO, A.A., SILVA, E.C., GONÇALVES, G.E. (2020). “Espacialização da precipitação na bacia hidrográfica do rio Brígida no semiárido de Pernambuco”. *Rev. Bras. de geografia física*, 3(1), pp.391-405.
- ASSIS, J. M., SOBRAL, M. C. M., SOUZA, W. (2012). “Análise de Detecção de Variabilidades Climáticas com Base na Precipitação nas Bacias Hidrográficas do Sertão de Pernambuco”. *Rev. Brasileira de geografia física*, 3, pp.630-645.
- BARROS, J.R.L.; CRUZ, G.R.B. MELO, D.A.; SANTOS, D.G. (2018). “Caracterização do manejo alimentar de caprinos e ovinos na microrregião do cariri ocidental do estado da Paraíba”. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 13(4), pp.144-151.
- CARVALHO, A.A., LOPES, I., SILVA, O.F. (2019). “Tendências observadas na precipitação sobre a bacia do Riacho do Navio (Pernambuco). *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, v.42(4), pp.1-15.
- FERREIRA, P.S., GOMES, V.P., GALVÍNCIO, J.D., SANTOS, A. M., SOUZA, W. M. (2017). “Avaliação da tendência espaço-temporal da precipitação pluviométrica em uma região semiárida do estado de Pernambuco”. *Revista Brasileira de Climatologia*, 21(13), pp.113-134.
- FLATO, M., MUTTARAK, R., PELSER, A. (2017). “Women, Weather, and Woes: The Triangular Dynamics of Female -Headed Households, Economic Vulnerability, and Climate Variability in South Africa”. *World Development*, 90(17), pp.41–62.
- FRAZIER, A. G., GIAMBELLUCA, T. W., DIAZ, H. F., NEEDHAM, H. L. (2016). “Comparison of geostatistical approaches to spatially interpolate month-year rainfall for the Hawaiian Islands”. *International Journal of Climatology*, 36(3), pp.1459–1470.
- JUNIOR, A.I.O., MARTINS, E.S., COSTA, C.T.F., CALDAS, H.F.M. (2019). “Análise da precipitação e determinação de equações de chuvas intensas para o município de Crato-CE situado no semiárido do Brasil”. *Revista GEAMA*, 5(3), pp.56-65.
- JÚNIOR, J.B.C., Bezerra, B. G. (2018). “Análises da evapotranspiração de referência e do índice de aridez para o Nordeste do Brasil”. *Revista de geociências do nordeste*, 4, pp.71–89.
- LOPES, H. L., CANDEIAS, A.L.B., ACCIOLY, L.J.O., SOBRAL, M.C.M., PACHECO, A.P. (2010). “Parâmetros biofísicos na detecção de mudanças na cobertura e uso do solo em bacias hidrográficas”. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(11), pp.1210-1219
- MUTTI, P. R., DE ABREU, L. P., ANDRADE, L.M.B., SPRYRIDES, M. H. C., LIMA, K. C., OLIVEIRA, C. P., BEZERRA, B. G. (2020). “A detailed framework for the characterization of rainfall climatology in semiarid watersheds”. *Theoretical and Applied Climatology*, 139(1), 109-125.
- SILVA, M.J., QUEIROZ, M.G., JARDIM, A.M.R.F., JÚNIOR, G.N.A., SILVA, T.G.F. (2018). “Gradientes pluviométricos do estado de Pernambuco: uma análise do litoral ao semiárido”. *Revista Engenharia na Agricultura*, 26(3), pp.240-249.