

Análise pluviométrica na Bacia Hidrográfica do Rio Xingu com base no período de 1981 a 2020

Rainfall analysis in the Xingu River Basin based on the period from 1981 to 2020

João Batista Marcelo de Lima¹; Giovanni Chaves Penner²

¹Aluno do Programa de Mestrado Profissional em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil. Orcid: [0009-0007-4325-3082](https://orcid.org/0009-0007-4325-3082) E-mail: joao.marcelo@sqb.gov.br

²Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil. Orcid: [0000-0003-0335-5352](https://orcid.org/0000-0003-0335-5352) E-mail: penner@ufpa.br

RESUMO: O conhecimento acerca da ocorrência das variáveis hidrometeorológicas em uma bacia hidrográfica é fundamental para o planejamento visando garantir o uso múltiplo das águas, preservação ambiental e prevenção contra eventos extremos. De forma a contribuir com tal premissa, este trabalho apresenta o estudo de tendência das chuvas na Bacia Hidrográfica do Rio Xingu (BHRX), no período de 1981 a 2020, no qual foram realizados a análise de propensão dos dados pelos métodos de Mann-Kendall e do gráfico da média móvel de cinco anos, além da variação das Normais Climatológicas (NC) dos períodos de 1981/2010 e 1991/2020. Adicionalmente, visando revelar prognósticos de precipitações médias com 10 a 100 anos de tempo de retorno (Tr), fez-se o ajuste da distribuição teórica Log-Normal, que foi avaliada pelos testes de aderência de Kolmogorov-Smirnov (KS), Qui-Quadrado (χ^2), Filliben (Fi) e Anderson-Darling (AD). Os resultados mostram séries históricas sem tendência e variação ínfima entre os dois intervalos de NC, que se estabelece no patamar de -0,5%. Em um cenário para Tr entre 10 e 100 anos, as estimativas revelam precipitações superiores à média histórica (MH) na ordem de 10,0% a 20,0%. Desta forma, observa-se um cenário promissor, na BHRX, ao planejamento da segurança hídrica, algo que vem ao encontro dos fundamentos das leis ambientais e de recursos hídricos brasileiras, assim como da meta 6.5 do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6-ONU), que trata da implementação da gestão integrada dos recursos hídricos em nível mundial.

Palavras-chave: Segurança hídrica, Bacia Amazônica, Mudanças climáticas, ODS 6-ONU, Amazônia.

ABSTRACT: Knowledge about the occurrence of hydrometeorological variables in a river basin is fundamental for planning to ensure the multiple use of water, environmental preservation and prevention against extreme events. In order to contribute to this premise, this work presents the study of rainfall trends in the Xingu River Hydrographic Basin (XRHB), from 1981 to 2020, in which data propensity analysis was carried out using Mann-Kendall methods. and the five-year moving average graph, in addition to the variation in Climatological Normals (CN) for the periods 1981/2010 and 1991/2020. Additionally, aiming to reveal predictions of average rainfall with 10 to 100 years of return time (Rt), the Log-Normal theoretical distribution was adjusted, which was endorsed by the Kolmogorov-Smirnov (KS), Qui-Square (χ^2), Filliben (Fi) and Anderson-Darling (AD). The results show historical series with no trend and minimal variation between the two CN intervals, which is established at the level of -0.5%. In a scenario for RT between 10 and 100 years, the estimates reveal precipitation higher than the historical average (HA) in the order of 10,0% to 20,0%. In this way, there is a promising scenario, at XRHB, for water security planning, something that meets the foundations of Brazilian environmental and water resources laws, as well as target 6.5 of Sustainable Development Goal 6 (SDG 6 - UN), which deals with the implementation of integrated management of water resources at a global level.

Keywords: Water security, Amazon Basin, Climate change, SDG 6-UN, Amazon.

INTRODUÇÃO

A Amazônia desempenha um papel fundamental nos ciclos de carbono e hidrológico do planeta. O aumento da temperatura global vai, paulatinamente, alterar o regime de chuvas em todos os continentes, possibilitando a ocorrência de eventos extremos de cheias e secas mais frequentes (Silva *et al.*, 2021; INMET, 2023). Deste modo, estima-se no futuro uma Amazônia dicotômica, com regiões apresentando altos índices pluviométricos e outras sem chuvas por longos períodos, sendo necessário, portanto, a ampliação de estudos que indiquem possíveis feições do clima no futuro, para direcionar ações mitigadoras dos impactos à sociedade e às cadeias produtivas regionais (Santos *et al.*, 2023).

Neste contexto, a gestão hídrica (GH) tem um papel vital no sentido de impedir que tal cenário se estabeleça no Brasil. Assim sendo, o entendimento a respeito das manifestações dos eventos hidrometeorológicos em bacias hidrográficas se torna elemento indispensável para o planejamento de uso dos recursos hídricos, tendo em vista o estabelecimento da segurança hídrica (ferramenta da GH), em sua mais ampla acepção, onde estão presentes, como objetivos finalísticos, a garantia do uso múltiplo das águas, a preservação ambiental e a prevenção contra eventos extremos, temas fundamentais para o desenvolvimento sustentável do Brasil (IPEA, 2022; ANA, 2023a).

Pelo exposto, afere-se que a análise da parte atmosférica do ciclo hidrológico, ou seja, as chuvas, é de grande importância para a GH, pois estas são responsáveis pela magnitude das vazões nos cursos d'água, bem como pela renovação dos estoques das águas subterrâneas. Atualmente, as chuvas são monitoradas através da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), que responde por cerca de 80% dos postos pluviométricos em operação no território brasileiro, sendo a Agência Nacional de Águas (ANA) e o Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) as instituições responsáveis pela administração, operação e manutenção da RHN, em trabalho de cooperação técnica (ANA, 2017).

Em termos normativos e legais, a Lei Federal 9433/1997 respalda a gestão das águas no Brasil, ao tempo que fundamenta toda a concepção do Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos (SNIRH), o qual é responsável pelo armazenamento, organização e difusão dos dados obtidos pela RHN, que devem ser reconhecidos como subsídios para nortear ações de preservação ambiental e desenvolvimento socioeconômico da nação brasileira (Brasil, 1997; ANA, 2023b).

Perante tais esclarecimentos, fica nítida, mais uma vez, a necessidade de aferição do potencial das chuvas em renovar os estoques armazenados de águas superficiais e subterrâneas, visando proporcionar o uso múltiplo deste recurso, e fazer estimativas de ocorrência de eventos extremos, para a defesa socioeconômica da população, tudo em prol da gestão integrada água/sociedade/ambiente (Santos *et al.*, 2023).

Concepção semelhante é transmitida por Penner *et al.* (2023), em trabalho científico que destaca a relevância do conhecimento de estoques de água subterrânea para a gestão hídrica, algo que ainda é escasso na literatura relacionada às zonas tropicais, como a Amazônia, o que leva os pesquisadores a lançar mão de métodos indiretos para estimar volumes de água e parâmetros hidrogeológicos.

De acordo com Darwich, Aprile e Siqueira (2024), que estudaram a distribuição das chuvas na Amazônia brasileira, os anos hidrológicos, nesta região, não obedecem a um único período, ao contrário, se distribuem entre abril/março e outubro/setembro, no

sentido Norte-Sul, bem como entre dezembro/novembro e outubro/setembro, no sentido Leste-Oeste. A partir destas informações, obtidas na análise de totais precipitados em sete capitais da região norte do Brasil, observa-se a dificuldade em investigar a tendência das chuvas tendo por base o ano hidrológico na Amazônia.

Este fato é corroborado pelo Relatório de Operação do Sistema de Alerta Hidrológico do Rio Xingu (curso d'água da Região Hidrográfica Amazônica), que anualmente é formulado para mostrar à sociedade a dinâmica de cheias do referido rio e suas consequências para os componentes ambientais de sua bacia hidrográfica. Tal sistema é uma importante ferramenta para o planejamento da segurança hídrica, já que depois do início de operação da Usina Hidrelétrica (UHE) de Belo Monte, mais de 190.000 pessoas ficaram em situação de vulnerabilidade a cheias e inundações, na BHRX. No citado documento pode-se ver que nos trechos alto, médio e baixo Xingu há distinção entre os períodos chuvosos, sendo que as precipitações mais intensas se manifestam, anualmente, no sentido Sul-Norte da bacia (Oliveira; Matos, 2023).

Nas circunstâncias ora descritas, de população vulnerável, operação de UHE que gera energia limpa para o País, e pelo fato de ser componente da Região Hidrográfica Amazônica (RH Amazônica), que no biênio 2023/2024 apresentou uma severa estiagem (INPE; INMET, 2023), a BHRX torna-se um alvo estratégico para estudos em recursos hídricos, pois, atendendo aos normativos brasileiros, os conhecimentos advindos dos referidos estudos devem embasar a GH, com o objetivo de harmonizar a relação água/sociedade/ambiente e levar o Brasil a se desenvolver em condições sustentáveis (Brasil, 1997; Santos *et al.*, 2023).

Em consonância com as argumentações apresentadas, neste trabalho pode-se ver um panorama analítico sobre a ocorrência, magnitude e frequência das chuvas na BHRX, nos anos civis entre 1981 e 2020, ao tempo que prognósticos de precipitações médias, em tempos de retorno de até 100 anos, são apresentados, visando estabelecer possíveis cenários para a região. Julga-se que os resultados forneçam subsídios para a implementação da gestão integrada na área de estudo, a qual, como mencionado anteriormente, já alberga uma hidrelétrica (Belo Monte), fundamental para o desenvolvimento socioeconômico do Brasil. Contudo, a implantação deste empreendimento fomentou a degradação socioambiental no município que o abriga, Altamira, conforme exposto por Xavier e Pereira Júnior (2021), que associam este fato também à precária infraestrutura urbana nas áreas impactadas. Adicionalmente, o trabalho de Sevá Filho (2005) traça possíveis, ou prováveis, cenários de impactos da hidrelétrica na BHRX, em médio e longo prazo, nos quais está exposto que as mudanças na dinâmica do Rio Xingu poderão trazer consequências para as comunidades tradicionais da bacia hidrográfica, como também para o fluxo das águas de seus principais afluentes.

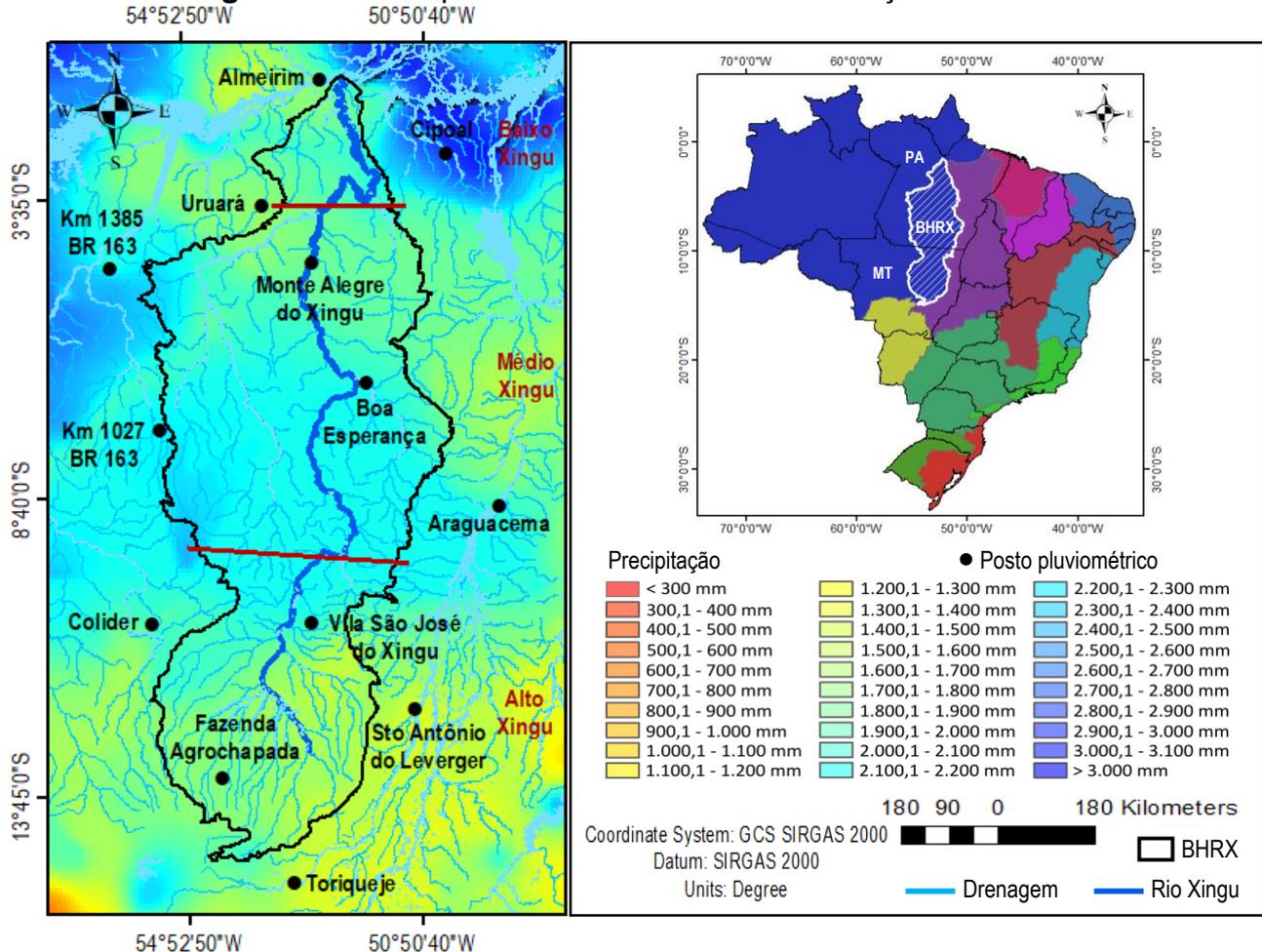
MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Xingu (BHRX) compõe a RH Amazônica e simultaneamente está dividida entre os estados do Pará e Mato Grosso. Tem cerca de 509.000 km², limitando-se a leste com a RH Araguaia/Tocantins e ao sul com a RH do Paraguai. O Rio Xingu apresenta vazão média de longo termo (Q_{MLT}) de 8.548 m³/s e vazão com 95% de permanência (Q_{95}) de 1.184 m³/s (Lucas, 2022).

No que diz respeito aos índices pluviométricos, no Mapa de Isoietas do Atlas Pluviométrico do Brasil (Pinto *et al.*, 2011), é possível observar que no extremo sul da área a precipitação média anual oscila entre 1.400mm e 2.000mm, enquanto na foz do rio principal, esta varia entre 1.800mm e 2.200mm. Contudo, é na porção central da BHRX que se manifestam as mais expressivas alturas de chuva, com valores no intervalo de 2.400mm a 2.600mm (**Figura 1**). Ressalta-se que na citada figura é possível visualizar também os postos pluviométricos utilizados neste trabalho (ANA, 2023b).

Figura 1. Índices pluviométricos anuais e localização da BHRX.



Fonte: Elaborado pelos autores, com dados de Pinto *et al.* (2011) e ANA (2023b).

A área de estudo é influenciada pelos fenômenos climáticos Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), no período seco (maio a outubro), e Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), no período oposto (novembro a abril) (Cunha, 2021). Entretanto, ao longo do ano, outros sistemas meteorológicos atuam na região, como: linhas de instabilidade, além de sistemas convectivos e frontais. Quando há desequilíbrio na atmosfera, essa variabilidade climática tende a produzir eventos extremos de precipitação, que potencializam cheias e estiagens, cuja magnitude é diretamente proporcional aos danos socioeconômicos e ambientais causados nas áreas atingidas (Franco *et al.*, 2018; Back; Galatto; Souza, 2024).

De acordo com Cunha (2021), a BHRX encontra-se na transição entre os biomas Amazônico (92,3%) e Cerrado (7,7%), com 60% de sua superfície ocupada por espaços protegidos. É importante destacar que pesquisa comparativa entre ambientes desmatados e florestados, na Amazônia, comprovou que a substituição de florestas por pastagens provocou uma queda próxima de 30% na evapotranspiração anual, de 25% na precipitação e de 20% no *runoff* na região (Araújo; Ponte, 2016).

Como enfatizado anteriormente, a bacia possui uma hidrelétrica que representa um avanço na busca pela atualização do setor elétrico, em face às demandas sociais e dos setores produtivos brasileiros. Porém, tendo em vista a prática do desmatamento para instalação de pastagens e aumento da produção de grãos, que, segundo estudos hidroclimáticos, pode alterar o ciclo hidrológico na região e ocasionar elevadas temperaturas e secas extremas, este empreendimento corre o risco de ficar inoperante em intervalos mensais, pois no período de estiagem foi comprovada a tendência de diminuição das vazões mínimas no Rio Xingu, algo extremamente prejudicial à regularização de vazões, para fins de geração de energia hidrelétrica (Oliveira *et al.*, 2020; Lipski *et al.*, 2023).

No que diz respeito à altimetria da área, a BHRX apresenta cota de 847m, próximo à nascente do rio principal (Mato Grosso), e cerca de 86m na foz, onde encontra o Rio Amazonas (Pará), vencendo um percurso de 2.000km (Cunha, 2021). Esta característica fisiográfica contribui para que o Xingu apresente vazões mais expressivas do que outros rios com aproveitamentos hidrelétricos. Dentre eles podem ser citados os rios São Francisco e Paraná, que apresentam 50% e 85% da vazão do Xingu no pico de cheia, nas UHEs de Paulo Afonso e Itaipu, respectivamente (Nattrodt; Dias, 2021).

Na configuração de subsuperfície, pode-se ver na **Figura 2** que a área está assentada sobre os ambientes cristalino, com predominância no médio Xingu, e sedimentar, cuja presença é notada ao norte e ao sul da bacia (esquerda) (SGB-CPRM, 2004). É possível observar também que as camadas com alto potencial na produção hídrica, encontram-se limitadas aos extremos norte e sul da área de estudo (direita) (SGB-CPRM, 2014).

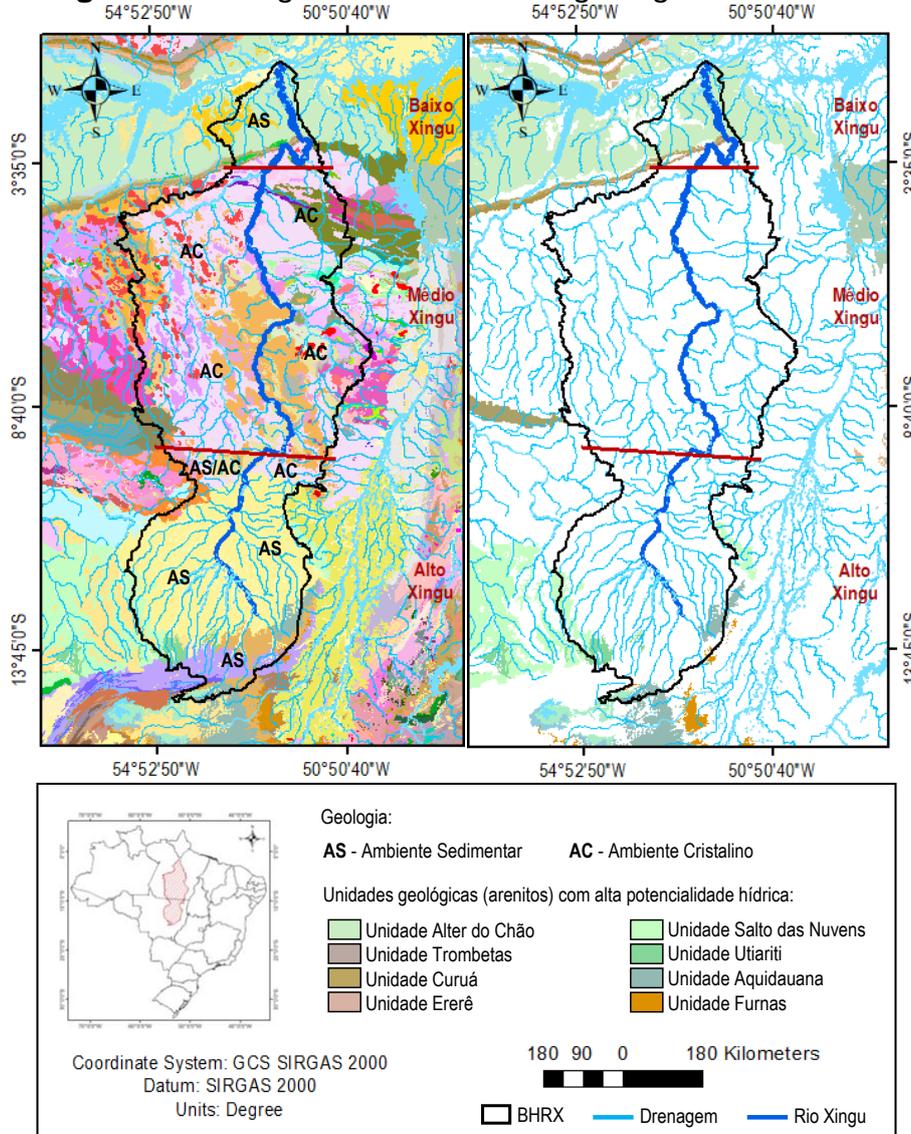
De acordo com o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), o uso dos recursos hídricos do subsolo da BHRX é distribuído ao longo de, praticamente, toda a sua área, apesar de o trecho médio ser predominantemente composto por rochas cristalinas. No referido sistema são encontrados cerca de 300 poços no estado do Pará, com vazão estabilizada entre 1m³/h e 45m³/h, e 250 poços no estado do Mato Grosso, com vazão estabilizada entre 0,5m³/h e 110m³/h. Tais poços se distribuem, nas formações sedimentares, principalmente, por Alter-do-Chão, Curuá, Ererê e Monte Alegre, na porção norte, além de Ronuro e depósitos aluvionares, na porção sul. Já no domínio cristalino os poços retiram água, basicamente, das unidades Xingu, Creporizão e Rio Maria (Schobbenhaus *et al.*, 2004; SG-CPRM, 2024).

Diante de um cenário de mudanças climáticas, conhecer o potencial de uso das águas subterrâneas é fundamental para favorecer a segurança hídrica. Neste sentido, Olivos e Mélo Jr. (2023) esclarecem que os estudos hidrológicos, em uma bacia hidrográfica, devem sempre privilegiar a integração e os efeitos recíprocos entre as águas superficiais e subterrâneas.

Adicionalmente, no contexto de vínculo entre a supressão de florestas com a mudança no regime de chuvas, dados levantados por Lucas (2022) mostram que o desmatamento na BHRX teve maior extensão nas regiões leste e sul, nas últimas duas décadas, período em que a redução de florestas foi da ordem de 16,4%, em toda a bacia.

Desta forma, pode-se concluir que a renovação dos estoques subterrâneos também esteja em declínio, pois, com a diminuição das florestas vem o decréscimo das chuvas e, conseqüentemente, a queda na infiltração das águas no solo (Araújo; Ponte, 2016).

Figura 2. Geologia e Potencial Hidrogeológico da BHRX.



Fonte: Elaborado pelos autores, com dados de Schobbenhaus *et al.* (2004) e SGB-CPRM (2014).

Coleta e análise de dados

Em consonância com os objetivos deste trabalho, foram adquiridas, junto ao Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA, 2023b), as séries históricas dos postos pluviométricos expostos na **Figura 1**, a saber: Almeirim (00152005), Cipoal (00250000), Uruará (00353000), Monte Alegre do Xingu (00452000), KM 1385 BR 163 (00455003), Boa Esperança (00651001), KM 1027 BR-163 (00655001), Araguacema (00849002), Vila São José do Xingu (01052000), Colíder (01055002), Santo Antônio Leverger (01250001), Fazenda Agrochapada (01354000) e Toriqueje (01552002). Tais informações subsidiaram

o cálculo das precipitações médias mensais e anuais na bacia, as quais foram estimadas pelos métodos Aritmético, de Thiessen e das Isoietas, que são sistematizados pelas equações a seguir. Ressalta-se que maiores informações sobre os métodos podem ser obtidas em Marciano *et al.* (2018) e Barbosa Júnior (2022).

- Método Aritmético:

$$P_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_i \quad (1)$$

Em que:

P_m é a precipitação média na bacia (mm);

P_i é a precipitação na estação de apoio (mm);

N é o número de apoios utilizados.

- Método de Thiessen:

$$P_m = \frac{\sum A_i \cdot P_i}{A} \quad (2)$$

Em que:

P_m é a precipitação média na bacia (mm);

P_i é a precipitação na estação (mm);

A_i é a área de influência da estação (km²);

A é a área total da bacia (km²).

- Método das Isoietas:

$$P_m = \frac{1}{A} \sum \left[\frac{1}{2} (P_i + P_{i+1}) A_{i,i+1} \right] \quad (3)$$

Em que:

P_m é a precipitação média na bacia (mm);

P_i é a precipitação correspondente à isoietas de ordem i (mm);

P_{i+1} é a precipitação correspondente à isoietas de ordem $i+1$ (mm);

$A_{i,i+1}$ é a área entre as isoietas de ordem i e ordem $i+1$ (km²);

A é a área total da bacia (km²).

Algumas séries continham falhas, as quais foram preenchidas, em nível mensal e anual, pelo método da ponderação regional (SOARES; SILVA, 2017):

$$Prec A = \frac{Med Prec A}{3} \left[\frac{Prec B}{Med Prec B} + \frac{Prec C}{Med Prec C} + \frac{Prec D}{Med Prec D} \right] \quad (4)$$

Em que *Prec A* é a falha que se quer corrigir e 3 corresponde ao número de postos utilizados na correção (apoios).

De posse das séries completas, procedeu-se a estimação das médias mensais e anuais de 30 anos consecutivos (1981 a 2010 - 1991 a 2020), período em que, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e a Organização Meteorológica Mundial (OMM), é possível admitir que os parâmetros estatísticos calculados representem o valor predominante daquele elemento climático no local considerado INMET (2022) e WMO (2017, 2019).

A partir das médias estimadas, fez-se a comparação entre os dois períodos de Normais Climatológicas, visando estimar o percentual de variação das chuvas na BHRX, em consonância com as orientações do INMET, sobre a análise da frequência de ventos extremos em estudos climáticos (INMET, 2022).

Na sequência, procedeu-se a elaboração da média móvel de 05 anos, com o uso das ferramentas da planilha eletrônica EXCEL, tendo por base as médias históricas anuais, em conformidade com os procedimentos adotados por Silva *et al.* (2021). De forma complementar, executou-se o teste não paramétrico de Mann – Kendall, que é recomendado pela Organização Meteorológica Mundial para avaliar os efeitos das mudanças climáticas em séries pluviométricas (Medeiros, 2018; Teixeira *et al.*, 2020). Tais medidas objetivaram identificar, visualmente e estatisticamente, possíveis tendências nos dados analisados.

De acordo com Silva (2017), Medeiros (2018) e Cabral Júnior e Lucena (2020), a estatística de Mann – Kendall é explicada da seguinte forma:

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{sinal} (X_j - X_i) \quad (5)$$

Em que a função sinal ($X_j - X_i$) é definida pela Equação 6. Se o tamanho da série (n) é muito grande, a estatística S converge para uma distribuição normal, onde a média é igual a zero e a variância é estimada pela Equação 7.

$$\text{Sinal} = \begin{cases} + 1 & \text{se } (X_j - X_i) > 0 \\ 0 & \text{se } (X_j - X_i) = 0 \\ - 1 & \text{se } (X_j - X_i) < 0 \end{cases} \quad (6)$$

Média: $E[S] = 0$

$$\text{Var} [S] = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right] \quad (7)$$

Em que n é o número de dados da série analisada e t_p é a quantidade de dados com valores iguais em um grupo p . Já a componente q é o número de agrupamentos com valores iguais na série de dados de um grupo p .

De acordo com Silva (2017), Medeiros (2018) e Cabral Júnior e Lucena (2020), o teste estatístico parametrizado (Z_{mk}) é definido por:

$$Z_{mk} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se } S > 0 \\ 0 & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (8)$$

Caso $|Z_{mk}| > 1,96$ e $Z_{mk} < 0$, indica uma tendência decrescente. Se $|Z_{mk}| > 1,96$ e $Z_{mk} > 0$, indica uma tendência crescente. E, na eventualidade de $|Z_{mk}| < 1,96$, os dados não apresentam tendência (Medeiros, 2018; Xavier Júnior *et al.*, 2020).

Com o intuito de cernir a magnitude dos eventos pluviométricos na BHRX, em um horizonte de até 100 anos, executou-se a seleção da distribuição teórica de melhor ajuste à série de dados analisados, entre Normal, Log-Normal e Gumbel, que são aquelas que explicam com maior proximidade o comportamento estocástico de dados pluviométricos observados (Silva, 2020; Dias; Penner, 2021; José *et al.*, 2022). Segundo Guimarães (2011), depois do ajuste, considera-se que grande parte da informação probabilística da amostra pode ser resumida pela distribuição teórica selecionada e pelos respectivos parâmetros.

Destaca-se que a base conceitual das distribuições anteriormente descritas, encontra-se detalhada em Naghettini e Pinto (2007), além de Guimarães (2011).

Na seleção do melhor modelamento probabilístico, fez-se uso dos testes de aderência de Kolmogorov-Smirnov (KS), Qui-Quadrado (χ^2), Filliben (Fi), e Anderson-Darling (AD), os quais são explicados por Naghettini e Pinto (2007), bem como por Guimarães (2011) e Abreu *et al.* (2018). Para dar mais respaldo ao resultado dos testes, utilizou-se o erro padrão de estimativa, entre os dados observados e os quantis calculados, para validar o modelo de distribuição teórica indicado (Naghettini; Pinto, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com relação às chuvas médias anuais, no **Quadro 1** encontram-se os valores correspondentes ao período analisado neste trabalho. Vale ressaltar que do conjunto de meses considerados na pesquisa, pouco mais de 7,0% foram preenchidos com totais

estimados pelo método da ponderação regional (Equação 4). As médias anuais foram calculadas pelo método de Thiessen, pois ele se mostrou coerente com o Aritmético e ambos ligeiramente dispersos com relação ao método das isoietas ($\pm 4,0\%$).

Em termos de distribuição das chuvas na BHRX, tal assunto já foi explanado anteriormente, porém, com base no trabalho de Marcuzzo *et al.* (2017), pode-se abordá-lo a partir do território dos estados do Pará e Mato Grosso. Assim, de acordo com mapas apresentados pelos pesquisadores, as médias anuais mais elevadas se aglutinam na porção central da BHRX, que compreende o Sul do PA, enquanto na porção Sul da BRHX, ou seja, no Centro-Leste do MT, são esperados os menores valores. Estima-se totais médios entre 2.500mm e 1.700mm, respectivamente. Na mesma linha de análise, Back, Galatto e Souza (2024) esclarecem que as chuvas na área de estudo são totalmente sazonais, condição esta que influencia nos extremos de precipitação e ao mesmo tempo facilita o estudo sobre as mudanças climática e seus impactos no meio ambiente. Adicionalmente, Marcuzzo *et al.* (2017) e Cunha (2021) revelam que o período mais chuvoso se estende de novembro a abril e o mais seco nos meses restantes, o que é corroborado pelo Atlas Pluviométrico do Brasil (Pinto *et al.*, 2011).

Quadro 1. Precipitações médias anuais na BHRX entre 1981 e 2020.

Ano	P _{média anual} (mm)						
1981	1677,2	1991	1822,0	2001	1877,8	2011	1791,1
1982	1936,7	1992	1875,7	2002	1841,0	2012	1701,4
1983	1569,0	1993	1871,3	2003	1827,9	2013	1874,2
1984	1918,7	1994	2173,6	2004	2040,6	2014	2100,6
1985	2311,1	1995	1906,5	2005	1977,0	2015	1632,0
1986	1965,1	1996	1823,7	2006	2079,8	2016	1794,3
1987	1649,1	1997	1762,4	2007	1621,2	2017	1994,9
1988	2064,8	1998	1744,3	2008	1863,2	2018	2046,9
1989	2041,9	1999	1790,6	2009	1795,3	2019	1951,9
1990	1799,1	2000	2021,1	2010	1801,1	2020	1744,2

Fonte: Elaborado pelos autores.

A magnitude e frequência das chuvas refletem na estimativa das Normais Climatológicas. Desta forma, torna-se necessário acompanhar as suas variações para constatar eventuais alterações nos padrões meteorológicos (INMET, 2022).

Na comparação entre os dois períodos de Normais Climatológicas (1981/2010 e 1991/2020), verificou-se que as médias oscilaram cerca de -0,5%. Destaca-se que dos 40 anos analisados, 45% sofreram impactos do fenômeno *El Niño* e 27,5% do fenômeno *La Niña*. O ano com o menor índice pluviométrico, 1983 (1569,0 mm), teve uma forte ocorrência do fenômeno *El Niño*, contudo não há garantias de que este total foi influenciado unicamente pelo citado evento climático. No ano de maior total pluviométrico, 2311,1 mm (1985), não houve registro de episódios dos fenômenos supracitados (CPTEC/INPE, 2021). Apesar disso, este último foi considerado um ponto atípico, pelo método dos quartis amostrais e da amplitude inter-quartis, descrito por Naghettini e Pinto (2007), mas foi considerado na análise, por suspeita de se tratar de um dado real.

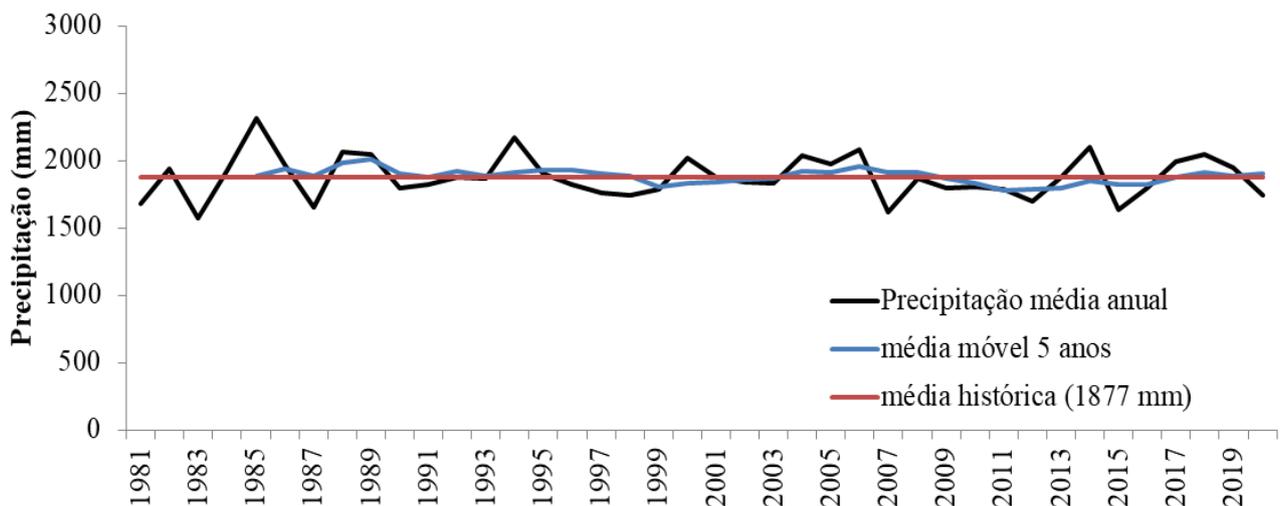
A análise descrita segue a abordagem feita por Souza *et al.* (2022), que estudaram as precipitações na mesorregião sul do Amazonas, cujos resultados mostraram oscilações positivas e negativas na comparação entre sucessivas Normais Climatológicas, nos municípios de Apuí, Boca do Acre, Humaitá e Lábrea, quando da atuação do fenômeno *El Niño* na região.

De acordo com Souza *et al.* (2022) e INMET (2022) é importante conhecer tais flutuações, para subsidiar ações em prol da manutenção e/ou defesa da saúde pública, da economia e do bem-estar social, pois a falta ou o excesso de água no ambiente tende a desencadear ocorrências que impactam diretamente a qualidade de vida da população, nas cidades e no campo. Na mesma linha de raciocínio, Pereira e Nascimento (2020) esclarecem que as oscilações verificadas em sucessivas Normais Climatológicas, em especial àquelas relativas às variáveis: temperatura, precipitação e evaporação, podem auxiliar no entendimento das mudanças na dinâmica dos mananciais que abastecem, principalmente, centros urbanos, fato este que pode tornar vulnerável o fornecimento público e aumentar as desigualdades sociais.

Peres, Aquino e Viana (2023), ao estudarem as anomalias de precipitação na América do Sul, concluíram que a comparação entre Normais Climatológicas gera informações que têm o caráter preventivo, pois, caso se confirmem as alterações nos ciclos de chuva e frequência de eventos extremos, planos de contingência e respostas devem ser elaborados, visando a necessária proteção da economia e infraestrutura locais e regionais, sobretudo quando a área analisada gera riquezas a partir da agricultura, pecuária e produção de energia hidrelétrica, como é o caso da BHRX.

Agora, no que diz respeito ao estudo de tendências da série histórica do **Quadro 1**, tanto o gráfico da média móvel de 05 anos, quanto o teste de Mann – Kendall, indicam um conjunto de dados sem tendência. O $Z_{mk} = -0,38$, logo, $|Z_{mk}| < 1,96$ (Equação 8). Então, a série não apresenta tendência, fato corroborado pela média móvel exposta na **Figura 3**.

Figura 3. Média móvel de 05 anos relativa aos dados do **Quadro 1**.



Fonte: Elaborado pelos autores.

No modelamento estatístico, os parâmetros estimados para as três distribuições teóricas propostas permitiram chegar à conclusão que a Normal e a Log-Normal são as mais indicadas para modelar as médias pluviométricas do **Quadro 1**. No **Quadro 2** encontram-se os resultados dos testes de aderência. Nota-se que Gumbel foi rejeitada pelo teste AD.

Embora se julgue favorável aplicar os dois modelos probabilísticos aprovados, foi selecionada a distribuição Log-Normal como modeladora da série pluviométrica, tendo em vista o menor erro padrão de estimativa apresentado. Contudo, quando confrontados os

desvios da Normal e da Log-Normal, em relação à média histórica, a diferença entre ambas apresenta-se ínfima, 1,1% e 0,97%, respectivamente.

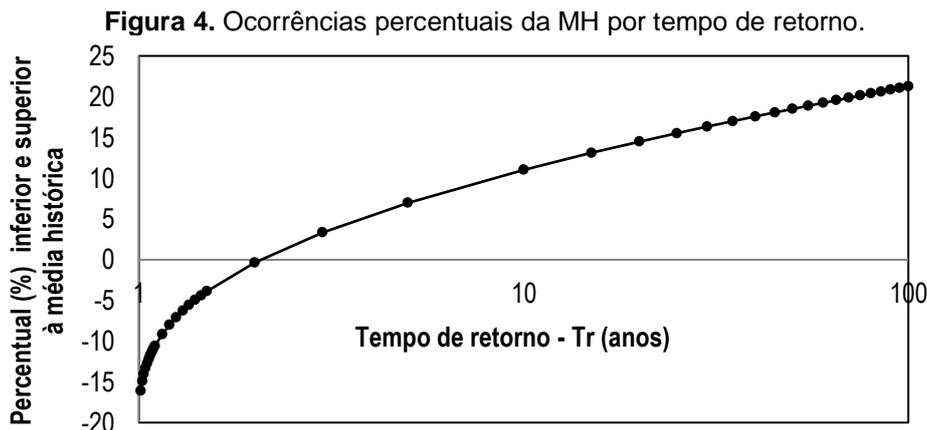
Na **Figura 4** pode-se ver a estimação de ocorrências percentuais da MH, por tempo de retorno, na BHRX, para até 100 anos.

Quadro 2. Resultados dos testes de aderência.

Teste	Nível de significância do Teste	(1) Valor crítico da estatística do Teste	(2) Cálculo da estatística do Teste			Condição de aceitação de modelamento	Resultado da análise de modelamento		
			Gumbel	Normal	Log-Normal		Gumbel	Normal	Log-Normal
KS	5%	0,2100	0,16827	0,01570	0,01570	(2) < (1)	aceito	aceito	aceito
χ^2	5%	5,9900	4,09794	0,23405	2,23220	(2) < (1)	aceito	aceito	aceito
Fi	5%	0,9526	1,00000	0,99231	0,99416	(2) > (1)	aceito	aceito	aceito
AD	5%	0,7570	1,447650	0,04498	0,04498	(2) < (1)	não aceito	aceito	aceito

Nota: Kolmogorov-Smirnov (KS) / Qui-Quadrado (χ^2) / Filliben (Fi) / Anderson-Darling (AD).

Fonte: Elaborado pelos autores.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Como é possível observar na **Figura 4**, o modelamento estatístico prevê totais anuais acima da média histórica, entre +10,0% e +20,0%, em um horizonte de tempo de retorno de 10 a 100 anos. Já o tempo de retorno estimado para a MH é de 02 anos, o que pode ser entendido como um indício da regularidade das chuvas na área de estudo, fato reforçador dos resultados do teste de Mann-Kendall e do arranjo das curvas da **Figura 3**. Esta última afirmação é referendada pelo trabalho do INMET (2022), onde as diferenças observadas nas Normais Climatológicas, entre 1961 e 2020, são, no máximo, da ordem de 2,5% da MH. Adicionalmente, Ribeiro *et al.* (2022), ao realizarem a análise geoestatística das variáveis hidrometeorológicas na área de estudo, concluíram que não há tendência, e que as médias se mantêm constantes.

CONCLUSÃO

A quase imperceptível queda verificada na comparação entre os períodos consecutivos de Normais Climatológicas (1981/2010 e 1991/2020), mostra que a área de

estudo teve pouco impacto na quantidade de água renovadora de estoques, mantenedora das descargas das drenagens e garantidora da preservação dos ecossistemas naturais da bacia. No contexto socioeconômico, tal fato é bastante promissor quando se aborda conjuntamente o planejamento da segurança hídrica, visando o uso múltiplo das águas, a preservação ambiental e a demanda de geração de energia hidrelétrica de Belo Monte. Em complemento, a falta de tendência observada na série histórica, vem corroborar tal narrativa e mostra indícios da regularidade do regime pluviométrico na bacia hidrográfica.

Adicionalmente, a estimativa de ocorrência da média histórica com 02 anos de tempo de retorno (T_r), exhibe outra evidência da normalidade na renovação dos estoques superficiais e subterrâneos, o que deve refletir positivamente na estimação da oferta hídrica, já que ela deve estar sujeita à pouca flutuação, algo que permite implantar estratégias de uso das águas mais sustentáveis.

É oportuno frisar que as apurações feitas sugerem, também, um ínfimo impacto das mudanças climáticas na região, o que pode estar ligado à condição de 60% da área ser protegida pelos princípios da Lei 9985/2000, que disciplina a criação, implantação e gestão de unidades de conservação da natureza no Brasil. Em outro aspecto, os resultados apresentados vêm ao encontro da meta 6.5 do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6-ONU), que trata da implementação da gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis de governo, conjuntamente com a sociedade civil e instituições não governamentais.

REFERÊNCIAS

ABREU, M.C.; CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; SANTOS, G. R. dos; ALMEIDA, L. T. de; ZANETTI, S. S. Critérios para Escolha de Distribuições de Probabilidades em Estudos de Eventos Extremos de Precipitação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, SP, v. 33, n. 4, p. 601-613, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786334004>.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência – RHNR**: Relato do planejamento da RHNR e a definição das estratégias de implementação para os próximos anos (5 anos). Brasília, DF: ANA, 2017. 57 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **O Índice de Segurança Hídrica (ISH)**: Dimensão de Resiliência. Brasília, DF: ANA, 2023a. Disponível em: <<https://pnsh.ana.gov.br/seguranca>>. Acesso em: 05 set. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Hidroweb**: Séries Históricas: Estação Pluviométrica 00152005, 00250000, 00353000, 00452000, 00455003, 00651001, 00655001, 00849002, 01052000, 01055002, 01250001, 01354000, 01552002. Brasília, DF: ANA, 2023b. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>. Acesso em: 09 mai. 2023.

ARAÚJO, R.C.; PONTE, M.X. Efeitos do desmatamento em larga-escala na hidrologia da bacia do Uraim, Amazônia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, PE, v. 09, n. 07, p. 2390-2404, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20160171>.

BACK, A. J.; GALATTO, S. L.; SOUZA, G. S. Analysis of the seasonality of rain in Brazil from 1990 to 2022. **Concilium**, v. 24, n. 2, p. 173-190, 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.53660/CLM-2770-24B27>.

BARBOSA JÚNIOR, A. R. **Elementos de Hidrologia Aplicada**. São Paulo, SP: Blucher, 2022. 430 p.

BRASIL. Casa Civil. Lei n. 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, p. 470, 9 jan. 1997.

BRASIL. Casa Civil. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 19 jul. 2000.

CABRAL JÚNIOR, J. B.; LUCENA, R. L. Análises das precipitações pelos testes não paramétricos de Mann-Kendall e Kruskal-Wallis. **Mercator**, Fortaleza, CE, v.19, p. 1-14, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4215/rm2020.e19001>.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS - CPTEC/INPE. **Últimas ocorrências de El Niño e La Niña**. 2021. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 14 jun. 2021.

CUNHA, Z. A. **Avaliação dos impactos de cenários de mudanças no uso do solo na hidrologia da bacia hidrográfica do rio Xingu**. 2021. 129 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2021.

DARWICH, A.; APRILE, F.; SIQUEIRA, G. W. Rainfall Distribution in the Brazilian Amazon: Application of the Variogram Function to Time Series. **Journal of Geography, Environment and Earth Science International**, Londres, Reino Unido, v. 28, n. 6, p. 47-66, 2024. DOI: <http://doi.org/10.9734/jgeesi/2024/v28i6779>.

DIAS, E. C.; PENNER, G. C. Equação de chuvas intensas para Abaetetuba-PA: estudo comparativo. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, SP, v. 10, n. 4, p. 1-13, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i4.14213>.

FRANCO, V. S.; SOUZA, E. B.; LIMA, A. M. M.; SOUZA, A. L.; PINHEIRO, A. N.; DIAS, T. S.; AZEVEDO, F. M. Climatologia e previsão hidrológica de cheia sazonal do Rio Xingu, Altamira-PA. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, n. 14, p. 1-19, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/1028>. Acesso em: 03 jul. 2024.

GUIMARÃES, R. C. **Probabilidade e Estatística Aplicada à Hidrologia**. Évora, Portugal: Universidade de Évora, 2011. 54 p.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA. **Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS**. Brasília, DF: IPEA, 2019. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods6.html>. Acesso em: 09 jun. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Normais Climatológicas do Brasil 1991 a 2020**. Brasília, DF: INMET, 2022. 27 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Ondas de calor são resultados das alterações climáticas nos últimos 60 anos**. Brasília, DF: INMET, 2023. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/noticias/ondas-de-calor-s%C3%A3o-resultados-das-altera%C3%A7%C3%B5es-clim%C3%A1ticas-nos-%C3%BAltimos-60-anos>>. Acesso em: 18 set. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE; INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Nota técnica conjunta CPTEC/Inpe e Inmet Condições de déficit de chuva na Amazônia**. Brasília (DF): INPE/INMET, 2023. 4 p.

JOSÉ, J. V.; SOUZA, M. D.; PEREIRA, L. B.; BARROS, T. H. S; LEITE, H. M. F.; SANTOS, L. C. Probabilidade de ocorrência da precipitação pluvial em três cidades da Bacia Hidrográfica do Alto Juruá. **Irriga, Edição - Norte**, Botucatu, SP, v. 27, n. 1, p. 124-140, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2022>.

LIPSKI, B.; SABOIA, J. P. J.; LEAL, U. M.; DARU, R. L.; POLLI, B. A.; BARROS, I. E.; LEÔNIO FILHO; PICARELLI, L.; FERNANDES, T. Relação entre alteração de uso do solo e vazões naturais: estudo de caso da Bacia do Rio Xingu. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 25, 2023, Aracaju, SE. **Anais...** São Paulo: ABRH, 2023. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/jobs.php?Event=191>. Acesso em: 03 jul. 2024.

LUCAS, E. W. M. **Regionalização dos impactos das mudanças climáticas nos regimes de chuva e vazão na Bacia Hidrográfica do Xingu**. 2022. 153 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2022.

MARCIANO, A. G.; BARBOSA, A. A.; SILVA, A. P. M. Cálculo de precipitação média utilizando método de Thiessen e as linhas de cumeada. **Ambiente & Água – An interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 13, n. 1, Taubaté, SP, p. 1-9, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1906>.

MARCUZZO, F. F. N.; CARDOSO, M. R. D.; ROMERO, V.; PINTO FILHO, R. F. Espacialização da precipitação pluviométrica trimestral e anual da sub-bacia 17. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18, 2017, Santos, SP. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/rep/sid.inpe.br/marte2/2017/09.25.14.55/capa.htm>. Acesso em: 03 jul. 2024.

MEDEIROS, S. E. L. **Análise de tendências e padrões climáticos para a mesorregião do sertão paraibano com ênfase nas energias renováveis**. 2018. 133 f. Dissertação (Mestrado em Energias Renováveis) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2018.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. de A. **Hidrologia Estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552 p.

NATTRODT, T. N. M.; DIAS, M. das G. S. The relationships between water resources, energy and sustainability in the Amazon. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, PR, v.7, n.4, p. 38319-38339, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv7n4-341>.

OLIVEIRA, D. MATOS, A. J. S. **Relatório de operação do sistema de alerta hidrológico da Bacia do Rio Xingu 2022**. Recife, PE: SGB-CPRM, 2023. 23 p.

OLIVEIRA, G.; CHEN, J. M.; MATAVELI, G. A. V.; CHAVES, M. Ed.; RAO, J.; STERNBERG, M.; DOS SANTOS, T. V.; DOS SANTOS, C. A. C. Evapotranspiration and Precipitation over Pasture and Soybean Areas in the Xingu River Basin, an Expanding Amazonian Agricultural Frontier. **Agronomy**, Basel, Switzerland, v. 10, n. 8, p. 1-14, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10081112>.

OLIVOS, L. M. O.; MÉLLO Jr., A. V. Integrated management of groundwater and surface water under climate change scenarios. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 28, n. 28, p. 1-10, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.282320220095>.

PARÁ. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade - SEMAS-PA. **Núcleo de Monitoramento Hidrometeorológico**. Belém: SEMAS-PA, 2023. Disponível em: <https://www.semas.pa.gov.br/institucional/nucleo-de-monitoramento-hidrometeorologico/>. Acesso em: 18 set. 2023.

PENNER, G. C.; MARTINS, R. T. A. M.; RODRIGUES, S.; WENDLAND, E. Uncertainty in groundwater recharge estimation using groundwater level fluctuation and aquifer test. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, RS, v. 28, n. 11, p. 1-8, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.282320220113>.

PEREIRA, L. H.; NASCIMENTO, P. S. S. Avaliação das normais climatológicas em municípios do Nordeste brasileiro no período de 1961 a 2010. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, PR, v. 6, n. 1, p. 13-27, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n1-002>.

PERES, T. C.; AQUINO, F. E.; VIANA, D. R. Regionalização das anomalias de precipitação no sudeste da América do Sul. **Revista Caminhos da Geografia**, Uberlândia, MG, v. 24, n. 95, p. 210–222, 2023. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG249567182>.

PINTO, E. J. de A.; AZAMBUJA, A. M. S. de; FARIAS, J. A. M.; SALGUEIRO, J. P. de B.; PICKBRENNER, K. (Coords.). **Atlas pluviométrico do Brasil**: isoietas mensais, isoietas trimestrais, isoietas anuais, meses mais secos, meses mais chuvosos, trimestres mais secos, trimestres mais chuvosos. Brasília: CPRM, 2011. 1 DVD. Escala 1.5:000.000. Equipe Executora: Da Costa, Margarida Ragueira; Dantas, Carlos Eduardo de Oliveira; Melo, De Azambuja, Andressa Macêdo Silva; De Rezende, Denise C.; Do Nascimento, Jean Ricardo da Silva; Dos Santos, André Luis M. Real; Farias, José Alexandre Moreira; Machado, Érica C.; Marcuzzo, Francisco Fernando Noronha; Medeiros, Vanesca

Sartorelli; Rodrigues, Paulo de Tarso R.; Weschenfelder, Adriana Burin; SIG - versão 2.0 - atualizada em 11/2011; Levantamento da Geodiversidade. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/Issoetas_Totais_Anuais_1977_2006.pdf>. Acesso em: 7 jul. 2021.

RIBEIRO, B. F. R.; GOMES, D. J. C.; QUEIROZ, J. C. B.; PIMENTA, L. B.; DIAS, G. F. M. Análise geoestatística das variáveis hidrometeorológicas na bacia hidrográfica do rio Xingu. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, PE, v.15, n.04, p. 1676-1690, 2022. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.4.p1676-1690>.

SANTOS, A. P. P.; SOUZA, P. M. M.; FERREIRA, D. B. S.; MATTOS, E. V.; SARAIVA, I.; LIMA, F. J. L.; TEDESCHI, R. G.; KUHN, P. A. F. Uso de radar meteorológico para a avaliação das variáveis polarimétricas associadas a descargas atmosféricas no leste da Amazônia. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, MS, v. 33, p. 53-80, 2023. DOI: <https://doi.org/10.55761/abclima.v33i19.16758>.

SCHOBENHAUS, C.; GONÇALVES, J. H.; SANTOS, J. O. S.; ABRAM, M. B.; LEÃO NETO, R.; MATOS, G. M. M.; VIDOTTI, R. M.; RAMOS, M. A. B.; JESUS, J. D. A. de (eds.). **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo: Sistema de Informações Geográficas - SIG e 46 folhas na escala 1:1.000.000**. Brasília: CPRM, 2004. 41 CD-ROM's.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - SGB-CPRM. **Cartografia Hidrogeológica do Brasil**. Brasília, DF: SGB-CPRM, 2014. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/publique/Hidrologia/Estudos-Hidrologicos-e-Hidrogeologicos/Cartografia-Hidrogeologica-6629.html>. Acesso em: 12 set. 2023.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM). **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS)**: Pesquisa Geral: Poços do estado do Pará e Mato Grosso. Brasília, DF: SGB-CPRM, 2024. Disponível em: https://siagasweb.sgb.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php. Acesso em: 01 jul. 2024.

SEVÁ FILHO, A. O. **Tenotã-Mõ**: Alertas sobre as consequências dos projetos hidrelétricos no rio Xingu. 1 ed. São Paulo, SP: International Rivers Networks, 2005. 94 p.

SILVA, D. J. B. V. **Variabilidade espaço-temporal da precipitação e vazão e suas consequências para a gestão dos recursos hídricos regionais**. 2017. 108 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Guaratinguetá, SP, 2017.

SILVA, L. P. **Comparação entre ajustes de distribuição de probabilidades em dados de precipitação do Estado de Pernambuco**. 2020. 71 f. Dissertação (Mestrado em Biometria e Estatística Aplicada) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2020.

SILVA, G. R. A.; SILVA, F. S.; DUARTE, J. M.; TAVARES, A. R. F. Análise de tendências nas séries históricas de precipitação e curva de permanência de vazão no município

Cachoeira do Piriá, Pará. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, SP, v. 10, n. 6, p. 1-14, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i6.15850>.

SOARES, N. K. de C.; SILVA, C. A. da. Comparação de metodologias para preenchimento de falhas em branco de dados pluviométricos: Média Aritmética X Ponderação Regional com Base em Regressão Linear. In: CONGRESSO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA, 1, 2017, Campinas-SP. **Anais Eletrônicos...** Campinas: Unicamp, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/sbqfa.v1i2017.2403>.

SOUZA, S. A. S. de; QUERINO, C. A. S.; QUERINO, J. K. A. da S.; MARTINS, P. A. da S.; VAZ, M. A. B. Variabilidade da precipitação na mesorregião sul do Amazonas em decorrência de eventos de El Niño. **RA'EGA**, Curitiba, PR, v.54, p. 23–36, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v54i0.73972>.

TEIXEIRA, D. B. S.; ALMEIDA, L. T.; FERREIRA, F. L. V. Tendências hidrológicas na bacia hidrográfica do rio Juquiá, São Paulo. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, PR, v. 3, n. 2, p. 434-446, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34188/bjaerv3n2-003>.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION - WMO. **Guidelines on the calculation of climate normals**: nº 1.203. Genebra - Switzerland: Secretariat of the World Meteorological Organization, 2017. 29 p.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION - WMO. **Technical Regulations**: nº 49. Genebra - Switzerland: Secretariat of the World Meteorological Organization, 2019. 71 p.

XAVIER JÚNIOR, S. F. A.; JALE, J. S.; STOSIC, T. SANTOS, C. A. C.; SINGH, V. P. Precipitation Trends Analysis by Mann-Kendall Test: A Case Study of Paraíba, Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, SP, v. 35, n. 2, p. 187-196, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786351013>.

Recebido em: 14/09/2023

Aprovado em: 29/12/2023