

Avaliação climática na bacia hidrográfica do Rio Gramame, Estado da Paraíba, Brasil

Climate assessment in the Gramame River basin, State of Paraíba, Brazil

Evaluación climática en la cuenca del Río Gramame, Estado de Paraíba, Brasil

Recebido: 08/11/2023 | Revisado: 25/11/2023 | Aceitado: 26/11/2023 | Publicado: 29/11/2023

José Mácio Ramalho Teódulo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5458-4633>

Universidade Estadual da Paraíba, Brasil

E-mail: macioteodulo@gmail.com

Edson Vicente da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5688-750X>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: cacau@ufc.br

Carlos da Silva Cirino

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4468-3686>

Universidade Estadual da Paraíba, Brasil

E-mail: carlos-cirino@hotmail.com

Marcos José Ramalho Teódulo

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7614-3080>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: teodulo71@gmail.com

Resumo

O regime pluviométrico no Nordeste do Brasil está de uma forma em geral condicionado a sistemas convectivos de mesoescalas associados a agrupamento de nuvens e tempestades. Entretanto, esses sistemas meteorológicos estão subordinados a dinâmica atmosférica em escala sinótica causando uma grande variabilidade espacial e temporal. O regime fluvial e hidrogeológico de uma região encontra-se na dependência dos tipos de clima atuante sobre elas, assim, os estudos climatológicos são importantes para análise e diagnóstico de várias questões ambientais. Nesse contexto, o monitoramento dos períodos secos e úmidos em uma bacia de drenagem ganha importância fundamental para a avaliação das condições hidrológicas e a gestão ambiental das reservas públicas. Assim, o presente trabalho visou utilizar o índice de anomalia de chuva (IAC), para o monitoramento de períodos secos e úmidos e suas intensidades na bacia hidrográfica do Rio Gramame, bem como, verificar os sistemas meteorológicos atuantes no litoral sul do Estado da Paraíba para que possa fornecer subsídios ao planejamento e gestão ambiental. Nesse estudo foram utilizados dados mensais de temperatura e precipitação de 9 estações localizadas na bacia hidrográfica do mencionado rio com uma série histórica de 17 anos. Os resultados mostraram que a bacia hidrográfica do Rio Gramame vem apresentando ao longo da série histórica um comportamento bastante característico com índices pluviométricos relativamente altos, com valores mínimos superiores a 1000 mm/ano. Embora, a série histórica seja relativamente curta, é possível observar um equilíbrio inerente entre os anos secos e úmidos, com uma pequena predominância para os anos secos.

Palavras-chave: Precipitação pluvial; Índice de anomalia de chuva; Gestão ambiental.

Abstract

The rainfall regime in Northeast Brazil is generally conditioned by mesoscale convective systems associated with cloud clusters and storms. However, these meteorological systems are subordinated to atmospheric dynamics on a synoptic scale, causing great spatial and temporal variability. The fluvial and hydrogeological regime of a region depends on the types of climates acting on them, therefore, climatological studies are important for analysing and diagnosing various environmental issues. In this context, monitoring dry and wet periods in a drainage basin gains fundamental importance for the assessment of hydrological conditions and the environmental management of public reserves. Thus, the present work aimed to use the rainfall anomaly index (IAC) to monitor dry and humid periods and their intensities in the Gramame River basin, as well as verify the meteorological systems operating on the southern coast of the State of Paraíba. so that it can provide subsidies for environmental planning and management. In this study, monthly temperature, and precipitation data from 9 stations located in the hydrographic basin of the aforementioned river were used, with a historical series of 17 years. The results showed that the Gramame River basin has been exhibiting a very characteristic behaviour throughout the historical series with relatively high rainfall rates,

with minimum values exceeding 1000 mm/year. Although the historical series is relatively short, it is possible to observe an inherent balance between dry and wet years, with a small predominance of dry years.

Keywords: Rainfall; Rain anomaly index; Environmental management.

Resumen

El régimen de precipitaciones en el Nordeste de Brasil está generalmente condicionado por sistemas convectivos de mesoescala asociados a acumulaciones de nubes y tormentas. Sin embargo, estos sistemas meteorológicos están subordinados a la dinámica atmosférica a escala sinóptica, provocando una gran variabilidad espacial y temporal. El régimen fluvial e hidrogeológico de una región depende de los tipos de clima que actúan sobre ella, por ello, los estudios climatológicos son importantes para analizar y diagnosticar diversas cuestiones ambientales. En este contexto, el seguimiento de los períodos secos y húmedos en una cuenca hidrográfica adquiere una importancia fundamental para la evaluación de las condiciones hidrológicas y la gestión ambiental de las reservas públicas. Así, el presente trabajo tuvo como objetivo utilizar el índice de anomalía de lluvia (IAC) para monitorear los períodos secos y húmedos y sus intensidades en la cuenca del Río Gramame, así como verificar los sistemas meteorológicos que operan en la costa sur del Estado de Paraíba. puede proporcionar subsidios para la planificación y gestión ambiental. En este estudio se utilizaron datos mensuales de temperatura y precipitación de 9 estaciones ubicadas en la cuenca hidrográfica del río antes mencionado, con una serie histórica de 17 años. Los resultados mostraron que la cuenca del Río Gramame viene exhibiendo un comportamiento muy característico a lo largo de la serie histórica con precipitaciones relativamente altas, con valores mínimos superiores a los 1000 mm/año. Aunque la serie histórica es relativamente corta, es posible observar un equilibrio inherente entre años secos y húmedos, con un pequeño predominio de años secos.

Palabras clave: Lluvia; Índice de anomalías de lluvia; Gestión ambiental.

1. Introdução

A distribuição das chuvas no Nordeste do Brasil apresenta grande variabilidade espacial e temporal. Os períodos de seca durante a estação das chuvas causam prejuízos econômicos e sociais com reflexos no setor agrícola e no aporte hídrico. O regime fluvial e hidrogeológico possui relação direta com o clima, assim, os estudos climatológicos são importantes para análise e diagnóstico de várias questões ambientais. A compreensão das características espaciais e temporais da precipitação pluviométrica de uma localidade, é fundamental para a eficácia da gestão dos recursos hídricos de forma sustentável (Silva Neto et al., 2021). Assim, a caracterização da precipitação, além de ser essencial à estimativa do balanço hídrico é variável fundamental no planejamento e zoneamento territorial, na gestão dos recursos hídricos, nos serviços públicos de saneamento básico e abastecimento de água, no setor elétrico e no agronegócio, dentre outros (Rocha et al., 2021).

Nesse contexto, os recursos hídricos podem ser utilizados como estratégias de desenvolvimento e administração de conflitos e proteção do meio ambiente. A adoção de uma bacia hidrográfica como unidade integradora para planejamento e gestão, definida pela lei das Águas, Lei nº 9.433/1997, é justificada entre outros fatores pela possibilidade de se estabelecer diferentes objetivos para o reconhecimento e estudo dos aspectos ambientais, estruturais e dinâmicos, conectando os grupos sociais aos aspectos ambientais e facilitando a aplicação da legislação específica (AESA, 2023).

Entre os diversos fatores que estudam mostram que o regime de precipitação pluvial na Região Nordeste do Brasil é influenciado por sistemas atmosféricos se movimentando no sentido geral Leste-Oeste (Gan & Kousky, 1981). Os principais sistemas são: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtice Ciclônico de Ar Superior (VCAs), Massa Polar Atlântica (MPA), Complexos Convectivos de Mesoescalas (CCMs), Aglomerados Convectivos ou Ondas de Leste (OL). Estes sistemas podem ser modificados por fatores locais como, altitude, declividade, orientação das vertentes e cobertura vegetal, assim como por sistemas atmosféricos anômalos relacionados à escala sinótica.

“O reconhecimento da importância da convergência de campos de vento na produção do tempo tropical, nas décadas de 1940-1950, levou à designação da convergência dos ventos Alísios como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)” (Barry & Chorley, 2013, p. 323). Este sistema meteorológico é constituído por uma série de nuvens que circulam a faixa equatorial da superfície terrestre, formada pela confluência dos ventos alísios, provenientes de nordeste, hemisfério norte, e sudeste, hemisfério sul, na baixa atmosfera. A ZCIT tem sua participação mais significativa sobre as áreas oceânicas e por esta

razão, a Temperatura da Superfície do Mar (TSM), é um dos fatores mais influentes para sua posição e intensidade (Uvo & Berndsson, 1996).

A ZCIT desloca-se sazonalmente entre os hemisférios norte e sul, normalmente, ela migra de sua posição mais a norte, aproximadamente 14° Norte, entre os meses de agosto e setembro para posições mais ao sul, aproximadamente 4° Sul, entre os meses de março e abril. Sendo apontado como o principal mecanismo responsável pela abundância das chuvas no Nordeste do Brasil (Molion & Bernardo, 2002).

Os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAs) são bandas de nuvens originadas no Oceano Atlântico, e possuem uma forma aproximada de um disco com rotação horária. No centro destes vórtices, o ar é forçado a descer causando um aumento de pressão no seu interior, dificultando a formação de nuvens. A umidade que vai sendo empurrada vai se concentrando na periferia dos VCAs onde há uma intensa formação de nuvens causadoras de chuvas. Os efeitos desse sistema sobre a precipitação no Norte e Nordeste do Brasil são bastante evidentes, principalmente quando se originam sobre o continente. (Cavalcanti et al., 2009). Os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAs), atingem a região Nordeste, preferencialmente entre os meses de novembro a março, atuando por um período aproximado de uma semana (Gan & Kousky, 1981).

A participação da Massa de Ar Polar Atlântica (MPA), na região Nordeste do Brasil está associada aos sistemas frontais deslocados do Sul e Sudeste do Brasil, mas com origem no extremo sul do continente sul-americano, onde são divididos em dois ramos distintos, o Atlântico (FPA) e o Pacífico (FPP). O ramo Atlântico alcança o Brasil favorecido pela calha natural da drenagem da Bacia Platina aproveitando-se da queda da temperatura de inverno no interior do Brasil, e dos reduzidos valores de umidade do ar e baixa pluviosidade no centro do continente, deslocam-se para a faixa litorânea dando origem as chuvas entre o final do verão e inverno no leste do Brasil (Mendonça & Oliveira, 2007).

As linhas de instabilidade são grupos de nuvens que auxiliam na distribuição das chuvas no Nordeste do Brasil. Essas nuvens são geralmente do tipo cúmulos-nimbo, originadas pela grande incidência de radiação solar sobre a faixa tropical do globo terrestre, e recebem este nome por estarem organizadas em forma de linha. De acordo com Cavalcanti (1982), um dos fatores que pode contribuir para o desenvolvimento das linhas de instabilidade é a sua aproximação da ZCIT entre os meses de fevereiro e março.

Os Complexos Convectivos de Mesoescalas (CCMS) são sistemas atmosféricos constituídos por amontoados de nuvens originados pelas condições dos fatores locais, como temperatura, umidade, pressão atmosférica, relevo etc., causando eventos chuvosos intensos e de curta duração frequentemente acompanhados de fortes rajadas de vento (Ferreira & Mello, 2005). Segundo esses autores, com forte atuação na área de estudo.

Os sistemas atmosféricos denominados de Aglomerados Convectivos (ACs), estão associados a distúrbios ondulatórios conhecidos como Ondas de Leste (OL), formadas sobre a influência dos ventos alísios no campo da pressão atmosférica correspondentes à faixa tropical do globo terrestre. Estes sistemas oriundos da costa ocidental africana se deslocam com grande velocidade, preferencialmente no sentido oeste-leste atingindo a costa leste do Brasil e favorecendo as precipitações sobre a região costeira do Estado da Paraíba (Haylock et al., 2006; Santos et al., 2006).

Em consequência da atuação dos sistemas atmosféricos supracitados, o aporte hídrico da bacia hidrográfica do Rio Gramame fica na dependência de tais eventos colocando em risco o abastecimento da população na região metropolitana de João Pessoa, Estado da Paraíba, assim como a estabilidade e manutenção dos sistemas agrícolas e hidrológicos. Nesse sentido, faz-se necessário o estabelecimento de estudos que tenha a finalidade de identificar possíveis variações da redução e/ou aumento da precipitação pluviométrica, área de atuação, o intervalo de tempo e a veemência dos eventos meteorológicos e os seus efeitos sobre os aspectos socioeconômicos e ambientais.

O presente trabalho visou monitorar os períodos secos e úmidos e suas intensidades na bacia hidrográfica do Rio Gramame, bem como, verificar os principais sistemas meteorológicos atuantes no litoral sul do Estado da Paraíba para que possa fornecer subsídios ao planejamento e gestão ambiental.

2. Metodologia

A bacia Hidrográfica do Rio Gramame está localizada no litoral sul do Estado da Paraíba (Figura 1) possui uma área de 591,63 km², abrangendo os seguintes municípios: João Pessoa, Santa Rita, Conde, Alhandra, Pedras de Fogo, Cruz do Espírito Santo e São Miguel do Taipu. A bacia abriga o principal reservatório de água para o consumo humano da região metropolitana de João Pessoa. A barragem Gramame-Mamuaba abastece a capital paraibana e municípios adjacentes, e representa elemento essencial para o desenvolvimento social, econômico e ecológico da região.

Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Gramame.



Fonte: Téodulo (2014).

No desenvolvimento da pesquisa foram utilizados dados de precipitação pluvial mensais com uma série histórica de 17 anos (1994-2011) fornecidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA. O cálculo do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) foi realizado partir da metodologia estabelecida por Rooy (1965) e adaptada por Freitas (2004), para classificar o ano como seco normal ou chuvoso, utilizando as seguintes equações:

$$IAC = 3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right], \text{ para anomalias positivas,} \quad (1)$$

$$IAC = -3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right], \text{ para anomalias negativas,} \quad (2)$$

Sendo:

N = precipitação mensal atual (mm);

\bar{N} = precipitação média mensal da série histórica (mm);

\bar{M} = média das dez maiores precipitações mensais da série histórica (mm);

\bar{X} = média das dez menores precipitações mensais da série histórica (mm).

A partir da metodologia de Freitas (2004 & 2005) adaptada por Araújo, Moraes Neto e Sousa (2009) foi utilizada a classificação de anos secos e úmidos, como vista na Tabela 1.

Tabela 1 - Classes de Intensidade do Índice de Anomalia de Chuva da bacia do Rio Gramame.

	Faixa do IAC	Classe de Intensidade
Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	De 4 acima	Extremamente Úmido
	2 a 4	Muito Úmido
	0 a 2	Úmido
	0 a -2	Seco
	-2 a -4	Muito Seco
	De -4 abaixo	Extremamente Seco

Fonte: Freitas (2005) readaptada por Araújo et al. (2009).

A temperatura média do ar foi estimada utilizando o software Estima T, desenvolvido pela Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) com uma série histórica de 28 anos de dados (1986-2013), distribuída ao longo da bacia (Tabela 2).

Tabela 2 - Localização das estações pluviométricas na bacia do Rio Gramame.

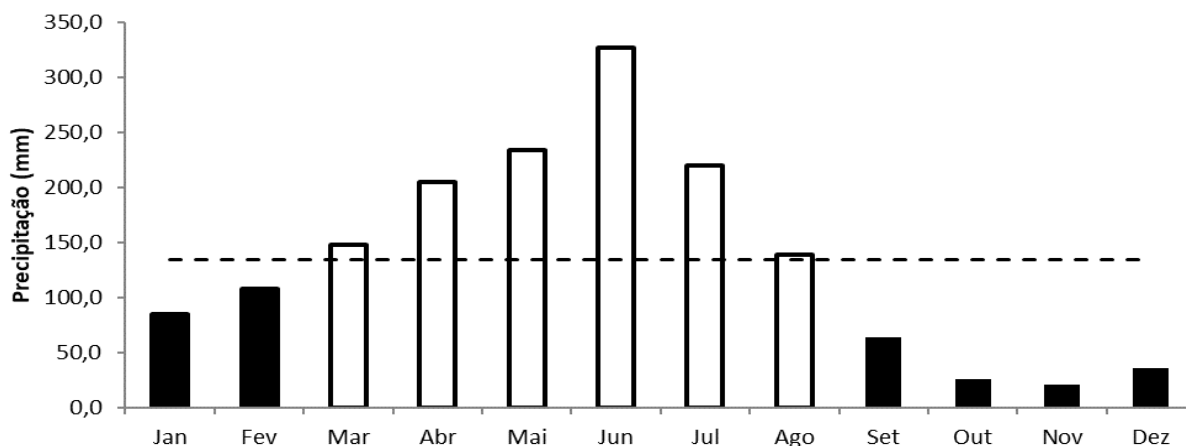
Estações Pluviométricas	Latitude	Longitude	Altitude (m)
João Pessoa/Mangabeira	34,8131	-7,1972	27
Conde/Açude Gramame-Mamuaba	34,9601	-7,2892	36
Pedras de Fogo/Sede Municipal	35,1175	-7,4014	173
João Pessoa/Mangabeira	34,8131	-7, 1972	40
João Pessoa/Mares	34,9089	-7,1558	56
Santa Rita/Sede Municipal	34,9828	-7, 1406	90
Santa Rita/Indaiá	35,0319	-7,2246	78

Fonte: Teódulo (2014).

3. Resultados e Discussão

A Figura 2 apresenta a climatologia da bacia do Rio Gramame. Verifica-se um equilíbrio na distribuição temporal entre os períodos secos e úmidos, com uma precipitação média de 134,4 mm, apresentando seis meses úmidos e seis meses com precipitação abaixo da média anual.

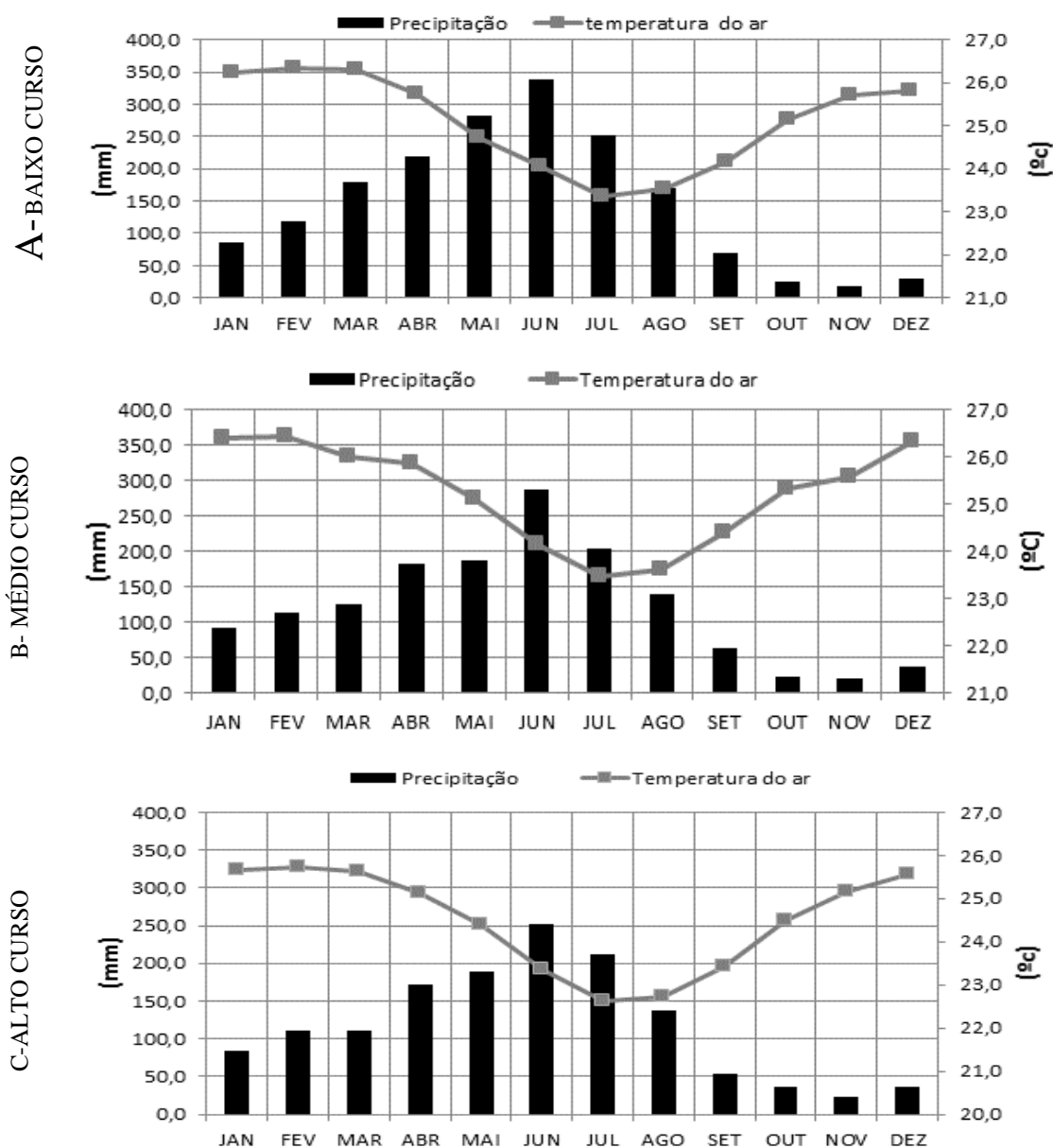
Figura 2 - Fluviograma da bacia hidrográfica do Rio Gramame.



Fonte: Teódulo (2014).

Com base na distribuição espaço-temporal das chuvas na bacia hidrográfica do Rio Gramame pode-se verificar na Figura 2 que as precipitações estão bem distribuídas ao longo do ano. O período mais úmido ocorre durante os meses de março a agosto. Nesse semestre observam-se precipitações superiores a 200 mm/mês e média de 326,7 mm com a quadra chuvosa de abril a julho, tendo junho como o mês de maior precipitação pluviométrica, caracterizando o inverno. O período estiagem acontece entre os meses de setembro a fevereiro. Observa-se que a quadra mais seca transcorre de setembro a dezembro, tendo outubro como o mês mais seco, e média de 35,7 mm. As precipitações pluviométricas sobre a bacia hidrográfica do Rio Gramame apresentam um padrão geral no sentido Leste-Oeste favorecida pela interação entre os sistemas atmosféricos de meso e macro escala que transporta a umidade do oceano Atlântico na direção do continente. A Figura 3 apresenta o climatograma da bacia para três estações seccionadas no baixo (Mangabeira), médio (Santa Rita) e alto (Pedras de Fogo) curso da bacia do Rio Gramame.

Figura 3 - Climatograma da bacia hidrográfica do Rio Gramame.



Fonte: Teódulo (2014).

A chuva acumulada no baixo curso do Rio Gramame, no primeiro semestre, foi de 1.275,8 mm e representa 71,44% do acumulado anual. Já o acumulado dos meses mais chuvosos (abril a julho) é de 925,8 mm e correspondem a 59,4% do total de precipitações. As chuvas acumuladas no segundo semestre é de apenas 515,5 mm e representa 28,56% do acumulado anual.

A distribuição espacial das precipitações na área de estudo foi obtida de acordo as isoietas da bacia. Os maiores valores estão situados na planície litorânea e nos baixos planaltos costeiros. Estes índices vão diminuindo na direção oeste da área de estudo, na medida em que se distanciam do litoral, estabelecendo assim, o padrão geral das precipitações no sentido Leste-Oeste (Figura 4).

No entanto, as precipitações do extremo oeste da bacia do Rio Gramame são superiores a 1200 mm anuais, estando estes valores associados aos distúrbios ondulatórios de Leste e a diferenças térmicas, aquecimento e resfriamento, entre as áreas continentais e oceânicas dando origem ao fenômeno das brisas marinha e terrestre.

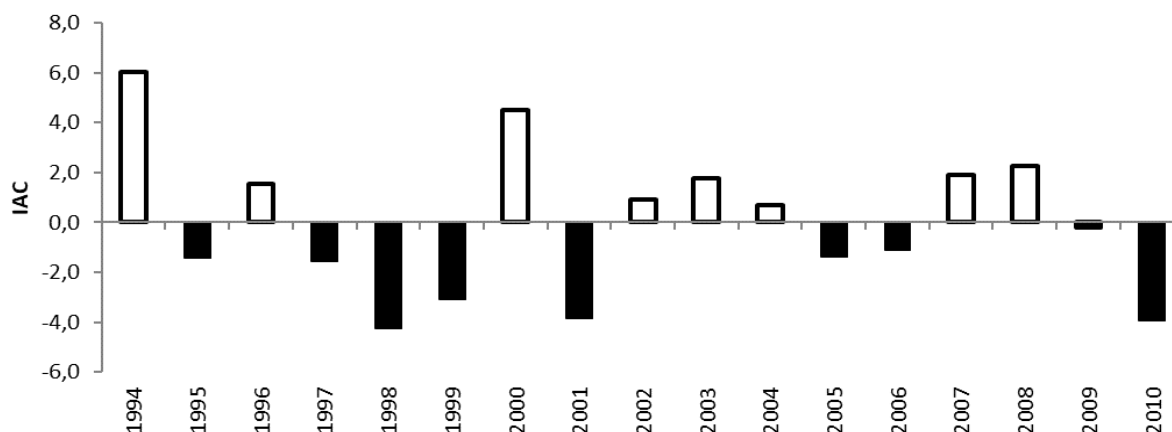
Figura 4 - Pluviometria da Bacia Hidrográfica do Rio Gramame.



Fonte: Teódulo (2014).

Como pode ser observado na Figura 5 o índice de anomalia de chuva (IAC) é assinalado por uma sequência alternada de anos secos e chuvosos. Os valores positivos descrevem os anos mais úmidos enquanto os valores negativos retratam os anos mais secos, com distintos níveis de intensidade. Observa-se que o período é composto por oito anos úmidos, variando entre as classes de Extremamente Úmido (1994 e 2000) Muito Úmido (2003; 2007; 2008) Úmido (1996; 2002; 2004). Entretanto, verifica-se que há uma ligeira predominância de períodos secos, com nove anos secos ao longo da série sendo classificados como Seco (1995; 1997; 2005; 2006; 2009) Muito Seco (1998; 1999; 2001) e Extremamente Seco (2010). De acordo com (Santos et al., 2015) que analisaram a distribuição espaço temporal das chuvas na bacia do Rio Mamanguape, concluíram que a diminuição do intervalo entre os anos secos consecutivos intercalados por ano úmido denota um favorecimento ao aporte hídrico da bacia, tal qual a bacia do Rio Gramame no interstício dos anos 2001 a 2010. O referido índice avaliou o grau de severidade dos eventos e de períodos secos e úmidos para série histórica de precipitação.

Figura 5 - Índice de Anomalia de Chuva (IAC) para a bacia hidrográfica do Rio Gramame.



Fonte: Autores (2023).

4. Conclusão

A bacia hidrográfica do Rio Gramame vem apresentando ao longo da série histórica um comportamento bastante característico com precipitações superiores a 1000 mm no acumulado anual. Embora a série histórica seja curta, é possível observar um equilíbrio entre os anos secos e úmidos, com pequena predominância para os anos secos.

Na bacia o semestre úmido apresenta a quadra chuvosa de abril a julho. Enquanto a quadra seca vai de setembro a dezembro. O índice de anomalia de chuva mostrou-se eficiente, pois através dele foi possível identificar não apenas o período úmido, mas também o mês que mais favorece o aporte hídrico da bacia. Foi possível também identificar o comportamento da série histórica podendo a partir desse gerar projeções futuras para a bacia. Consoante a estes benefícios, foi possível especializar precipitação, bem como, identificar a intensidade ou severidade de cada período.

Os resultados obtidos servirão aos órgãos responsáveis pela gestão pública como suporte para uma gestão adequada dos recursos hídricos essenciais para o desenvolvimento socioeconômico da região. Por fim, sugerimos outros trabalhos que tenham como escopo objetivos similares.

Referências

- Agência Executiva de Gestão das Águas - AESA. (2023). *Leis*. Retirado em 7 de novembro, 2023, de <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/documentos/legislacao/leis/>
- Araújo, L. E., Moraes Neto, J. M. & Sousa, F. A. S. (2009). Classificação da precipitação anual e da quadra chuvosa da bacia do Rio Paraíba utilizando índice de Anomalia de Chuva (IAC). *Ambi-Água*, Taubaté, v. 4 (3), p. 93-110.
- Barry, R. G. & Chorley, R. J. (2013). *Atmosfera, tempo e clima*. Porto Alegre: Bookman.
- Cavalcanti, I. F. A., Ferreira, N. J., Silva, M. G. A. J. & Dias, M. A. F. S. (2009). *Tempo e clima no Brasil*. São Paulo: oficina de textos.
- Cavalcanti, I. S. A. (1982). *Um estudo Sobre Interações Entre Sistemas de Circulação de Escala Sinótica e Circulações Locais* (Dissertação de Mestrado em Meteorologia). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo, Brasil.
- Ferreira, G. A. & Melo, N. G. (2005). Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacíficos e atlânticos no clima da região. *Revista Brasileira de Climatologia*, 1(1), 15-28.
- Freitas, M. A. S. (2004). A Previsão de Secas e a Gestão Hidroenergética: O Caso da Bacia do Rio Paraíba no Nordeste do Brasil. In *Anais do Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses, Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses*, Puerto Iguazú, Cáceres, 1, 1-1.
- Freitas, M. A. S. (2005) Um Sistema de Suporte à Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semiáridas. *Revista Tecnologia*, 19 (1), p. 84-95.
- Gan, M. A. & Kousky, V. E. (1981). Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. *Tellus*, 33(6), 538-551.
- Haylock, M. R., Peterson, T. C., Alves, L. M., Ambrizzi, T., Anunciação, Y. M. T., Baez, J., Barros, V. R., Berlato, M. A., Bidegain, M., Coronel, G., Garcia, V. J., Grimm, A. M., Karoly, D., Marengo, J. A., Marino, M. B., Moncunill, D. F., Nechet, D., Quintana, J., Rebello, E., Rusticucci, M., Santos, J. L., Trebejo,

I. & Vincent, L. A. (2006). Trends in total and extreme South American rainfall 1960-2000 and links with sea surface temperature. *Journal of Climate*, 19, 1490-1512.

Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. (1997). Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF. Recuperado de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm

Mendonça, F. A. & Oliveira, I. M. (2007). *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. Oficina de Textos.

Molion, L. C. B. & Bernardo, S. O. (2002). Uma revisão das chuvas no Nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 17 (1), 1-10.

Rocha, M. H. F. F., Oliveira, A. S., Moreira, G. A. Soares, K. J., Marques, R. F. P. V. & Coelho, A. A. (2021). Avaliação do Índice de Anomalia de Chuva para a região central do Estado do Espírito Santo, *Research, Society and Development*, 10 (12), 1-14. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i12.19990>

Rooy, M. P. (1965). Um Índice de Anomalia de Chuva Independente do Tempo e do Espaço. *Notas*, 14, 43.

Santos, E. C. A. L., Araújo, L. E. & Marcelino, A. S. (2015) Análise climática da Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape. *Rev. Bras.Eng.Agríc. Ambient.*, 19 (1), 9-14.

Santos, J. L., Trebejo, I. & Vincent, L. A. (2006). Trends in total and extreme South American rainfall 1960-2000 and links with sea surface temperature. *Journal of Climate*, 19, 1490-1512.

Silva Neto, V. L., Souza, L. B., Viola, M. R., & Moraes, M. A. V. (2021). Variabilidade espacial e temporal da precipitação no Estado do Tocantins, Brasil, *Research, Society and Development*, 10 (3), 1-20. [Dhttp://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13545](http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13545)

Teódulo, J. M. R. (2014). *Geoecologia das paisagens na bacia hidrográfica do Rio Gramame-PB com auxílio de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas* (Tese de Doutorado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil.

Uvo, C. R. B. & Berndsson, R. (1996). Regionalization and spatial properties of Ceará state rainfall in Northeast Brazil. *JGR: Atmospheres*, 101 (2), 4221-4233.