



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

EDUARDA SILVA DE SOUSA

**INFLUÊNCIA DE FENÔMENOS CLIMÁTICOS SOBRE O REGIME DE VAZÕES
NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAPAJÓS**

TUCURUÍ

2023

EDUARDA SILVA DE SOUSA

**INFLUÊNCIA DE FENÔMENOS CLIMÁTICOS SOBRE O REGIME DE VAZÕES
NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAPAJÓS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador(a): Profa. Ma. Vanessa Conceição dos Santos

TUCURUÍ

2023

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

S725i Sousa, Eduarda Silva de.
INFLUÊNCIA DE FENÔMENOS CLIMÁTICOS SOBRE O
REGIME DE VAZÕES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
TAPAJÓS / Eduarda Silva de Sousa. — 2023.
58 f. : il. color.

Orientador(a): Prof^a. MSc. Vanessa Conceição dos Santos
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade
Federal do Pará, Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de
Engenharia Sanitária e Ambiental, Tucuruí, 2023.

1. El Niño. 2. Dipolo do Atlântico. 3. La Niña. 4.
Correlação. I. Título.

CDD 620.8

EDUARDA SILVA DE SOUSA

**INFLUÊNCIA DE FENÔMENOS CLIMÁTICOS SOBRE O REGIME DE VAZÕES
NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAPAJÓS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Data da aprovação: 11 / 12 / 2023

Conceito: EXCELENTE

BANCA EXAMINADORA

Profa. Ma. Vanessa Conceição dos Santos – Orientadora
UFPA/CAMTUC/FAESA

Prof. Dr. Carlos Eduardo Aguiar de S. Costa – Avaliador interno
UFPA/CAMTUC/FAESA

Prof. Esp. Matheus Cavalcante Silva – Avaliador externo
UFPA/NDAE/Programa de Pós-graduação em Eng. de Barragens e Gestão Ambiental

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me guiar e permitir que eu pudesse chegar à conclusão desta etapa em minha vida.

Aos meus pais, Regina Lucia e Josmarino Sousa, por todo amor, apoio e incentivo, sempre acreditando em mim e não medindo esforços para me ajudar em tudo o que eu me propusesse a fazer. Amo vocês e nada seria eu sem vocês.

Aos meus amigos nessa jornada, Tamires Aguiar, Wesley Espíndola, Sália Maria e Nathália Macedo por todos os momentos compartilhados e por fazerem desta etapa mais leve e menos solitária.

A minha orientadora, Profa. Ma. Vanessa Santos, pelas contribuições, por toda ajuda e compreensão ao longo de toda a graduação.

Aos meus colegas de trabalho, Carlos Alexandre, Yasmin Maria e Alisson Daniel, vocês foram essenciais nesta reta final, devido todo auxílio e ajuda em cada ausência ao trabalho por questões acadêmicas e de saúde, bem como todo acolhimento desde o início até os dias de hoje.

A todos não citados, mas que de maneira direta ou indireta, contribuíram nesta etapa de anos. Com todos foi mais fácil e mais agradável o ambiente acadêmico. Tenho todos em meu coração.

“Nenhum problema pode ser resolvido pelo mesmo estado de consciência que o criou.”

– Albert Einstein.

RESUMO

A observação e análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação e dos fenômenos hidrológicos desempenham papéis cruciais na gestão responsável dos recursos naturais. Dois fenômenos globais, o El Niño Oscilação Sul (ENOS) e o Dipolo do Atlântico, exercem influência marcante no padrão de chuvas e, por conseguinte, no fluxo dos rios. Este estudo teve como propósito investigar como os fenômenos climáticos ENOS e Dipolo do Atlântico afetam as vazões disponíveis, utilizando curvas de permanência, nas sub-bacias que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós (BHRT). O método estatístico de correlação de Pearson foi empregado para estudar a relação entre a vazão e os índices climáticos, revelando assim a influência do ENOS e do Dipolo do Atlântico no fluxo dos rios da BHRT. De modo geral, as análises indicaram que os fenômenos climáticos como o ENOS e do Dipolo Atlântico têm impacto significativo no comportamento dos rios. A maioria dos anos com correlações fortes entre esses fenômenos coincidiu com a ocorrência de vazões maiores.

Palavras-chave: El Niño; La Niña; Dipolo do Atlântico; Correlação.

ABSTRACT

The observation and analysis of the space-time variability of precipitation and hydrological phenomena play crucial roles in the responsible management of natural resources. Two global phenomena, the El Niño Southern Oscillation (ENSO) and the Atlantic Dipole, exert a significant influence on rainfall patterns and, consequently, on river flow. This study aimed to investigate how the climatic phenomena ENSO and the Atlantic Dipole affect available streamflows, using flow duration curves, in the sub-basins that make up the Tapajós River Basin (TRB). The statistical method of Pearson correlation was employed to study the relationship between streamflow and climate indices, thus revealing the influence of ENSO and the Atlantic Dipole on river flow in the TRB. In general, the analyses indicated that climatic phenomena such as ENSO and the Atlantic Dipole have a significant impact on river behavior. Most years with strong correlations between these phenomena coincided with the occurrence of higher streamflows.

Keywords: El Niño; La Niña; Atlantic Dipole; Correlation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós.	21
Figura 2 – Curva de Permanência de Vazões no Tempo.....	26
Figura 3 – Localização e Identificação das estações fluviométricas da BHRT.....	30
Figura 4 – Curva de permanência: E1 – 17091000.	30
Figura 5 – Curva de permanência: E3 – 17093000.	31
Figura 6 – Curva de permanência: E6 – 17200000.	31
Figura 7 – Ocorrência do ENOS de 1950 a 2020.	33
Figura 8 - Gradiente inter-hemisférico (TNA-TSA) no período de 1970 a 2020.....	36
Figura 9 - Boxplot vazão em períodos chuvosos.....	38
Figura 10 - Boxplot vazão em períodos secos.....	38
Figura 11- Boxplot de ION em períodos chuvosos.....	39
Figura 12 - Boxplot de ION em períodos secos.....	39
Figura 13 - Boxplot do GIH nos períodos chuvosos.....	40
Figura 14 - Boxplot GIH nos períodos secos.....	40
Figura 15 – Curva de permanência E2 - 17092800.....	51
Figura 16 – Curva de permanência E4 - 17095000.....	51
Figura 17 – Curva de permanência E5 - 17120000.....	51
Figura 18 – Curva de permanência E7 - 17210000.....	51
Figura 19 – Curva de permanência E9 - 17280000.....	51
Figura 20 – Curva de permanência E10 - 17340000.....	51
Figura 21 – Curva de permanência E11 - 17350000.....	51
Figura 22 – Curva de permanência E12 - 17355000.....	51
Figura 23 – Curva de permanência E13 - 17380000.....	52
Figura 24 – Curva de permanência E14 - 17420000.....	52
Figura 25 – Curva de permanência E15 - 17430000.....	52
Figura 26 – Curva de permanência E16 - 17710000.....	52
Figura 27 – Curva de permanência E17 - 17730000.....	52
Figura 28 – Curva de permanência E18 - 17122000.....	52
Figura 29 – Curva de permanência E19 - 17130000.....	52
Figura 30 – Curva de permanência E20 - 17123000.....	52
Figura 31 – Curva de permanência E21 - 17345000.....	53

Figura 32 – Curva de permanência E22 - 17210000.....	53
Figura 33 – Curva de permanência E23 - 17650002.....	53
Figura 34 – Curva de permanência E24 - 17500000.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média de intensidade dos ION	33
Tabela 2 – Frequência, em anos, do coeficiente R anos nas estações fluviométricas de código 17091000, 17093000 e 17200000.	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação da Intensidade dos Fenômenos ENOS.	22
Quadro 2 – Valores de ION (1950 – 2020).	22
Quadro 3 – Dados das estações fluviométricas da Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós.	29
Quadro 4 – Classificação e duração dos eventos ENOS nos períodos de 1950 a 2020.	34
Quadro 5 – Determinação das fases do Gradiente Inter-hemisférico.	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional De Energia Elétrica
BHRT	Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós
DA	Dipolo do Atlântico
EN	El Niño
ENOS	El Niño – Oscilação Sul
GIH	Gradiente Inter-Hemisférico
ION	Índice de Oscilação do Niño
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
LN	La Niña
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
ODP	Oscilação Decadal do Pacífico
TNA	<i>Tropical Northern Atlantic</i>
TSA	<i>Tropical Southern Atlantic)</i>
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS.....	15
1.1.1	<i>Geral</i>	15
1.1.2	<i>Específicos</i>	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	MUDANÇAS CLIMÁTICAS	16
2.2	SISTEMAS DE CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICOS E FENÔMENOS CLIMÁTICOS	17
2.2.1	<i>ENOS</i>	18
2.2.2	<i>Dipolo Atlântico</i>	19
2.3	INFLUÊNCIA DE FENÔMENOS CLIMÁTICOS NOS RECURSOS HÍDRICOS.....	20
3	MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	21
3.2	DADOS FLUVIOMÉTRICOS	21
3.3	ÍNDICES CLIMÁTICOS DO ENOS	21
3.4	DETERMINAÇÃO DO GRADIENTE INTER-HEMISFÉRICO.....	24
3.5	CURVAS DE PERMANÊNCIA.....	25
3.5.1	<i>Vazões $Q_{95\%}$ e $Q_{5\%}$</i>	26
3.6	DIAGRAMA BOXPLOT	27
3.7	CORRELAÇÃO DE PEARSON	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1	LEVANTAMENTO DE ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS	29
4.2	VAZÕES MÁXIMAS E MÍNIMAS	32
4.3	CLASSIFICAÇÃO DOS EVENTOS CLIMÁTICOS	32
4.4	FASES DO GRADIENTE INTER-HEMISFÉRICO	35
4.5	ANÁLISES DOS DIAGRAMAS BOXPLOT	38
4.6	ANÁLISE DA CORRELAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES CLIMÁTICOS E VAZÕES	40
5	CONCLUSÃO.....	44
	REFERÊNCIAS	45
	APÊNDICE A – CURVAS DE PERMANÊNCIA.....	51
	APÊNDICE B – INÍCIO E TÉRMINO DAS SÉRIES HISTÓRICAS DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS	54
	ANEXO A – VALORES MENSAIS PARA TNA (2015-2020).....	55
	ANEXO B – VALORES MENSAIS PARA TSA (2015-2020).....	57

1 INTRODUÇÃO

A interação entre as condições climáticas e a fisiologia de uma bacia hidrográfica são fatores cruciais para o padrão de fluxo de um rio (López-Moreno et al., 2011; Capozzoli et al., 2017; Ashraf et al., 2022). O monitoramento de eventos hidrológicos e a análise da variação espaço-temporal das precipitações desempenham um papel significativo na gestão dos recursos naturais (Gurjão et al., 2012). Além disso, compreender os sistemas climáticos que influenciam as chuvas pluviométricas e suas anomalias é uma ferramenta essencial para mitigar os impactos adversos de eventos extremos nos regimes hidrológicos.

Ao explorar as implicações das atividades humanas no clima global, é essencial compreender como a Amazônia é impactada dentro desse contexto, dada a sua influência significativa. A região desempenha um papel fundamental na provisão de diversos serviços ecossistêmicos. Ela abriga o maior estoque de carbono entre os ecossistemas terrestres, desempenhando um papel vital na mitigação das mudanças climáticas em curso. A Amazônia participa de um dos ciclos hidrológicos mais intensos e relevantes em nosso planeta (Artaxo et al., 2014).

A temperatura da superfície do mar (TSM) exerce um papel de extrema importância no equilíbrio de calor, mediando a interação entre o oceano e a atmosfera. Da Silva (2017) afirma que, mesmo pequenas variações na TSM podem resultar em amplas mudanças nos fluxos de calor na interface oceano-atmosfera. Essa interação desempenha um papel crucial na manutenção do clima global, uma vez que o oceano atua como um regulador, e qualquer alteração na TSM pode desencadear efeitos de aumento ou diminuição nos fluxos de calor na interação oceano-atmosfera, como evidenciado por Pezzi et al. (2016) e Silva et al. (2017).

As regiões com as temperaturas da superfície do mar (TSM) mais altas estão situadas nas zonas subtropicais, e flutuações nessas temperaturas podem desencadear fenômenos como o El Niño (EN) e La Niña (LN), o Dipolo do Atlântico (DA) e a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP). Esses fenômenos têm efeitos variados em várias partes do mundo (Broecker, 2010; Souza Neto, 2019).

Um dos fenômenos globais de maior relevância que exerce uma forte influência sobre os padrões de precipitação é o El Niño-Oscilação Sul (ENOS) (Ropelewski e Halpert, 1987). O El Niño é caracterizado pela redução dos ventos alísios, resultando em temperaturas oceânicas mais elevadas no Oceano Pacífico e afetando o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que tende a se deslocar para o norte. Em contrapartida, períodos de La

Niña são marcados pelo fortalecimento dos ventos alísios, trazendo à tona águas oceânicas mais frias (Ferreira e Mello, 2005).

Na região amazônica, observa-se que, considerando precipitação e vazão, anos de ocorrência do El Niño tendem a apresentar índices pluviométricos mais baixos em comparação com períodos de La Niña (Coelho et al., 2012). Outro fenômeno influente é o Dipolo Atlântico, resultado da diferença de temperatura entre as regiões equatoriais do Oceano Atlântico Norte e Sul. Um aquecimento relativo do Atlântico Tropical Norte em relação ao Sul desloca a ZCIT para o norte, resultando em redução das chuvas na região amazônica. Por outro lado, um aumento da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Atlântico Equatorial Sul em relação ao norte favorece chuvas mais intensas (Fu et al., 2001).

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

Analisar a influência dos fenômenos climáticos globais El Niño Oscilação Sul (ENOS) e Dipolo do Atlântico, sobre o regime de vazões, obtidos por meio de curvas de permanência.

1.1.2 Específicos

- Obter as vazões disponíveis em fluviômetros da Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós;
- Determinar as fases do gradiente inter-hemisférico no Atlântico Equatorial (Dipolo) e classificar a intensidade dos fenômenos ENOS, verificando também os períodos de ocorrência;
- Analisar a relação entre as maiores vazões e os fenômenos quanto a sua intensidade e/ou ocorrência;
- Analisar a correlação entre as vazões mensais e os índices climáticos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Mudanças climáticas

O conceito de mudança climática, conforme exposto pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), diz respeito às alterações no estado do clima, as quais podem ser identificadas, por exemplo, por meio de análises estatísticas. Essas mudanças se mantêm ao longo de um período prolongado, normalmente abrangendo décadas ou até mesmo mais tempo. As transformações climáticas podem resultar de processos internos naturais ou de influências externas, assim como de mudanças persistentes de origem humana na composição atmosférica ou no uso da terra (IPCC, 2014).

O IPCC (2001) estabelece o conceito de mudança climática como sendo as alterações de clima no tempo em consequência das ações antrópicas e a sazonalidade natural. Neste aspecto, Medeiros et al. (2016) mencionam que, ao considerar a sazonalidade climática de uma dada região, é notório que alterações climáticas severas alterem o comportamento climático.

Conforme apresentado por ANA (2016), a variabilidade espaço-temporal do clima é resultado de processos atmosféricos, bem como a radiação solar sobre a superfície terrestre. Estes processos não se comportam de maneira linear, além de estarem veemente relacionados. Consequentemente, a identificação de efeitos das ações do ser humano e da variabilidade climática natural torna-se complexa.

Os impactos oriundos das mudanças climáticas não se restringem a uma fronteira geográfica, necessitando-se de ações governamentais conjuntas a fim de adotar medidas que mitiguem as consequências com o objetivo de promover o equilíbrio entre ações antrópicas e o meio ambiente. Contudo, essa responsabilidade não se limita exclusivamente aos governos federais, sendo necessário, portanto, envolver ativamente os governos estaduais e municipais para alcançar plenamente as metas delineadas em seus respectivos planos de combate às alterações climáticas (Bai et al., 2018; Ürge-Vorsatz et al., 2018).

A disponibilidade de água no Brasil é fortemente influenciada pelo clima das regiões. As mudanças climáticas impactam a qualidade e quantidade de água no país. Neste cenário, populações economicamente vulneráveis são mais sensíveis às oscilações climáticas, uma vez que estas, em sua maioria, estão susceptíveis à escassez hídrica, tanto por motivos geográficos, quanto pela ausência de políticas públicas de saneamento (ANA, 2017).

Em decorrência da interferência das mudanças climáticas no regime de chuvas, Fernandes et al. (2020) apresentam que estas modificações se manifestam em termos de quantidade e intensidade de volume precipitado, ocasionando desastres naturais como

enchentes e secas, variações de ciclos hidrológicos, além do aumento da incidência de doenças respiratórias em países em desenvolvimento.

O Brasil tem enfrentado um agravamento nos eventos climáticos extremos, incluindo chuvas intensas, temperaturas elevadas, períodos de estiagem e seca, inundações, deslizamentos de terra e ameaças de ruptura de barragens. No decorrer de 2021, diversos estados brasileiros foram profundamente afetados, incluindo Minas Gerais, Bahia, Pará, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul. Esses eventos foram caracterizados pela ocorrência simultânea de excesso de chuvas nas regiões Nordeste e Sudeste, juntamente com condições extremamente secas no Sul do país (Soares, 2022).

2.2 Sistemas de circulação atmosféricos e fenômenos climáticos

As configurações da pressão atmosférica e da circulação em uma região geográfica específica podem ser alteradas devido à influência de fatores distantes, cuja repetição pode variar de semanas a meses e até anos. Essas influências à distância são conhecidas como teleconexões ou modos de variabilidade de baixa frequência na atmosfera (Trenberth et al., 1998).

Vários sistemas atmosféricos operam em diferentes escalas espaciais e temporais, desempenhando um papel nos episódios climáticos extremos que podem causar chuvas intensas, períodos prolongados de seca, ventos vigorosos e tanto ondas de frio quanto ondas de calor (Oliva, 2019). Neste cenário, a Zona de Convergência Intertropical (ZTIC) se manifesta como um dos principais e mais influentes sistemas atmosféricos.

Ferreira e Mello (2005) conceituam a ZTIC como uma faixa de nuvens que envolve a região equatorial do planeta, originada predominantemente pela junção dos ventos alísios do hemisfério norte com os ventos alísios do hemisfério sul. Esse encontro resulta em uma significativa atividade convectiva e precipitação pluviométrica intensa.

Quanto à circulação atmosférica na região tropical, observa-se que essa é fortemente moldada e influenciada pelos padrões termodinâmicos nas bacias dos oceanos Pacífico e Atlântico Tropicais. Alterações positivas ou negativas na Temperatura da Superfície do Mar (TSM) nessas bacias são provocadas por perturbações nas células de *Hadley e Walker* (Ferreira; Mello, 2005; Costa; Blanco, De Oliveira-Júnior, 2021).

Na região tropical, a ocorrência de precipitação está vinculada à influência de fenômenos meteorológicos de variadas escalas temporais. Esses fenômenos são moldados por mecanismos oceano-atmosfera que determinam as quantidades de chuva nas regiões

equatoriais. Dentre esses fenômenos destacam-se o El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e o Dipolo do Atlântico, cujas diferentes fases têm o poder de promover ou inibir a atividade convectiva nas áreas tropicais (Moura; Vitorino, 2012).

Aragão (1990) expõe que a duração dos períodos de seca e inundação está sujeita ao tempo de ocorrência, à extensão e à intensidade desses fenômenos. Os eventos podem ser classificados como muito fracos, moderados ou intensos, dependendo das medições das temperaturas da água do mar e dos períodos de sua manifestação.

Outro sistema atmosférico de grande importância no Brasil, consiste na Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). A ZCAS representa um sistema meteorológico crucial durante a estação de verão no hemisfério sul da América do Sul, sendo responsável por caracterizar o período chuvoso devido às fases de precipitação intensa associadas (Oliveira, 2019).

Na Amazônia, as chuvas contínuas durante o dia são a característica principal da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Isso ocorre devido à intensa advecção de ar frio e subsidência no lado polar da faixa de nebulosidade convectiva, associada à advecção de ar quente e movimento ascendente na região dessa faixa (Ramos et al., 2010; Martins, 2019)

2.2.1 ENOS

Existem também fenômenos climáticos, sendo o mais impactante para o Brasil o El Niño-Oscilação Sul (ENOS), que se manifesta por meio de fases positivas (El Niño) ou negativas (La Niña) nas temperaturas da superfície do mar no Pacífico equatorial (Oliveira, 2001). De acordo com Da Cunha et al. (2011), a variação da temperatura da superfície das águas do Oceano Pacífico Tropical, em conjunto com os padrões de pressão atmosférica, provoca alterações no fluxo de circulação da atmosfera. Isso, por sua vez, exerce influência climática em múltiplas regiões do globo. Tais desvios extremos são denominados fenômenos climáticos persistentes e podem perdurar por um período que varia de 6 a 18 meses.

Conforme exposto pelos autores Berlato e Fontana (2003) e Grimm et al. (1998), durante a fase quente, conhecida como El Niño, ocorre o aquecimento das águas do Pacífico, acompanhado por uma diminuição na pressão atmosférica na região leste do Pacífico. Esse padrão geralmente está ligado a períodos de estiagem. Já a La Niña, por sua vez, representa o fenômeno oposto ao El Niño, caracterizando-se por resfriamento das águas do Pacífico e frequentemente associada a épocas úmidas.

Existem diversos critérios para determinar as fases e a intensidade do fenômeno ENOS. No critério estabelecido pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), um episódio de El Niño ou La Niña é definido pelo Índice de Oscilação do Niño (ION), calculado por meio da média móvel trimestral da Temperatura da Superfície do Mar (TSM). No critério da NOAA, o El Niño é caracterizado quando o índice é igual ou superior a $0,5^{\circ}\text{C}$, enquanto a La Niña ocorre quando o índice é igual ou inferior a $-0,5^{\circ}\text{C}$, mantendo-se tais valores por um período mínimo de cinco meses consecutivos (Costa, 2018).

O ENOS exerce uma influência significativa no clima das regiões onde se manifesta, podendo resultar em períodos prolongados de estiagem ou, inversamente, em níveis de precipitação superiores às médias históricas (Romero, 2013).

Compreender a distribuição espacial e temporal das chuvas é essencial para aprimorar a gestão dos recursos hídricos em períodos de seca e para orientar as decisões relacionadas à defesa civil durante eventos de precipitações intensas. Dentro desse cenário, é crucial destacar a significativa relevância das estiagens e das chuvas em excesso, especialmente em relação aos fenômenos de grande escala, como o El Niño-Oscilação Sul, que impactam diretamente a circulação atmosférica global (Minuzzi et al., 2005).

2.2.2 Dipolo Atlântico

A ocorrência do fenômeno Dipolo Atlântico se deve a diferença de temperatura entre o Oceano Atlântico Equatorial Norte e Sul, exercendo grande influência no posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZTIC). As flutuações na quantidade de chuva na região amazônica também são reconhecidas por estarem correlacionadas com a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Atlântico Tropical (Fu et al., 2001).

O Dipolo do Atlântico se caracteriza como um fenômeno oceânico/atmosférico que pode diminuir ou intensificar a formação de nuvens, contribuindo para variações nos índices pluviométricos e nos padrões de vento ao longo do litoral norte/nordeste do Brasil. Em uma escala de tempo interanual, o padrão de Dipolo na Temperatura da Superfície do Mar (TSM) emerge como o principal modo de variabilidade influenciando as mudanças climáticas no Atlântico Tropical (Silva, 2017).

Na fase positiva deste fenômeno, verifica-se um cenário em que as águas do Atlântico Tropical Norte apresentam temperaturas mais elevadas, ao passo que as águas do Atlântico Tropical Sul se encontram mais frias. Isso resulta em movimentos descendentes que transportam ar frio e seco proveniente das camadas superiores da atmosfera sobre a Região

Leste da Amazônia, o que inibe a formação de nuvens e reduz a ocorrência de chuvas. Essas condições climáticas podem inclusive levar a períodos de seca, conforme destacado por Aragão (1996).

Por outro lado, de acordo com esse mesmo autor, a fase negativa surge quando as águas do Atlântico Tropical Norte estão mais frias, enquanto as águas do Atlântico Tropical Sul apresentam temperaturas mais quentes. Tal configuração promove o aumento dos movimentos ascendentes sobre essas áreas, o que intensifica a formação de nuvens e contribui para o aumento dos índices pluviométricos.

Para investigar essas situações anômalas que ocorrem na região equatorial do Atlântico, a National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) conduz a medição de dois índices que constituem o Padrão do Dipolo: o TNA (*Tropical Northern Atlantic*) e o TSA (*Tropical Southern Atlantic*).

2.3 Influência de fenômenos climáticos nos recursos hídricos

Eventos climáticos de chuvas extremas possuem a capacidade de influenciar significativamente o regime de vazões dos rios afetando a vida de populações ribeirinhas e ao ecossistema aquático. Em períodos de seca extrema e, em consequência da diminuição da vazão dos rios e aumento da demanda por oxigênio, há o aumento da mortalidade de peixes (Borma et al., 2013). Em concordância, estudos realizados por Franco et al. (2019), evidenciam que mudanças climáticas ocasionam impactos consideráveis sobre os recursos hídricos, sobretudo em países que possuem reservas florestais, como o Brasil, por exemplo.

Na região amazônica, as ameaças ou eventos naturais que podem resultar em danos estão principalmente relacionados à dinâmica dos rios. Os casos mais comuns de ameaças incluem enchentes e erosão, com ocorrências menos frequentes de secas. Durante a estação chuvosa, é possível observar uma série de eventos de alta precipitação que podem aumentar a incidência de processos costeiros, como inundações e erosão (Tavares, 2014).

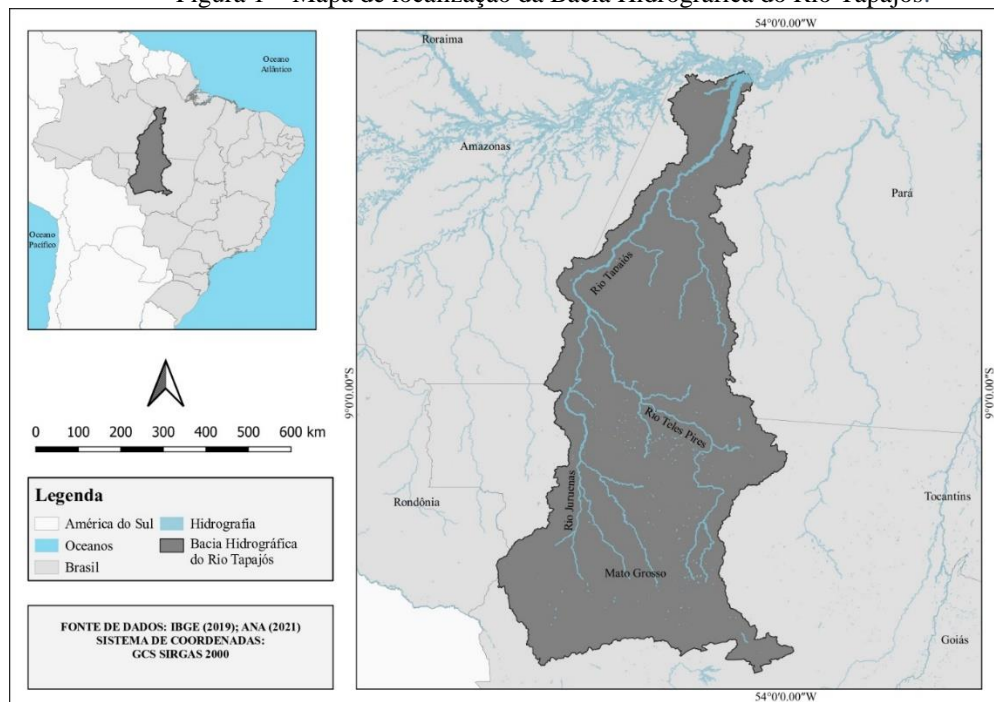
Castro et al. (2010), de maneira análoga, afirmam que estas mudanças na dinâmica costeira afetam o regime hidrológico, resultando na perda de território costeiro devido a inundações constantes. Além disso, a erosão e o aumento do nível do mar contribuem para a degradação de habitats costeiros e para a salinização do lençol freático. Essas ocorrências geram, por sua vez, desafios no fornecimento de água potável, tanto para uso doméstico quanto para fins industriais ou agrícolas, ao mesmo tempo que impactam a captação e a remoção de efluentes urbanos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós (BHRT), apresentada pela Figura 1, detém uma área de drenagem de 493.200 km² estando situada em sua maior parcela nos estados do Pará, Mato Grosso, além de compreender também uma pequena parte do Amazonas. Os principais afluentes do Tapajós chamam-se Juruena e Teles Pires (ANEEL, 2009), ambos com as nascentes no estado do Mato Grosso.

Figura 1 – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós.



Fonte: Sousa, Santos e Costa (2022).

3.2 Dados fluviométricos

No que se refere aos dados fluviométricos, sendo constituídos de séries históricas de vazões médias diárias, estes foram coletados junto ao banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA) via HIDROWEB, considerando-se como critério de seleção a disponibilidade de séries históricas superiores a 10 anos de extensão, a partir do ano de 1974. Os dados foram organizados em planilha, contendo as informações de localização de cada posto fluviométrico, código e nome de cada estação.

3.3 Índices Climáticos do ENOS

A coleta dos dados referentes ao Índice Oceânico do Niño (ION) e aos índices climáticos *Tropical Northern Atlantic* (TNA) e *Tropical Southern Atlantic* (TSA), são provenientes da

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) disponíveis no Climate Prediction Center (CPC) por meio do site: National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA, considerando o período de 1950 a 2020. A classificação e estratificação do ENOS teve como base os critérios apresentados pelo Golden Gate Service (2012), expostos no Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação da Intensidade dos Fenômenos ENOS.

Evento	Valor do ION (°C)	Intensidade
El Niño	≥1,5	Forte
	1 a 1,4	Moderado
	0,5 a 0,9	Fraco
Neutralidade	-0,4 a 0,4	Neutralidade
La Niña	-0,5 a -0,9	Fraco
	-1 a -1,4	Moderado
	≤ -1,5	Forte

Fonte: Golden Gate Service, 2012.

Em circunstâncias em que o ION se mantém acima de 0,5°C por um período contínuo de pelo menos cinco meses, essa fase é classificada como El Niño. Por outro lado, quando o índice permanece abaixo de -0,5°C por um período consecutivo mínimo de cinco meses, essa fase é identificada como La Niña. Anos em que não há a manifestação desses fenômenos são categorizados como neutros (Medeiros et al., 2016).

No Quadro 2 são expostos os valores de ION mensais em °C calculados por meio da média móvel trimestral da Temperatura da Superfície do Mar (TSM), onde os dados em azul representam os anos de ocorrência de La Niña, em vermelho os de El Niño, e em preto os anos neutros.

Quadro 2 – Valores de ION (1950 – 2020).

(continua)

Ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1950	-1.5	-1.3	-1.2	-1.2	-1.1	-0.9	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.6	-0.8
1951	-0.8	-0.5	-0.2	0.2	0.4	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.0	0.8
1952	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.1	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1
1953	0.4	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8
1954	0.8	0.5	0.0	-0.4	-0.5	-0.5	-0.6	-0.8	-0.9	-0.8	-0.7	-0.7
1955	-0.7	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-1.1	-1.4	-1.7	-1.5
1956	-1.1	-0.8	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.6	-0.6	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4
1957	-0.2	0.1	0.4	0.7	0.9	1.1	1.3	1.3	1.3	1.4	1.5	1.7
1958	1.8	1.7	1.3	0.9	0.7	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6
1959	0.6	0.6	0.5	0.3	0.2	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1	0.0	0.0	0.0
1960	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1

Quadro 3 – Valores de ION (1950 – 2020).

(continuação)

Ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1961	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.1	-0.1	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2
1962	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4
1963	-0.4	-0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.3
1964	1.1	0.6	0.1	-0.3	-0.6	-0.6	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
1965	-0.6	-0.3	-0.1	0.2	0.5	0.8	1.2	1.5	1.9	2.0	2.0	1.7
1966	1.4	1.2	1.0	0.7	0.4	0.2	0.2	0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3
1967	-0.4	-0.5	-0.5	-0.4	-0.2	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.4	-0.3	-0.4
1968	-0.6	-0.7	-0.6	-0.4	0.0	0.3	0.6	0.5	0.4	0.5	0.7	1.0
1969	1.1	1.1	0.9	0.8	0.6	0.4	0.4	0.5	0.8	0.9	0.8	0.6
1970	0.5	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.3	-0.6	-0.8	-0.8	-0.7	-0.9	-1.1
1971	-1.4	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.9	-1.0	-0.9
1972	-0.7	-0.4	0.1	0.4	0.7	0.9	1.1	1.4	1.6	1.8	2.1	2.1
1973	1.8	1.2	0.5	-0.1	-0.5	-0.9	-1.1	-1.3	-1.5	-1.7	-1.9	-2.0
1974	-1.8	-1.6	-1.2	-1.0	-0.9	-0.8	-0.5	-0.4	-0.4	-0.6	-0.8	-0.6
1975	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.8	-1.0	-1.1	-1.2	-1.4	-1.4	-1.6	-1.7
1976	-1.6	-1.2	-0.7	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.9	0.8
1977	0.7	0.6	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.6	0.7	0.8	0.8
1978	0.7	0.4	0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.1	0.0
1979	0.0	0.1	0.2	0.3	0.2	0.0	0.0	0.2	0.3	0.5	0.5	0.6
1980	0.6	0.5	0.3	0.4	0.5	0.5	0.3	0.0	-0.1	0.0	0.1	0.0
1981	-0.3	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	-0.1
1982	0.0	0.1	0.2	0.5	0.7	0.7	0.8	1.1	1.6	2.0	2.2	2.2
1983	2.2	1.9	1.5	1.3	1.1	0.7	0.3	-0.1	-0.5	-0.8	-1.0	-0.9
1984	-0.6	-0.4	-0.3	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.6	-0.9	-1.1
1985	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4
1986	-0.5	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	0.2	0.4	0.7	0.9	1.1	1.2
1987	1.2	1.2	1.1	0.9	1.0	1.2	1.5	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1
1988	0.8	0.5	0.1	-0.3	-0.9	-1.3	-1.3	-1.1	-1.2	-1.5	-1.8	-1.8
1989	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1
1990	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4
1991	0.4	0.3	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.6	0.6	0.8	1.2	1.5
1992	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	0.7	0.4	0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1
1993	0.1	0.3	0.5	0.7	0.7	0.6	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.1
1994	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	1.0	1.1
1995	1.0	0.7	0.5	0.3	0.1	0.0	-0.2	-0.5	-0.8	-1.0	-1.0	-1.0
1996	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5
1997	-0.5	-0.4	-0.1	0.3	0.8	1.2	1.6	1.9	2.1	2.3	2.4	2.4
1998	2.2	1.9	1.4	1.0	0.5	-0.1	-0.8	-1.1	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6
1999	-1.5	-1.3	-1.1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.1	-1.1	-1.2	-1.3	-1.5	-1.7
2000	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.6	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7
2001	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3

Quadro 4 – Valores de ION (1950 – 2020).

(continuação)

Ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2002	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.4	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.1
2003	0.9	0.6	0.4	0.0	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4
2004	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7
2005	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.6	-0.8
2006	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.1	0.0	0.1	0.3	0.5	0.8	0.9	0.9
2007	0.7	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	-1.1	-1.3	-1.5	-1.6
2008	-1.6	-1.5	-1.3	-1.0	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	-0.2	-0.4	-0.6	-0.7
2009	-0.8	-0.8	-0.6	-0.3	0.0	0.3	0.5	0.6	0.7	1.0	1.4	1.6
2010	1.5	1.2	0.8	0.4	-0.2	-0.7	-1.0	-1.3	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6
2011	-1.4	-1.2	-0.9	-0.7	-0.6	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	-1.0	-1.1	-1.0
2012	-0.9	-0.7	-0.6	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.2
2013	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.6	0.7
2015	0.5	0.5	0.5	0.7	0.9	1.2	1.5	1.9	2.2	2.4	2.6	2.6
2016	2.5	2.1	1.6	0.9	0.4	-0.1	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.6
2017	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	-0.1	-0.4	-0.7	-0.8	-1.0
2018	-0.9	-0.9	-0.7	-0.5	-0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.8	0.9	0.8
2019	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5
2020	0.5	0.5	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.6	-0.9	-1.2	-1.3	-1.2

Fonte: NOAA, 2023.

3.4 Determinação do Gradiente Inter-Hemisférico

A determinação do Gradiente Inter-Hemisférico (GIH) é realizada a fim de se obter as fases do Dipolo do Atlântico, por meio da diferença entre o TNA-TSA, apresentada na Equação 1.

$$\text{GIH} = \text{TNA} - \text{TSA} \quad (1)$$

O método utilizado para determinação das fases do gradiente teve como base os estudos realizados por Souza et al. (2005), no qual elucida que as fases do gradiente, sendo elas Dipolo Positivo/Negativo, ocorrem quando a diferença TNA-TSA apresenta valores sucessivos iguais/acima de 0,2 °C ou iguais/abaixo de -0,2 °C em pelo menos 4 meses. As séries temporais de TNA e TSA em valores mensais para o período de 1950 a 2020 encontram-se dispostas no Anexo A e Anexo B, respectivamente.

3.5 Curvas de Permanência

A metodologia para elaboração da curva de permanência é empírica, no qual relaciona a vazão do rio com a probabilidade de ocorrência em um intervalo de tempo. Neste estudo, considerou-se o método proposto por Eletrobrás (2000), analisando as vazões máximas e mínimas com a probabilidade de ocorrência de 95% e 5% respectivamente. A partir deste método, elaborou-se uma curva de permanência para cada posto fluviométrico considerado dentro da área de estudo.

O procedimento de elaboração da curva de permanência consiste primeiramente na definição do número de intervalos de classe (NC), sendo definido pela Equação 2. Posteriormente, é realizado o cálculo da amplitude de cada intervalo apresentado pela Equação 3.

$$N_C = 1 + 3,3 \cdot \ln(n) \quad (2)$$

Onde:

n = número de dados da amostra;

\ln = logaritmo natural.

$$d = \frac{Q_{\text{máx}} - Q_{\text{mín}}}{(N_C - 1)} \quad (3)$$

Onde:

d = Amplitude de cada intervalo, em m^3/s ;

$Q_{\text{máx}}$ = vazão máxima da série, em m^3/s ;

$Q_{\text{mín}}$ = vazão mínima da série, em m^3/s ;

N_C = número de intervalos de classe.

Definida a amplitude, a partir do número de vazões que se concentram em cada intervalo, temos a frequência F_i . Acumulando os valores de F_i no sentido de maior para menor vazão, tem-se os valores d_i de permanência. A probabilidade P_i , em porcentagem, de vazão Q ser maior ou igual a Q_i é exposta na Equação 4.

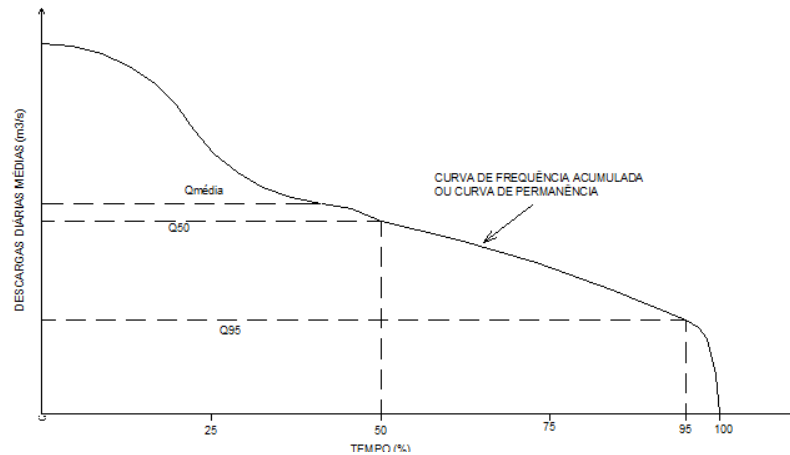
$$P_i = \frac{d_i}{N_v} \cdot 100 \quad (4)$$

Onde:

N_v = é o número total de valores, ou $\sum f_i$.

Realizado todas as etapas descritas anteriormente é realizada a elaboração da curva relacionando a vazão, em m^3/s , com o tempo, em %, de acordo apresentado pela Figura 2.

Figura 2 – Curva de Permanência de Vazões no Tempo.



Fonte: Eletrobrás, 2000.

3.5.1 Vazões $Q_{95\%}$ e $Q_{5\%}$

Uma das condições essenciais para assegurar a continuidade das funções desempenhadas pela água é a preservação de vazões mínimas capazes de sustentar o ecossistema aquático. Essas vazões são frequentemente denominadas como residuais, remanescentes, ecológicas e ambientais (Longhi, 2011).

No Brasil, o Manual de Procedimentos Técnicos e Administrativos de Outorga de Uso de Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas (ANA, 2013) estabelece os critérios para a análise de outorga preventiva e de direito de uso de recursos. Para a avaliação da disponibilidade hídrica superficial, recomenda-se a utilização da vazão de referência, equivalente àquela igualada ou superada em 95% do tempo ($Q_{95\%}$), considerando que o risco de 5% representa um valor médio aceitável pelos diversos setores usuários.

O método $Q_{95\%}$ consiste em uma abordagem estatística utilizada para avaliar a probabilidade de ocorrência de uma determinada vazão em um rio. Deste modo, trata-se da vazão que é alcançada ou superada durante 95% do período analisado, utilizando como base os registros históricos de vazão.

Por meio da determinação da $Q_{5\%}$, pode-se identificar o nível de vazão que ocorre em situações relativamente raras, indicando um evento de baixa probabilidade no qual a vazão que é mantida ou excedida em apenas 5% das observações ao longo do período de registro, pertencendo a estimativa de vazões máximas que se manifestam em menor frequência.

3.6 Diagrama Boxplot

Com o objetivo de analisar visualmente a distribuição de dados referentes aos ION, GIH e Vazão, construiu-se diagramas Boxplot considerando o período de cheia (outubro a abril) e o período de seca (maio a setembro). Conforme Naghettini e Pinto (2007), os gráficos Boxplot, ou diagramas de caixa, são ferramentas valiosas uma vez que oferecem uma visão abrangente do centro dos dados, sua dispersão, assimetria, caudas e possíveis valores discrepantes.

A mediana representa o centro, enquanto a amplitude interquartil indica a dispersão. A simetria ou assimetria da distribuição pode ser identificada pelas posições relativas dos quartis Q1, Q2 e Q3. Os limites superiores e inferiores são caracterizados pelos comprimentos das linhas verticais que se estendem a partir da caixa dos quartis. Esses diagramas são especialmente úteis para comparar características entre duas ou mais amostras distintas.

3.7 Correlação de Pearson

A fim de se obter o grau de correspondência entre os valores de vazões mensais e os índices climáticos (ION e GIH), realizou-se a Correlação de Pearson considerando cada ano presente nas séries históricas, bem como a ocorrência de cada evento climático. Valores do coeficiente de correlação de Pearson (r) entre 0,10 e 0,29 correspondem uma correlação fraca; valores entre 0,30 e 0,49 são considerados como correlação moderada; e valores entre 0,50 e 1 são compreendidos como correlação forte (Cohen, 1988).

Nesta análise, considerou-se a classificação proposta por Dancey e Reidy (2006), no qual é determinado uma correlação fraca para valores entre 0,10 e 0,39; correlação média de 0,40 a 0,69; e correlação forte de 0,70 a 1.

Segundo Vieira (2012), a existência de uma correlação estatística não assegura automaticamente a presença de uma relação causal, ou seja, uma relação de causa e efeito entre os conjuntos de dados. Portanto, a correlação entre duas variáveis pode ser influenciada pela presença de outras variáveis não identificadas no estudo. Por meio da análise estatística de Pearson (Equação 5), é possível calcular o nível de correlação entre duas variáveis de natureza métrica (intervalar ou de razão), que abrange valores na faixa de -1 (correlação negativa perfeita) a +1 (correlação positiva perfeita).

$$r = \frac{\sum(X_i - \bar{X}) \cdot (Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2 \cdot \sum(Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (5)$$

No qual r é o coeficiente de correlação linear entre as variáveis X e Y . Neste cenário, para a realização desta análise, é essencial possuir uma amostra com n valores de x_i para a variável X , assim como n valores de y_i para a variável Y . Cada valor x_i da variável X deve estar correspondido a um valor y_i na variável Y . Pode ser entendido como a quantificação da parcela da variação em Y que pode ser atribuída à variável X (e vice-versa).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Levantamento de Estações Fluviométricas

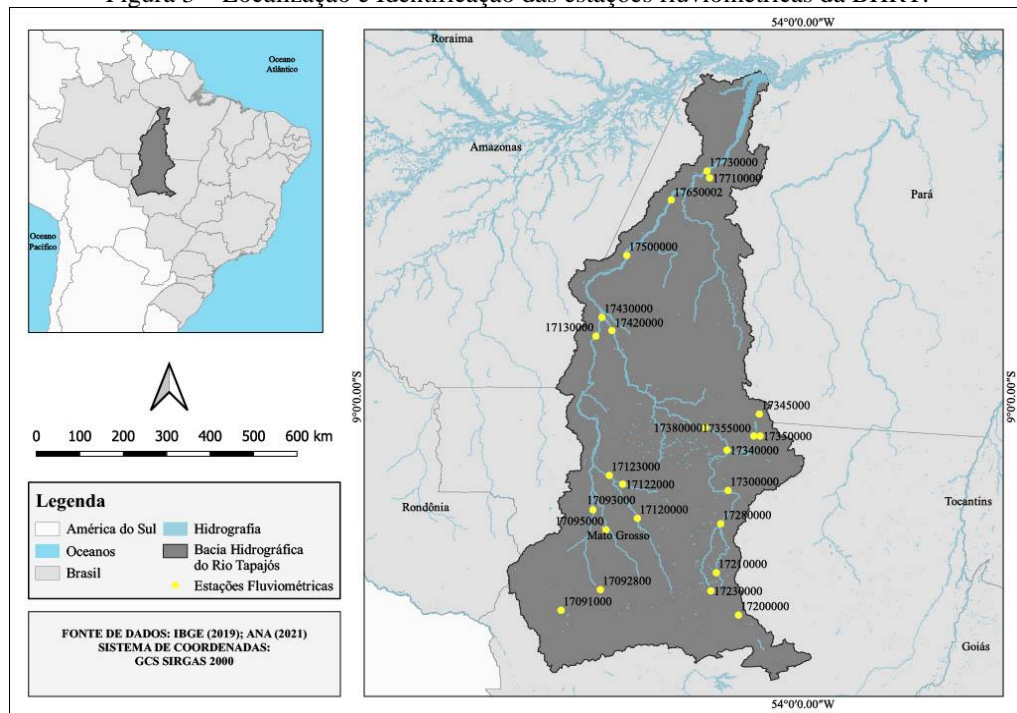
Com base na coleta de dados das estações fluviométricas na BHRT, foi possível obter informações de 24 postos fluviométricos, apresentados no Quadro 3, e distribuídos ao longo da área de análise, conforme ilustrado na Figura 3.

Quadro 5 – Dados das estações fluviométricas da Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós.

ID	CÓDIGO	ESTADO	LATITUDE	LONGITUDE	NOME
E1	17091000	MT	-13,46	-59,01	FAZENDA TUCUNARÉ
E2	17092800	MT	-13,03	-58,19	ALDEIA SACRE II
E3	17093000	MT	-11,36	-58,34	FONTANILHAS
E4	17095000	MT	-11,72	-58,05	FAZENDA TOMBADOR
E5	17120000	MT	-11,54	-57,42	PORTO DOS GAÚCHOS
E6	17200000	MT	-13,56	-55,33	PORTO RONCADOR
E7	17210000	MT	-12,67	-55,79	TELES PIRES
E8	17230000	MT	-13,05	-55,91	PCH CANOA QUEBRADA LUCAS DO RIO VERDE
E9	17280000	MT	-11,65	-55,7	CACHOEIRÃO
E10	17340000	MT	-10,11	-55,57	INDECO
E11	17350000	MT	-9,82	-54,89	CACHIMBO
E12	17355000	MT	-9,84	-55,02	PCH BRAÇO NORTE JUSANTE
E13	17380000	MT	-9,64	-56,02	JUSANTE FOZ PEIXOTO DE AZEVEDO
E14	17420000	MT	-7,61	-57,95	TRÊS MARIAS
E15	17430000	MT	-7,34	-58,16	BARRA DO SÃO MANUEL
E16	17710000	PA	-4,62	-56,33	BUBURÉ
E17	17730000	PA	-4,28	-55,98	ITAITUBA
E18	17122000	MT	-10,82	-57,73	RIO DOS PEIXES
E19	17130000	MT	-7,73	-58,28	FOZ DO JURUENA
E20	17123000	MT	-10,64	-58	RIO ARINOS
E21	17345000	PA	-9,3589	-54,9039	Base Cachimbo
E22	17300000	MT	-10,9558	-55,5508	FAZENDA TRATEX
E23	17650002	PA	-4,8864	-56,7231	ACARÁ DO TAPAJÓS
E24	17500000	PA	-6,0453	-57,6428	FORTALEZA

Fonte: Elaboração própria, a partir de ANA (2022).

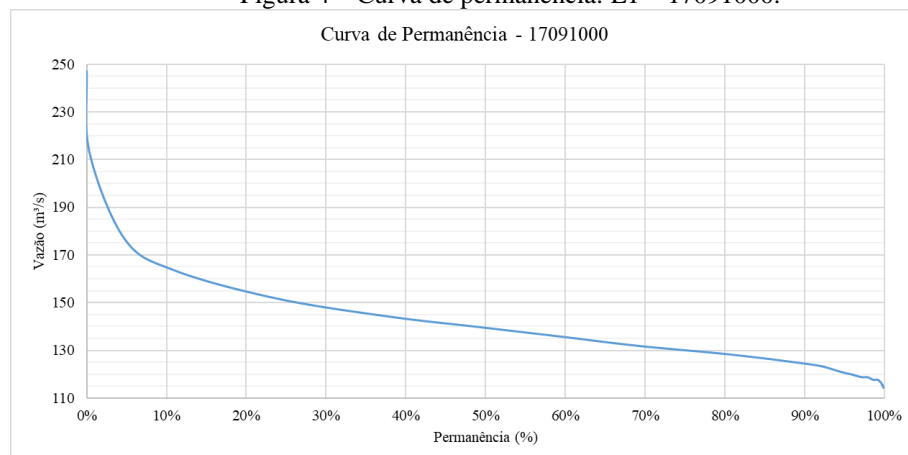
Figura 3 – Localização e Identificação das estações fluviométricas da BHRT.



Fonte: Sousa, Santos e Costa (2022).

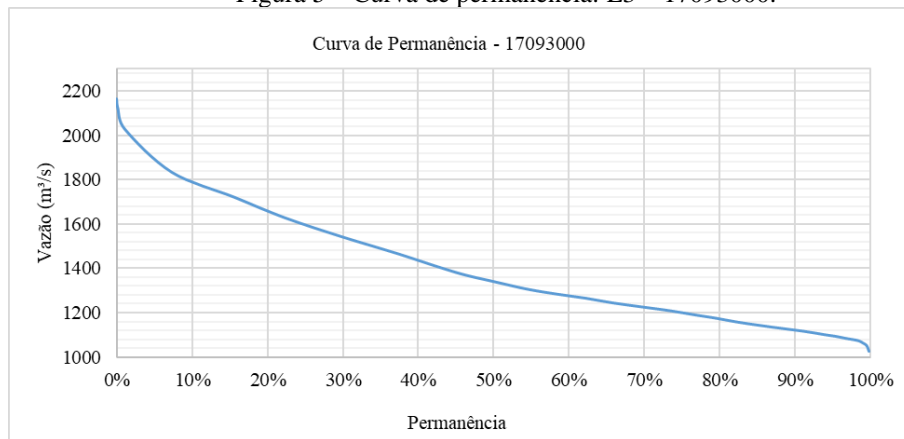
Para todas as estações, realizou-se a análise das curvas de permanência. De modo geral, nota-se que a grande maioria das 24 curvas de permanência (APÊNDICE A) exibiu um comportamento que se assemelha ao padrão representado nas Figuras 4 e 5. No entanto, é importante pontuar que uma estação fluviométrica se destacou por apresentar um comportamento atípico, notavelmente diferente em comparação com os demais postos fluviométricos, como pode ser observado na Figura 6.

Figura 4 – Curva de permanência: E1 – 17091000.



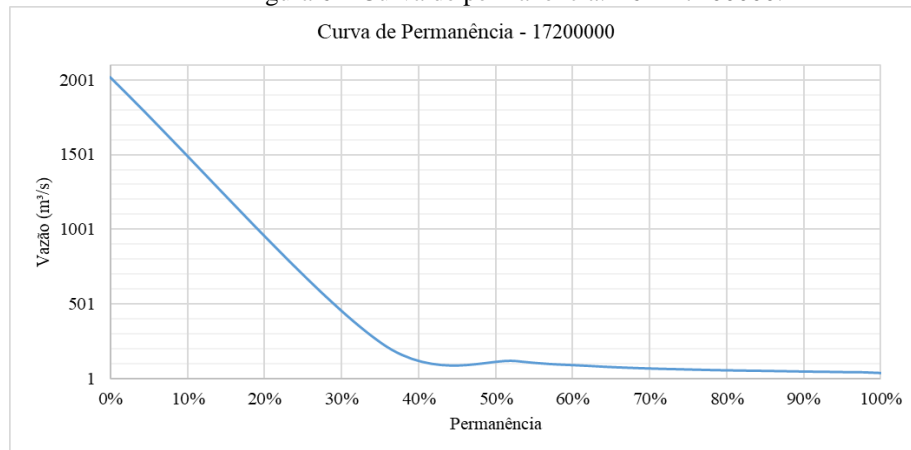
Fonte: Autora, 2023.

Figura 5 – Curva de permanência: E3 – 17093000.



Fonte: Autora, 2023.

Figura 6 – Curva de permanência: E6 – 17200000.



Fonte: Autora, 2023.

Dentro desse contexto, e diante dos comportamentos singulares da estação 17200000, uma explicação possível para esse evento pode ser encontrada ao examinar a série temporal completa. Nesse sentido, torna-se evidente a influência das flutuações anuais e da sazonalidade na região onde a estação está situada. Assim, períodos excepcionalmente úmidos ou secos ao longo do período analisado têm o potencial de provocar alterações substanciais nas curvas de permanência.

Ademais, um outro ponto passível de discussão diz respeito à localização das estações dentro da bacia hidrográfica. A estação com o código 17200000 está posicionada nas áreas mais elevadas do Rio Teles Pires, um afluente do Rio Tapajós, e exhibe flutuações fluviométricas mais pronunciadas devido à sua localização em uma área topograficamente mais acidentada (Farias et al., 2017). Além disso, a presença do Complexo Hidrelétrico do Rio Teles Pires também impacta, composto por quatro hidrelétricas já em operação (UHE Teles Pires, UHE Sinop, UHE

São Manoel e UHE Colíder) e outros dois empreendimentos ainda em fase de implantação (UHE Foz do Apiacás e UHE Magessi) (Fearnside, 2019).

A implementação desses empreendimentos, além de indicar a presença de um considerável potencial hidráulico, pode exercer uma influência significativa no regime hidrológico da bacia hidrográfica. Pesquisas conduzidas por Almeida et al. (2019) indicaram a influência dos efeitos sazonais nas vazões da região onde a estação fluviométrica está localizada, ao mesmo tempo em que corroboram a ausência de tendências nas séries de vazões analisadas. Diante disso, alterações no comportamento das vazões podem estar associadas tanto a atividades antropogênicas quanto a eventos climáticos críticos.

4.2 Vazões Máximas e Mínimas

Ao examinar os valores máximos e mínimos de vazão, considerando a frequência de ocorrência situada entre 5% e 95% dentro da série histórica, pode-se observar que, na maioria das estações, os picos de vazão ocorrem com maior frequência nos meses de outubro a abril, onde o mês de março apresenta as maiores médias de vazões. Por outro lado, as vazões mínimas são mais frequentes nos meses de maio a setembro, no qual o mês de agosto evidencia as menores vazões em média.

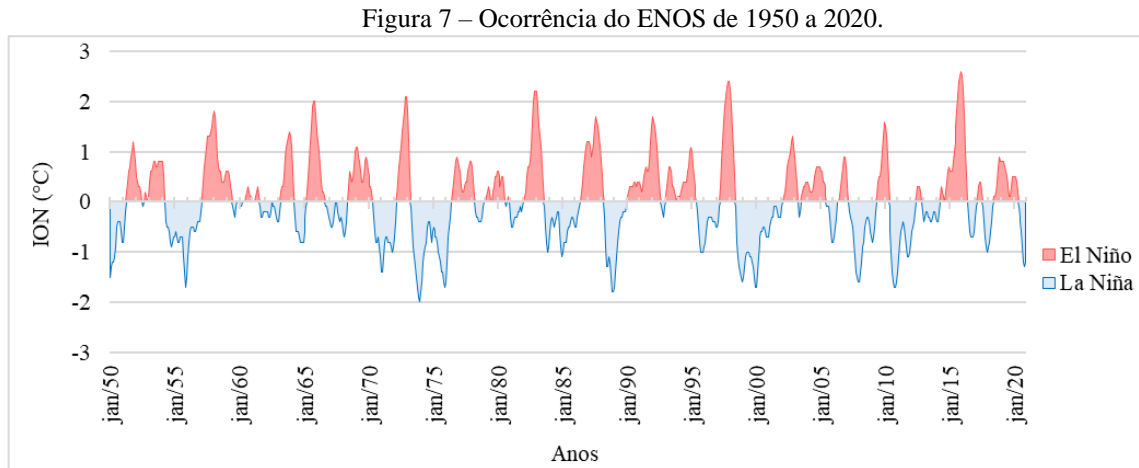
Santos (2017) afirma que o período seco abrange os meses de maio a setembro, enquanto o período chuvoso ocorre de outubro a abril. Notavelmente, os meses de junho, julho e agosto se destacam como os mais secos. Para Zingler et al., (2004), a cobertura vegetal exerce influência no percentual de chuva de uma determinada região, no qual conforme a cobertura do solo a recarga dos aquíferos superficiais e subterrâneos tende a aumentar ou diminuir, por interferir diretamente no componente escoamento.

De modo geral, os dias de vazões máximas e mínimas das estações fluviométricas consideradas seguem a tendência de se agruparem em semanas ou meses consecutivos ao longo da série histórica. No entanto, para estações 1720000 e 17093000, esse comportamento não é seguido, onde os dias de máximos e mínimos seguem dispersos ao longo da série histórica, não seguindo uma sequência de agrupamento previsto.

4.3 Classificação dos Eventos Climáticos

Na Figura 7 observa-se a série temporal analisada bem como a ocorrência dos ENOS. Ao analisar os valores do Índice de Oscilação do El Niño (ION) ao longo do período de 71

anos, nota-se que apenas oito anos (1960, 1961, 1962, 1967, 1981, 1990, 1993 e 2013) foram categorizados como neutros.



Fonte: Autora, 2023.

Nos 63 anos restantes, ocorreram eventos de El Niño ou La Niña, e desses, 30 anos foram classificados com intensidade forte para uma das condições. Sendo que um ano pode apresentar tanto La Niña quando El Niño, uma vez que estes fenômenos não restringem seu início e fim aos limites do ano civil. Na Tabela 1, pode-se observar a média dos ION encontrada para cada classificação.

Tabela 1 - Média de intensidade dos ION

Fenômeno	Fraco	Moderado	Forte
El Niño	0,67	1,17	1,89
La Niña	-0,68	-1,18	-1,64

Fonte: Autora, 2023.

No Quadro 4, observa-se a classificação e duração dos eventos ENOS. O menor período de continuidade para os eventos de EN foi de cinco meses (nov/58 a mar/59, set/77 a jan/78 e out/79 a fev/80), que foram classificados como intensidade fraca. Considerando os anos de LN, este comportamento foi de cinco meses (agosto a dezembro de 2016), que também foi classificado com intensidade fraca. Já a maior duração para EN foi de 19 meses (novembro de 2014 a maio de 2016) e para LN foi de 32 meses (julho 1998 a fevereiro de 2001), os quais foram classificados com intensidade forte.

Quadro 6 – Classificação e duração dos eventos ENOS nos períodos de 1950 a 2020.

(continua)

Mês/Ano	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
Jan	-1,5	-0,8	0,5	0,4	0,8	-0,7	-1,1	-0,2	1,8	0,6	-0,1	0	-0,2	-0,4	1,1
Fev	-1,3	-0,5	0,4	0,6	0,5	-0,6	-0,8	0,1	1,7	0,6	-0,1	0	-0,2	-0,2	0,6
Mar	-1,2	-0,2	0,3	0,6	0	-0,7	-0,6	0,4	1,3	0,5	-0,1	0	-0,2	0,2	0,1
Abr	-1,2	0,2	0,3	0,7	-0,4	-0,8	-0,5	0,7	0,9	0,3	0	0,1	-0,3	0,3	-0,3
Mai	-1,1	0,4	0,2	0,8	-0,5	-0,8	-0,5	0,9	0,7	0,2	0	0,2	-0,3	0,3	-0,6
Jun	-0,9	0,6	0	0,8	-0,5	-0,7	-0,5	1,1	0,6	-0,1	0	0,3	-0,2	0,5	-0,6
Jul	-0,5	0,7	-0,1	0,7	-0,6	-0,7	-0,6	1,3	0,6	-0,2	0,1	0,1	0	0,9	-0,6
Ago	-0,4	0,9	0	0,7	-0,8	-0,7	-0,6	1,3	0,4	-0,3	0,2	-0,1	-0,1	1,1	-0,7
Set	-0,4	1	0,2	0,8	-0,9	-1,1	-0,5	1,3	0,4	-0,1	0,3	-0,3	-0,1	1,2	-0,8
Out	-0,4	1,2	0,1	0,8	-0,8	-1,4	-0,4	1,4	0,4	0	0,2	-0,3	-0,2	1,3	-0,8
Nov	-0,6	1	0	0,8	-0,7	-1,7	-0,4	1,5	0,5	0	0,1	-0,2	-0,3	1,4	-0,8
Dez	-0,8	0,8	0,1	0,8	-0,7	-1,5	-0,4	1,7	0,6	0	0,1	-0,2	-0,4	1,3	-0,8
Mês/Ano	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Jan	-0,6	1,4	-0,4	-0,6	1,1	0,5	-1,4	-0,7	1,8	-1,8	-0,5	-1,6	0,7	0,7	0
Fev	-0,3	1,2	-0,5	-0,7	1,1	0,3	-1,4	-0,4	1,2	-1,6	-0,6	-1,2	0,6	0,4	0,1
Mar	-0,1	1	-0,5	-0,6	0,9	0,3	-1,1	0,1	0,5	-1,2	-0,7	-0,7	0,3	0,1	0,2
Abr	0,2	0,7	-0,4	-0,4	0,8	0,2	-0,8	0,4	-0,1	-1	-0,7	-0,5	0,2	-0,2	0,3
Mai	0,5	0,4	-0,2	0	0,6	0	-0,7	0,7	-0,5	-0,9	-0,8	-0,3	0,2	-0,3	0,2
Jun	0,8	0,2	0	0,3	0,4	-0,3	-0,7	0,9	-0,9	-0,8	-1	0	0,3	-0,3	0
Jul	1,2	0,2	0	0,6	0,4	-0,6	-0,8	1,1	-1,1	-0,5	-1,1	0,2	0,4	-0,4	0
Ago	1,5	0,1	-0,2	0,5	0,5	-0,8	-0,8	1,4	-1,3	-0,4	-1,2	0,4	0,4	-0,4	0,2
Set	1,9	-0,1	-0,3	0,4	0,8	-0,8	-0,8	1,6	-1,5	-0,4	-1,4	0,6	0,6	-0,4	0,3
Out	2	-0,1	-0,4	0,5	0,9	-0,7	-0,9	1,8	-1,7	-0,6	-1,4	0,8	0,7	-0,3	0,5
Nov	2	-0,2	-0,3	0,7	0,8	-0,9	-1	2,1	-1,9	-0,8	-1,6	0,9	0,8	-0,1	0,5
Dez	1,7	-0,3	-0,4	1	0,6	-1,1	-0,9	2,1	-2	-0,6	-1,7	0,8	0,8	0	0,6
Mês/Ano	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Jan	0,6	-0,3	0	2,2	-0,6	-1	-0,5	1,2	0,8	-1,7	0,1	0,4	1,7	0,1	0,1
Fev	0,5	-0,5	0,1	1,9	-0,4	-0,8	-0,5	1,2	0,5	-1,4	0,2	0,3	1,6	0,3	0,1
Mar	0,3	-0,5	0,2	1,5	-0,3	-0,8	-0,3	1,1	0,1	-1,1	0,3	0,2	1,5	0,5	0,2
Abr	0,4	-0,4	0,5	1,3	-0,4	-0,8	-0,2	0,9	-0,3	-0,8	0,3	0,3	1,3	0,7	0,3
Mai	0,5	-0,3	0,7	1,1	-0,5	-0,8	-0,1	1	-0,9	-0,6	0,3	0,5	1,1	0,7	0,4
Jun	0,5	-0,3	0,7	0,7	-0,4	-0,6	0	1,2	-1,3	-0,4	0,3	0,6	0,7	0,6	0,4
Jul	0,3	-0,3	0,8	0,3	-0,3	-0,5	0,2	1,5	-1,3	-0,3	0,3	0,7	0,4	0,3	0,4
Ago	0	-0,2	1,1	-0,1	-0,2	-0,5	0,4	1,7	-1,1	-0,3	0,4	0,6	0,1	0,3	0,4
Set	-0,1	-0,2	1,6	-0,5	-0,2	-0,4	0,7	1,6	-1,2	-0,2	0,4	0,6	-0,1	0,2	0,6
Out	0	-0,1	2	-0,8	-0,6	-0,3	0,9	1,5	-1,5	-0,2	0,3	0,8	-0,2	0,1	0,7
Nov	0,1	-0,2	2,2	-1	-0,9	-0,3	1,1	1,3	-1,8	-0,2	0,4	1,2	-0,3	0	1
Dez	0	-0,1	2,2	-0,9	-1,1	-0,4	1,2	1,1	-1,8	-0,1	0,4	1,5	-0,1	0,1	1,1
Mês/Ano	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Jan	1	-0,9	-0,5	2,2	-1,5	-1,7	-0,7	-0,1	0,9	0,4	0,6	-0,8	0,7	-1,6	-0,8
Fev	0,7	-0,8	-0,4	1,9	-1,3	-1,4	-0,5	0	0,6	0,3	0,6	-0,7	0,3	-1,4	-0,7
Mar	0,5	-0,6	-0,1	1,4	-1,1	-1,1	-0,4	0,1	0,4	0,2	0,4	-0,5	0	-1,2	-0,5
Abr	0,3	-0,4	0,3	1	-1	-0,8	-0,3	0,2	0	0,2	0,4	-0,3	-0,2	-0,9	-0,2
Mai	0,1	-0,3	0,8	0,5	-1	-0,7	-0,3	0,4	-0,3	0,2	0,3	0	-0,3	-0,8	0,1

Quadro 7 – Classificação e duração dos eventos ENOS nos períodos de 1950 a 2020.

(continuação)

ês/Ano	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Jun	0	-0,3	1,2	-0,1	-1	-0,6	-0,1	0,7	-0,2	0,3	0,1	0	-0,4	-0,5	0,4
Jul	-0,2	-0,3	1,6	-0,8	-1,1	-0,6	-0,1	0,8	0,1	0,5	-0,1	0,1	-0,5	-0,4	0,5
Ago	-0,5	-0,3	1,9	-1,1	-1,1	-0,5	-0,1	0,9	0,2	0,6	-0,1	0,3	-0,8	-0,3	0,5
Set	-0,8	-0,4	2,1	-1,3	-1,2	-0,5	-0,2	1	0,3	0,7	-0,1	0,5	-1,1	-0,3	0,7
Out	-1	-0,4	2,3	-1,4	-1,3	-0,6	-0,3	1,2	0,3	0,7	-0,3	0,7	-1,4	-0,4	1
Nov	-1	-0,4	2,4	-1,5	-1,5	-0,7	-0,3	1,3	0,4	0,7	-0,6	0,9	-1,5	-0,6	1,3
Dez	-1	-0,5	2,4	-1,6	-1,7	-0,7	-0,3	1,1	0,4	0,7	-0,8	0,9	-1,6	-0,7	1,6
Mês/Ano	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020				
Jan	1,5	-1,4	-0,8	-0,4	-0,4	0,6	2,5	-0,3	-0,9	0,8	0,5				
Fev	1,3	-1,1	-0,6	-0,3	-0,4	0,6	2,2	-0,1	-0,8	0,8	0,5				
Mar	0,9	-0,8	-0,5	-0,2	-0,2	0,6	1,7	0,1	-0,6	0,8	0,4				
Abr	0,4	-0,6	-0,4	-0,2	0,1	0,8	1	0,3	-0,4	0,7	0,2				
Mai	-0,1	-0,5	-0,2	-0,3	0,3	1	0,5	0,4	-0,1	0,6	-0,1				
Jun	-0,6	-0,4	0,1	-0,3	0,2	1,2	0	0,4	0,1	0,5	-0,3				
Jul	-1	-0,5	0,3	-0,4	0,1	1,5	-0,3	0,2	0,1	0,3	-0,4				
Ago	-1,4	-0,7	0,3	-0,4	0	1,8	-0,6	-0,1	0,2	0,1	-0,6				
Set	-1,6	-0,9	0,3	-0,3	0,2	2,1	-0,7	-0,4	0,4	0,1	-0,9				
Out	-1,7	-1,1	0,2	-0,2	0,4	2,4	-0,7	-0,7	0,7	0,3	-1,2				
Nov	-1,7	-1,1	0	-0,2	0,6	2,5	-0,7	-0,9	0,9	0,5	-1,3				
Dez	-1,6	-1	-0,2	-0,3	0,7	2,6	-0,6	-1	0,8	0,5	-1,2				

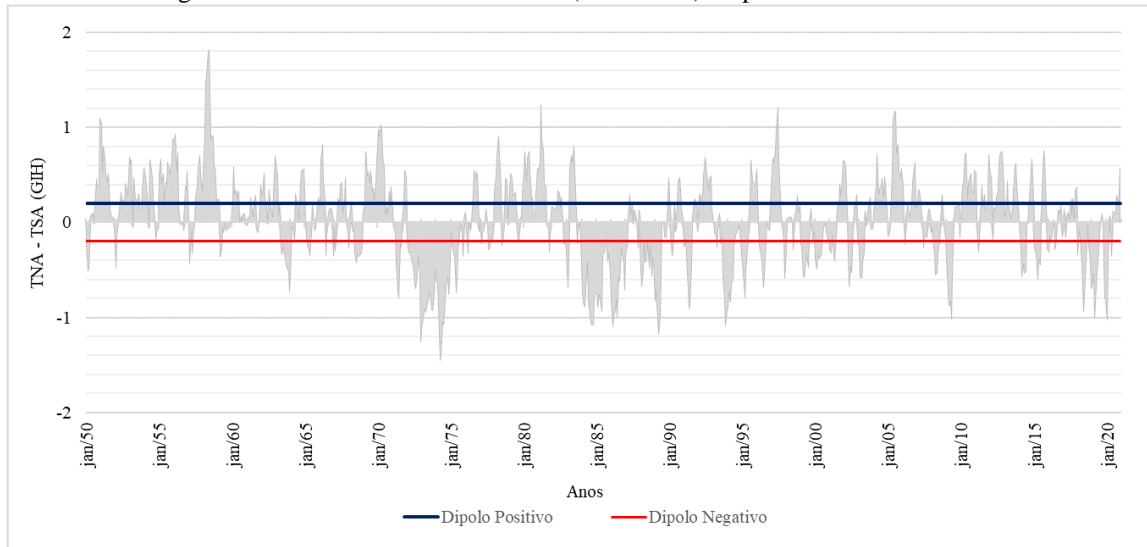
Fonte: Autora, 2023.

LEGENDA		
Classificação	El Niño	La Niña
Forte	$ION \geq 1,5$	$0,5 \leq ION < 1$
Moderado	$1,0 \leq ION < 1,5$	$-1,0 \geq ION > -1,5$
Fraco	$0,5 \leq ION < 1$	$-0,5 \geq ION > -1,0$

4.4 Fases do Gradiente Inter-Hemisférico

A partir da Equação 1 e com base nos valores do TNA e TSA (Anexos A e B), a identificação das fases do gradiente inter-hemisférico, apresentados pela Figura 8 e Quadro 5, revelou que para os fenômenos de Dipolo Positivo (temperatura $\geq 0,2$), o menor período de ocorrência foi de 4 meses, sendo nos anos de 1950, 1954, nov/62 a fev/63, 1964, 1966, 1967, 2006, nov/2011 a fev/2012, 2013, 2014 e 2020. Já o maior período registrado abrangeu 22 meses, estendendo-se ao longo dos anos de 1957 a 1959. No que se refere aos fenômenos de Dipolo Negativo (temperatura $\leq -0,2$), a menor e a maior duração foram de 4 meses (anos de 1993, 2002 e nov/2019 a fev/2020) e 35 meses (anos de 1972 a 1974), respectivamente.

Figura 8 - Gradiente inter-hemisférico (TNA-TSA) no período de 1970 a 2020.



Fonte: Autora, 2023.

Quadro 8 – Determinação das fases do Gradiente Inter-hemisférico.

(continua)

Mês/ Ano	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
Jan	-0,22	1,04	-0,47	0,61	0,53	0,51	0,87	0,04	0,51	0,24	0,26	-0,04	0,3	0,61	-0,56
Fev	-0,51	0,53	-0,14	0,66	0,38	0,67	0,93	-0,44	0,92	0,24	0,59	0,05	0,28	0,5	-0,03
Mar	-0,49	0,8	0,06	-0,05	0,26	0,41	0,53	-0,1	1,48	-0,37	0,29	0,04	0,52	0,07	-0,04
Abr	0,06	0,68	0,12	0,47	-0,06	0,51	0,73	-0,33	1,55	-0,28	0,35	0,27	0,27	0,21	-0,19
Mai	0,09	0,51	0,32	0,25	0,66	0,22	0,16	-0,09	1,79	-0,05	0,26	0,17	0,18	-0,28	0,3
Jun	0,1	0,43	0,21	0,23	0,61	0,43	-0,02	0,02	1,82	-0,11	0,33	0,06	-0,02	-0,34	0,21
Jul	-0,02	0,52	0,24	0,25	0,47	0,39	-0,03	0,25	0,87	-0,01	0	0,21	0,35	-0,26	0,14
Ago	0,18	0,15	0,17	0,3	0,26	0,63	-0,01	0,4	0,91	-0,09	0,07	0,28	0,22	-0,32	0,01
Set	0,45	0,1	0,41	0,16	0,02	0,57	-0,08	0,56	0,91	-0,05	0	-0,08	0,17	-0,45	0,42
Out	0,36	0,06	0,34	0,13	-0,18	0,49	0,38	0,7	0,56	-0,07	0,09	-0,11	0,05	-0,48	0,54
Nov	0,37	0,05	0,28	0,34	-0,05	0,65	0,35	0,49	0,58	0,02	0,09	0	0,29	-0,52	0,54
Dez	1,1	-0,07	0,69	0,58	-0,07	0,87	0,54	0,33	0,22	0	-0,02	0,39	0,7	-0,73	0,57
Mês/ Ano	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Jan	0,03	0,17	-0,06	-0,27	0,11	0,98	0,11	-0,19	-1,1	-0,62	-0,11	0,11	0,04	0,3	0,33
Fev	-0,17	0,65	-0,3	0,13	0,21	0,9	-0,05	-0,32	-1,02	-0,65	-0,22	-0,08	-0,22	0,49	0,52
Mar	-0,24	0,82	-0,12	0,2	0,75	1,03	-0,12	-0,32	-0,91	-0,88	-0,34	-0,33	-0,11	0,7	0,46
Abr	-0,28	0,44	0,25	-0,1	0,49	0,96	-0,43	-0,34	-0,95	-1,45	-0,34	0,01	-0,06	0,91	0,28
Mai	-0,36	0,23	0,21	-0,08	0,53	0,7	-0,71	-0,43	-0,89	-1,38	-0,74	-0,09	-0,02	0,72	0,28
Jun	-0,11	-0,35	0,4	-0,33	0,42	0,57	-0,79	-0,44	-0,82	-1,04	-0,57	0,01	0,14	0,33	0,32
Jul	0,19	-0,13	0,42	-0,43	0,54	0,08	-0,22	-0,65	-0,72	-1,08	-0,3	0,3	0	-0,25	0,14
Ago	0,01	0,09	0,1	-0,34	0,33	0,17	-0,26	-0,7	-0,74	-0,81	-0,13	0,55	-0,29	-0,13	-0,19
Set	-0,09	0,14	0,21	-0,36	0,36	0,1	-0,13	-0,56	-0,91	-0,64	-0,02	0,46	-0,27	0,14	-0,19
Out	0,07	0,15	0,47	-0,35	0,23	0,33	0,2	-0,37	-0,93	-0,57	-0,12	0,53	-0,15	0,46	0,05
Nov	0,21	0,14	0,07	-0,32	0,41	0,18	0,55	-0,53	-0,77	-0,76	-0,36	0,49	-0,18	0,44	0,05
Dez	0,26	-0,36	-0,1	-0,22	0,63	0,37	0,48	-1,26	-0,5	-0,62	0,08	-0,1	-0,08	-0,03	0,28

Quadro 9 – Determinação das fases do Gradiente Inter-hemisférico.

(continuação)

Mês/ Ano	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Jan	0,55	0,54	0,16	-0,69	-0,73	-0,75	-0,82	-0,34	-0,48	-0,83	0,26	-0,26	0,27	0	-0,91
Fev	0,75	0,63	0,13	-0,39	-0,85	-0,89	-1,1	-0,25	-0,68	-0,71	-0,23	-0,17	0,3	-0,12	-0,73
Mar	0,43	1,24	0,14	0,58	-0,89	-0,76	-0,99	0,06	-0,5	-1,01	-0,36	-0,36	0,22	-0,14	-0,84
Abr	0,67	0,86	0,19	0,7	-0,69	-0,8	-0,92	0,29	-0,21	-1,18	-0,29	-0,7	0,28	-0,27	-0,64
Mai	0,75	0,76	0,34	0,62	-0,42	-0,94	-0,8	0,09	-0,42	-0,99	0,19	-0,91	0,48	-0,07	-0,61
Jun	0,55	0,4	0,3	0,8	-0,83	-0,34	-1	0,2	-0,39	-0,48	-0,1	-0,87	0,69	0,1	-0,25
Jul	0,25	0,38	0,17	0,54	-0,9	-0,32	-0,57	-0,02	-0,19	-0,01	0,17	-0,44	0,59	-0,22	-0,13
Ago	0,26	-0,03	0,27	0,09	-1,05	-0,18	-0,62	0,13	-0,47	0	0,43	0,04	0,43	-0,15	-0,12
Set	0,1	-0,06	0,03	-0,22	-1,08	-0,18	-0,26	0,08	-0,24	-0,15	0,47	0,22	0,35	-0,56	-0,09
Out	0,08	-0,31	-0,23	-0,07	-1,08	-0,41	-0,34	0,03	-0,57	-0,16	0,31	0,25	0,46	-0,82	-0,03
Nov	0,28	-0,13	-0,18	-0,01	-0,77	-0,32	-0,43	-0,27	-0,37	0,02	0,16	0,19	0,49	-1,09	-0,11
Dez	0,57	0,17	-0,33	-0,16	-0,75	-0,54	-0,71	0,13	-0,42	0,47	-0,05	-0,1	0,13	-0,91	-0,33
Mês/ Ano	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Jan	-0,45	0,56	0,53	-0,29	-0,23	-0,39	-0,29	0,64	-0,29	0,09	-0,15	0,37	0,22	-0,05	-0,38
Fev	-0,65	-0,03	0,68	0,03	-0,25	-0,49	-0,32	0,59	-0,57	0,29	-0,11	-0,04	0,35	-0,18	-0,72
Mar	-0,79	-0,25	0,62	0,06	-0,56	-0,34	-0,14	0,08	-0,59	0,37	0,07	-0,23	0,29	-0,33	-0,88
Abr	-0,5	-0,34	0,77	0,05	-0,58	-0,38	-0,33	-0,33	-0,42	0,72	0,52	0,1	0,16	-0,55	-0,83
Mai	-0,29	-0,41	0,97	0,05	-0,42	-0,35	-0,41	-0,68	-0,31	0,29	1,07	0,19	-0,07	-0,54	-1,02
Jun	-0,16	-0,69	1,21	0	-0,34	-0,36	-0,12	-0,46	0,12	0,35	1,18	0,11	-0,27	-0,31	-0,54
Jul	0,23	-0,54	0,61	-0,29	-0,47	-0,14	0,15	-0,53	-0,04	0,38	1,16	0,06	-0,14	-0,21	0,06
Ago	0,66	-0,38	0,25	0,08	-0,21	-0,05	0,2	-0,06	0,1	0,46	0,73	0,2	-0,14	-0,06	0,17
Set	0,44	0,02	0,05	0,1	0,14	0	0,4	0,15	0,17	0,26	0,82	0,42	-0,16	0,29	0,16
Out	0,42	-0,04	-0,1	0,28	-0,03	-0,1	0,28	0,22	0,27	0,48	0,54	0,51	0,13	0,16	0,18
Nov	0,39	-0,09	-0,21	0,11	-0,2	-0,19	0,46	0,29	-0,07	0,39	0,47	0,63	0,14	-0,04	0,21
Dez	0,47	0,2	-0,59	0,18	-0,09	-0,18	0,65	-0,15	-0,07	0,1	0,57	0,15	-0,11	-0,15	-0,16
Mês/ Ano	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020				
Jan	0,01	0,52	0,48	0,05	0,02	-0,26	-0,31	-0,09	-0,34	-0,67	-1,03				
Fev	0,39	-0,06	0,49	0,15	-0,3	-0,31	-0,14	0,14	-0,08	-0,54	-0,34				
Mar	0,38	-0,31	-0,18	0,44	-0,57	-0,34	-0,21	-0,16	-0,15	-1,01	0,07				
Abr	0,72	-0,16	0,16	0,18	-0,44	-0,6	-0,07	0,07	-0,45	-0,67	-0,1				
Mai	0,73	0,11	0,13	0,16	-0,54	-0,38	0,03	0,11	-0,68	-0,53	-0,36				
Jun	0,26	0,39	0,27	0,04	-0,52	-0,45	-0,29	0,03	-0,94	-0,28	0,12				
Jul	0,41	0,16	0,33	0,11	-0,03	0,09	-0,26	0,25	-0,59	-0,13	0,1				
Ago	0,49	0,29	0,6	0,31	-0,01	0,54	-0,03	0,08	-0,4	0,01	0,09				
Set	0,52	0,12	0,7	0,58	0,25	0,76	0,13	0,25	-0,03	0,09	0,28				
Out	0,34	0,16	0,75	0,62	0,4	0,65	0,09	0,03	-0,24	-0,03	0,22				
Nov	0,3	0,26	0,72	0,39	0,67	0,12	0,18	0,33	-0,4	-0,8	0,27				
Dez	0,55	0,71	0,37	0,16	0,46	-0,28	-0,15	0,37	-0,7	-0,81	0,57				

Fonte: Autora, 2023.

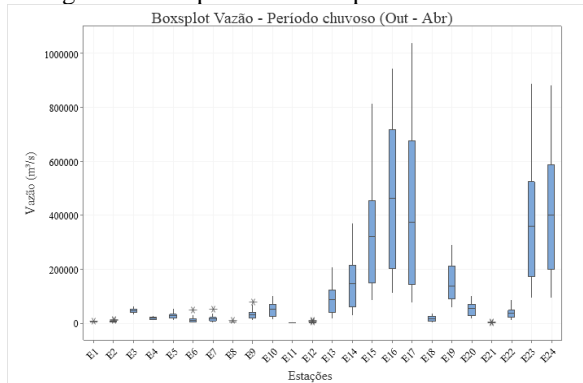
LEGENDA	
Dipolo Positivo	Dipolo Negativo
Temperatura $\geq 0,2$	Temperatura $\leq -0,2$

4.5 Análises dos diagramas Boxplot

A partir dos dados de vazões e intensidades dos fenômenos climáticos ENOS e Dipolo atlântico nas 24 estações fluviométricas, foi possível desenvolver gráficos boxplot e compará-los entre períodos seco e chuvoso. As linhas verticais dos diagramas de caixa representam os valores máximos e mínimos de cada estação e os valores atípicos (*outliers*) estão representados por asteriscos.

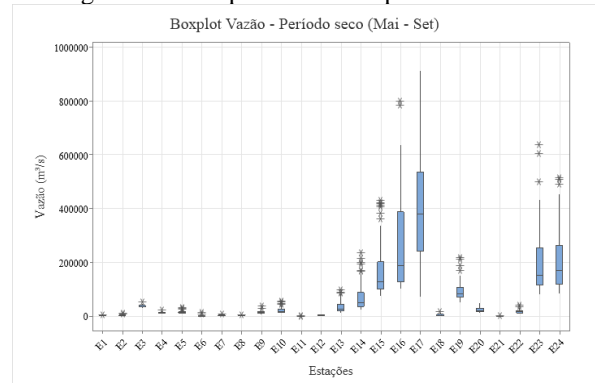
Ao realizar um comparativo entre as vazões, apresentado pelas Figuras 9 e 10 respectivamente, observa-se que a média de vazões no período seco é menor em comparação ao período chuvoso. De maio a setembro, observa-se que a mediana das vazões se manifesta de maneira assimétrica negativamente, demonstrando a concentração de dados em valores menores. Considerando o período compreendido de outubro a abril, a mediana das estações se distribui de maneira mais simétrica entre os quartis, caracterizando uma uniformidade entre as vazões.

Figura 9 - Boxplot vazão em períodos chuvosos



Fonte: Autora, 2023.

Figura 10 - Boxplot vazão em períodos secos



Fonte: Autora, 2023.

As estações E13, E14, E15, E16, E17, E19, E23 e E24 manifestam maiores amplitudes em ambos os períodos, em comparação aos demais postos fluviométricos analisados, demonstrando assim uma maior variabilidade de valores de vazão. Neste cenário, fatores como a série histórica considerada exerce grande influência sobre a dispersão dos dados. Para este caso, o período analisado nas referidas estações foi em média 16,25 anos, cerca de 25% menor do que nos demais fluviômetros.

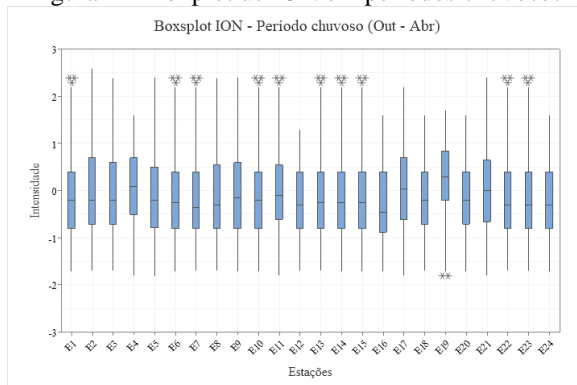
Em postos fluviométricos com séries históricas reduzidas, a amplitude interquartil torna-se mais sensível a eventos atípicos (*outliers*). Isso ocorre porque a presença de valores extremos exerce maior impacto na distribuição dos dados. Em estações com maiores períodos analisados, a influência de valores singulares tende a diminuir, levando a uma maior estabilidade na

variação dos dados. A presença de uma maior frequência de *outliers* no período seco pode indicar eventos ou condições excepcionais que estão fora do padrão esperado para esse período.

As estações com maior variação de dados estão localizadas nas sub-bacias Baixo Juruena (E19), Baixo Teles Pires (E13 e E14) e Baixo Médio Tapajós (E15, E16, E17, E23 e E24). Em períodos seco e chuvoso os postos fluviométricos localizados no Baixo Médio Tapajós apresentam maiores vazões, uma vez que observa-se um aumento nas vazões à medida que se avança da cabeceira da bacia em direção à foz do rio Tapajós. Ao avaliar a relação chuva-cota-vazão para a bacia do rio Tapajós Santos et al. (2015) corroboram tal afirmação, ao apresentar em seus resultados que região Sul do Médio Baixo Tapajós apresentou valores mais elevados de precipitação média anual.

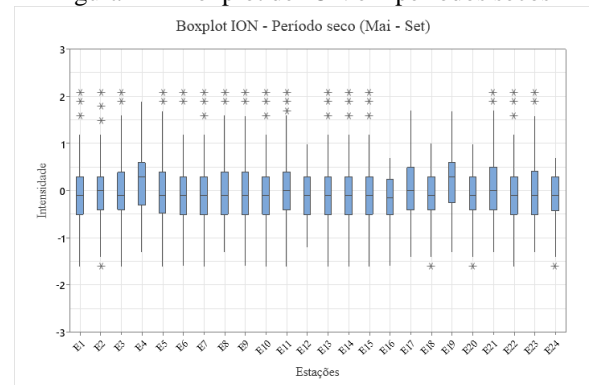
No que se refere ao boxplot considerando as intensidades do ION, apresentados pelas Figuras 11 e 12, respectivamente, expõem posicionamento das medianas semelhantes, demonstrando dados distribuídos de maneira uniforme. Os postos fluviométricos no período chuvoso, com exceção da estação E19, apresentam suas medianas menor que 0, demonstrando incidência de La Niña quando $ION < -0,5$, bem como intensidades mínimas menores que $-1,5$ (LN Forte). Em períodos secos, observa-se uma menor dispersão entre os dados, com uma maior presença de *outliers* positivos nas estações fluviométricas, indicando uma maior incidência de eventos EN nas séries históricas analisadas.

Figura 11- Boxplot de ION em períodos chuvosos



Fonte: Autora, 2023.

Figura 12 - Boxplot de ION em períodos secos

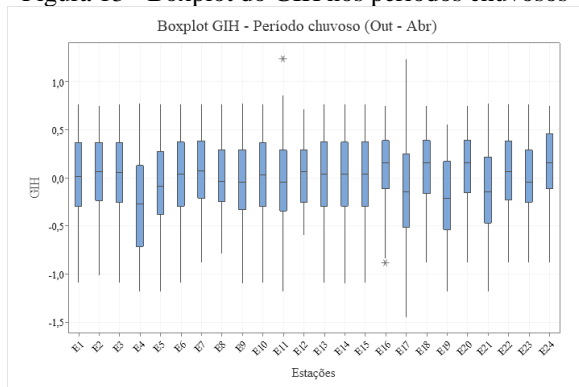


Fonte: Autora, 2023.

O comportamento dissemelhante da estação E19 pode ser explicado por meio de sua série histórica, a qual se estabelece entre janeiro de 1987 e fevereiro de 1996, marcado pela ocorrência majoritária de fenômenos EN. Os *outliers* positivos identificados referem-se ao EN 1997/1998 que no período de outubro a fevereiro apresentou forte intensidade.

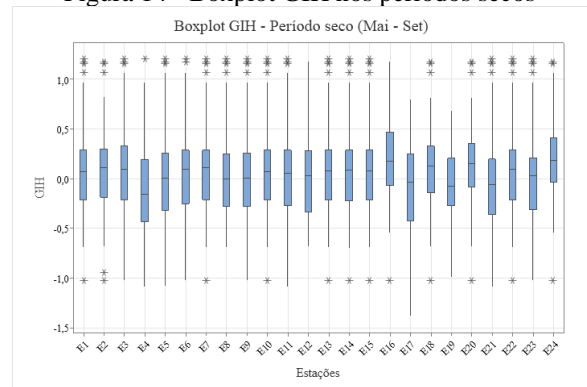
Ao analisar o a classificação do Gradiente Inter-Hemisférico, que é obtido por meio da diferença entre o TNA-TSA, nos diagramas de caixa expostos pelas Figuras 13 e 14 respectivamente, observa-se uma distribuição uniforme dos resultados em período chuvoso, caracterizado pela simetria do intervalo interquartil (caixas do gráfico) e o posicionamento centralizado da mediana. Os valores máximos do GIH se estabelecem de maneira uniforme, enquanto os valores mínimos apresentam maior variação, bem como uma maior amplitude.

Figura 13 - Boxplot do GIH nos períodos chuvosos



Fonte: Autora, 2023.

Figura 14 - Boxplot GIH nos períodos secos



Fonte: Autora, 2023.

Tratando-se da distribuição do GIH no período de maio a setembro, observa-se a mediana posicionada mais próxima ao terceiro quartil, demonstrando a tendência para valores mais altos na disposição dos dados. A maior frequência de *outliers* positivos no período de seca é explicada pela obtenção de valores de Gradiente Inter Hemisférico mais elevado nos meses de março a julho.

4.6 Análise da correlação entre os índices climáticos e vazões

Ao aplicar o método estatístico em cada estação fluviométrica e examinar os dados anualmente, calculou-se a frequência da intensidade anual do coeficiente de Pearson (r). Em outras palavras, foi possível determinar a quantidade de anos em que a correlação entre Vazão-ION ou Vazão-GIH se manifestou como fraca, moderada ou forte nos 24 postos fluviométricos analisados, conforme demonstrado na Tabela 2.

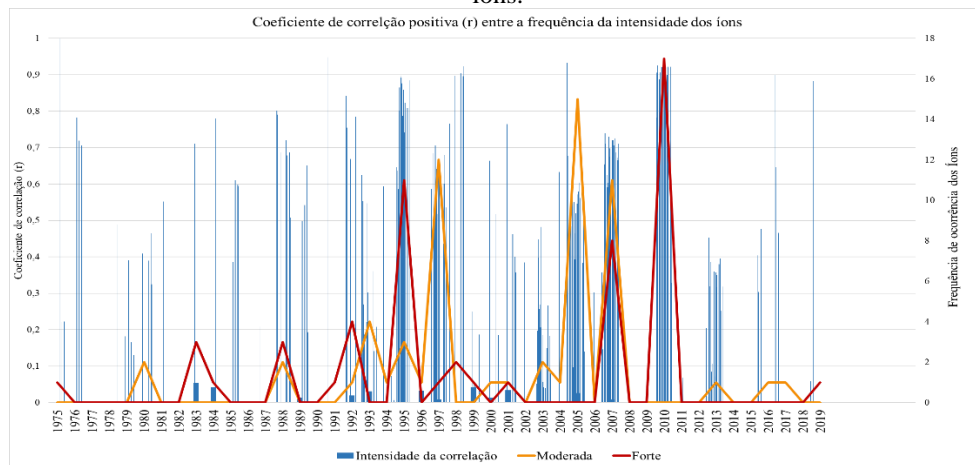
Tabela 2 – Frequência, em anos, do coeficiente R anos nas estações fluviométricas de código 17091000, 17093000 e 17200000.

Critério	ION			GIH		
	E1	E3	E6	E1	E3	E6
Positivo	0,00 a 0,39	1	2	2	2	2
	0,40 a 0,69	5	3	3	2	2
	0,7 a 1	1	5	2	1	1
Negativo	0,00 a -0,39	5	3	4	4	8
	-0,40 a -0,69	5	5	6	9	4
	-0,7 a -1	5	6	5	4	5

Fonte: Autora, 2023.

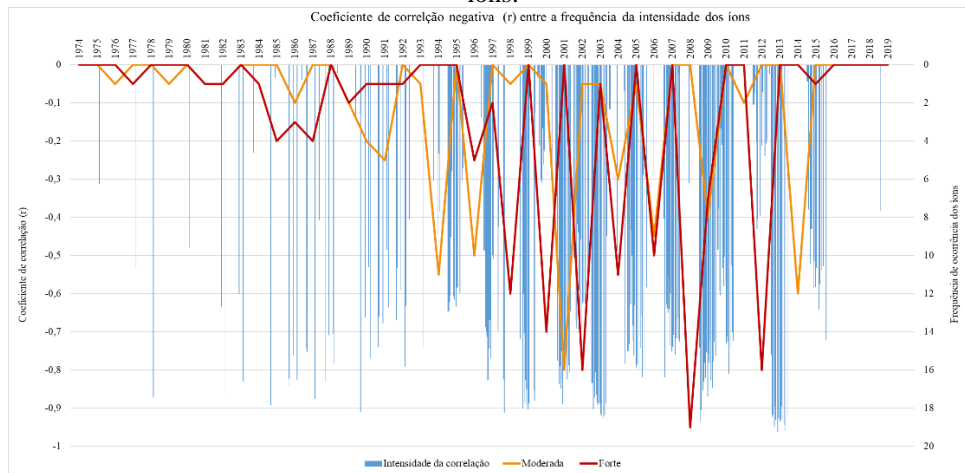
Prosseguindo com a análise da correlação de Pearson e da frequência das intensidades dos fenômenos climáticos, foram gerados gráficos que relacionam as três variáveis, conforme ilustrado nas Figuras 7, 8, 9 e 10.

Figura 7 – Relação entre o coeficiente positivo de correlação de Pearson e a frequência das intensidades dos íons.

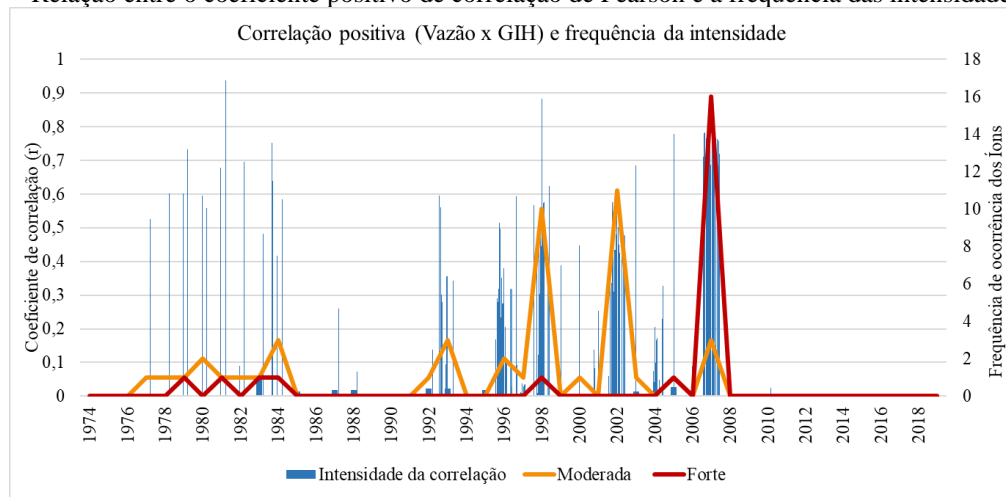
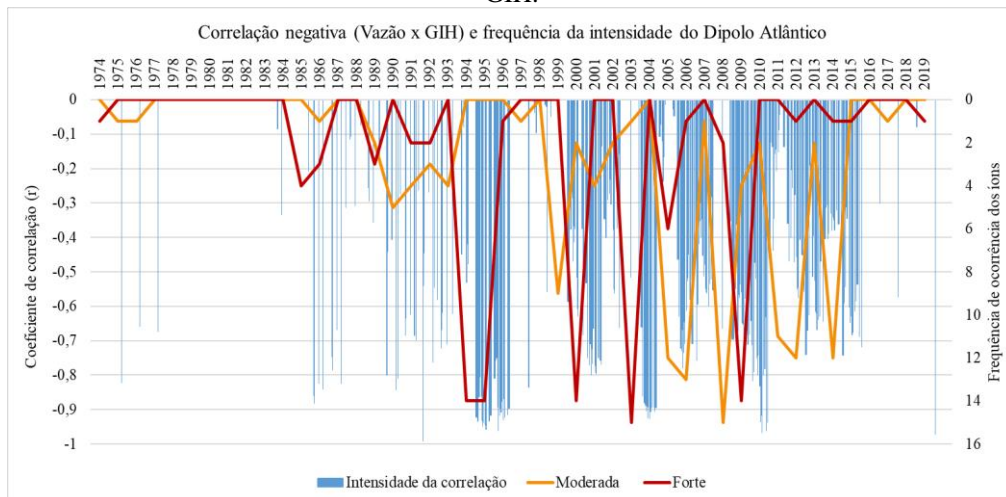


Fonte: Autora, 2023.

Figura 8 – Relação entre o coeficiente negativo de correlação de Pearson e a frequência das intensidades dos íons.



Fonte: Autora, 2023.

Figura 9 – Relação entre o coeficiente positivo de correlação de Pearson e a frequência das intensidades do GIH.**Figura 10** – Relação entre o coeficiente negativo de correlação de Pearson e a frequência das intensidades do GIH.

No que diz respeito à correlação Vazão-ION, registrou-se uma frequência de intensidade positiva moderada em 12 estações no ano de 1997, e 12 postos com correlação negativa forte para o ano de 1998. De maneira semelhante, 19 postos fluviométricos exibiram correlação negativa forte durante o período entre os anos de 2007 e 2008.

Tendo em consideração as variáveis relacionadas às vazões e ao gradiente inter-hemisférico, o ano de 1998 registrou uma frequência de 10 estações com intensidade positiva moderada. Da mesma forma, o ano de 2007 apresentou uma frequência de 16 estações com correlação positiva forte. Além disso, para o ano de 2008 obteve-se uma frequência de 15 estações com correlação negativa moderada.

Os anos de 1997 e 1998 foram marcados por El Niño forte (mai/97 a mai/98) e La Niña fortes (ago/98 a dez/99), além da presença do Dipolo Positivo na maioria dos meses de 1997.

Nesse contexto, a ocorrência frequente do coeficiente positivo moderado em 1997 e do coeficiente forte negativo em 1998, conforme apresentado pela correlação de Pearson, sugere que as vazões (variável dependente) são influenciadas pelos índices de oscilação do El Niño.

Com a coincidência do Dipolo Positivo no mesmo ano e a intensidade de correlação positiva moderada em 10 estações, pode-se inferir que as vazões são diretamente afetadas pelo Dipolo Positivo. Durante o período de 2007/2008, observou-se um La Niña intenso, aliado à presença de um Dipolo Negativo. Essa conjunção pode explicar a ocorrência de vazões máximas nesse mesmo período. No entanto, é importante mencionar que a existência de correlação estatística pode sofrer a interferência de outras variáveis que não são abordadas na análise, além de não significar necessariamente a presença de uma relação causa-efeito (VIEIRA, 2012).

Além disso, observa-se uma alta frequência de correlações inexistentes ou fracas no método estatístico, destacando a necessidade de realizar análises por fenômeno não apenas anualmente. Os fenômenos ENOS e Dipolo Positivo/Negativo não se limitam a períodos rigidamente definidos, portanto, uma abordagem que considere essa distribuição tende a apresentar correlações mais robustas e significativas.

A compreensão dos efeitos dos fenômenos climáticos sobre as vazões dos rios é crucial, pois isso irá gerar implicações significativas para setores dependentes dessas vazões, como navegação, abastecimento e produção de energia. Na Amazônia, a análise desses parâmetros é ainda mais importante, dada a carência de infraestruturas, planejamentos técnicos e políticas públicas voltadas para a mitigação de riscos climáticos. Essa abordagem contribui com informações que otimizam projetos e obras, evitando gastos desnecessários e adversidades, fornecendo suporte aos gestores. A região apresenta um grande potencial estratégico para o país, especialmente no que diz respeito a obras hidráulicas, como barragens, navegação, pontes e dispositivos de drenagem.

5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nesse estudo foram satisfatórios. As análises indicaram que os fenômenos climáticos como o ENOS e o Dipolo Atlântico têm impacto significativo no comportamento dos rios. Portanto, torna-se fundamental acompanhar esses eventos e estudar os níveis de influência na bacia hidrográfica com o intuito de proporcionar ações efetivas visando o gerenciamento eficaz e governança dos recursos hídricos.

Acredita-se que os fenômenos que obtiveram uma correlação mais intensa tenham uma influência maior na vazão do que aqueles de intensidade moderada ou fraca, considerando que a maioria dos anos com correlações fortes entre esses fenômenos coincide com a sua ocorrência de vazões maiores.

Em relação aos fenômenos no Atlântico Equatorial, anos com fortes correlações geralmente estão associados ao Dipolo Negativo. Isso sugere que esse fenômeno possivelmente exerce maior influência na precipitação, especialmente quando se alinha com anos de ocorrência do La Niña.

Ao final, notou-se que as mudanças decorrentes das variações climáticas frequentemente se manifestam de maneira dinâmica, requerendo uma análise mensal, diária, ou por evento a fim de detectar melhor as alterações nos recursos hídricos. Adicionalmente, observa-se que o fluxo de água teve variações que não apenas se repetiram, mas também demonstraram fortes correlações com os indicadores climáticos, apesar da instabilidade climática evidente na Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Estudo de Inventário Hidrelétrico do rio Tapajós. 2009.
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos da Agência Nacional de Águas – ANA. Brasília-DF: Agência Nacional das Águas. 2013.
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos: avaliações e diretrizes para adaptação. Brasília: ANA, GGES. 2016.
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. Sistema de Informações Hidrológicas – HIDROWEB. Disponível em: <<http://https://www.snirh.gov.br/hidroweb-mobile/mapa>>. Acesso em: 15 out. 2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. Conjuntura recursos hídricos no Brasil 2017. Brasília-DF: Agência Nacional das Águas. 2017.
- ARAGÃO, J. O. R. Fatos sobre o fenômeno de El Niño e sua relação com as secas no Nordeste do Brasil. Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia, v. 14, n. 1, p. 2- 8, 1990.
- ALMEIDA, L. R.; PESSOA, F. C. L.; CRISPIM, D. L.; FERREIRA FILHO, D. F. Analysis of fluviometric trends in the hydrographic region of Calha Norte-PA. Journal of Hyperspectral Remote Sensing, v. 9, n. 2, p. 88-98, 2019.
- ARTAXO, P.; DIAS, M. A. F. D. S.; NAGY, L.; LUIZÃO, F. J.; CUNHA, H. B. D.; QUESADA, C. A. N.; MARENGO, J. A.; KRUSCHE, A. Perspectivas de pesquisas na relação entre clima e o funcionamento da Floresta Amazônica. Ciência e Cultura, São Paulo, v. 66, n. 3, p. 41-46, 2014.
- ASHRAF, F. B. et al. A method for assessment of sub-daily flow alterations using wavelet analysis for regulated rivers. Water Resources Research, p. e2021WR030421, 2022.
- BAI, X.; DAWSON, R. J.; ÜRGE-VORSATZ, D.; DELGADO, G. C.; BARAU, A. S.; DHAKAL, S. e SCHULTZ, S. (2018). Six research priorities for cities and climate change. Nature Climate Change, 555, pp. 23-25.
- BERLATO, M. A; FONTANA, D. C. El Niño e La Niña: Impactos no Clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões Climáticas na agricultura. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 110p.
- BORMA, L.S. et al. Impactos dos eventos extremos de seca e cheia sobre os recursos hídricos amazônicos e ações da defesa civil. In___: BORMA, L.S.; NOBRE, C.A. Secas na Amazônia: causas e consequências. São Paulo: Oficina de textos, 2013, p. 305-337.
- BROECKER, C. The Great Ocean Conveyor: Discovering the Trigger for Abrupt Climate Change. 212 p., Princeton, Princeton Univ. Press., 2010.

- CAPOZZOLI, C.R.; CARDOSO, A.O.; FERRAZ, S.E.T. Padrões de variabilidade de vazão de rios nas principais bacias brasileiras e associação com índices climáticos. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 32, p. 243-254, 2017
- CASTRO, B. M.; BRANDINI, F. P.; WAINER, I. E.; DOTTORI, M. O mar de amanhã, com as mudanças climáticas de hoje. *Ciência e Cultura*, pag. 40-42, 2010.
- COELHO, C. A.; CAVALCANTI, I. A.; COSTA, S. M.; FREITAS, S. R.; ITO, E. R.; LUZ, G.; SANTOS, A. F.; NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A.; PEZZA, A. B. Climate diagnostics of three major drought events in the Amazon and illustrations of their seasonal precipitation predictions. *Meteorological Applications*, v. 19, n. 2, p. 237-255, 2012.
- COHEN, J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. second edition., New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Inc. Hillsdale, 1988.
- Costa, C.E.A.S., Blanco, C.J.C., 2018. Influência da variabilidade climática sobre a erosividade em Belém (PA). *Revista Brasileira de Meteorologia* 33 (3), 509-520.
- COSTA, C.E.A.S.; BLANCO, C.J.C.; DE OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F. Impact of climate change in the flow regimes of the Upper and Middle Amazon River. *Climatic Change*, v. 166, n. 3, p. 1-22, 2021.
- DA CUNHA, G. R., Pires, J. L. F., Dalmago, G. A., Santi, A., Pasinato, A., da Silva, A. A. G., ... & ROSA, C. El Niño/La Niña-Oscilação Sul e seus impactos na agricultura brasileira: fatos, especulações e aplicações. *Embrapa Trigo-Artigo em periódico indexado (ALICE)*, 2011.
- DA SILVA, D. F. Aplicação de Análises de Ondaletas para Detecção de Ciclos e Extremos Pluviométricos no Leste do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 32, 187–198, 2017.
- DANCEY, C.; REIDY, J. *Estatística sem matemática para psicologia: usando spss para windows*. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- ELETROBRÁS -Centrais Elétricas Brasileiras. *Diretrizes para estudos e projetos de pequenas centrais hidrelétricas*. Brasília. p. 458, 2000.
- FARIAS, O.G.; FRANCISCO, C.N.; ALVES, M.C. Avaliação de métodos de interpolação espacial aplicados à pluviosidade em região montanhosa no litoral sul do estado Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 21, 2017.
- FEARNSIDE, P.M. A Hidrelétrica de Sinop: Um teste para a legislação ambiental brasileira. *Hidrelétricas na Amazônia: Impactos Ambientais e Sociais na Tomada de Decisões sobre Grandes Obras*, v.3, p. 133-148, 2019.
- FERNANDES, T.; et al. Variabilidade das chuvas e sua relação com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável em populações expostas a mudanças hídricas no sudeste da Amazônia paraense. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 13, n. 04, p. 1519-1536, 2020. doi: 10.26848/rbgf.v13.4.p1519-1536.

FERREIRA, A.G.; MELLO, N.G.S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. *Revista brasileira de climatologia*, v. 1, n. 1, 2005.

FRANCO, V. D. S., SOUZA, E. B. D., COSTA, C. P. W. D., FERREIRA, D. B. D. S., OLIVEIRA, J. V. D., . & AZEVEDO, F. T. M. D. (2019). Prognóstico sazonal da precipitação para o verão e outono austral da Amazônia oriental (Seasonal prognosis for the southern summer and autumn in the Eastern Amazon). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 12(1), 057-070.

FU, R.; DICKINSON, R. E.; CHEN, M.; WANG, H. How do tropical sea surface temperatures influence the seasonal distribution of precipitation in the equatorial Amazon?. *Journal of Climate*, v. 14, n. 20, p. 4003-4026, 2001. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2001\)014<4003:HDTSSST>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014<4003:HDTSSST>2.0.CO;2).

GOLDEN GATE WEATHER SERVICES. ENSO Years based on Oceanic Niño Index (ONI). On line. Disponível em: <https://ggweather.com/enso/oni.htm>. Acesso em: 5 nov 2023.

GRIMM, A.; FERAZ, S. E. T.; GOMES, J. Precipitation Anomalies in southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. *Journal of Climate*, Boston, v.11, p 2863-2880, 1998.

GURJÃO, C. D. S.; DE FATIMA CORREIA, M.; CHAVES FILHO, J. B.; DA SILVA ARAGÃO, M. R. Influência do Enos (El Niño-Oscilação Sul) no Regime Hidrológico do Rio São Francisco: uma Análise em Regiões com Fortes Pressões Antrópicas. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 5, n. 4, p. 774-790, 2012.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability*. MCCARTHY, J.J. et al. contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change.. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014.

LONGHI, Eloísa Helena; FORMIGA Klebber Teodoro Martins. Metodologias para determinar vazão ecológica em rios. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, 2011.

LÓPEZ-MORENO, J. I. et al. Impact of climate evolution and land use changes on water yield in the Ebro basin. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 15, n. 1, p. 311-322, 2011

MARTINS, P. A. S. Normais climatológicas, balanço hídrico e classificação climática para a mesorregião sul do Amazonas. 2019. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências 50 Ambientais) – Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, Universidade Federal do Amazonas, Humaitá.

MEDEIROS, R. M.; BRITO, J. I. B.; SILVA, V. M. A.; MELO, V. S.; COSTA NETO, F. D. A. El Niño/La Niña e sua influência no número de dias com chuva em Bom Jesus – Piauí,

Brasil. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 11, n. 2, p. 16-23, 2016.

MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, A.; COSTA, J. El Niño: ocorrência e duração dos veranicos do Estado de Minas Gerais. Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental, v. 9, n. 3, p. 364-371, 2005.

MOURA, M. D. N.; VITORINO, M. I. Variabilidade da precipitação em tempo e espaço associada à Zona de Convergência Intertropical. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 27, n. 4, p. 475-483, 2012.

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

NOAA -National Oceanic and Atmospheric Administration. Oceanic Niño Index (ONI). Disponível em: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml. Acesso em: 1 ago. 2023.

OLIVA, F.G. Climatologia e variabilidade dos principais sistemas meteorológicos atuantes no Brasil, relação com chuvas intensas e impactos relacionados. GeopUC, Rio de Janeiro, v. 12, n. 23, p. p74-99, 2019.

OLIVEIRA, G. S. de. O El Niño e Você: o fenômeno climático. Editora Transtec - São José dos Campos, SP. Março de 2001.

OLIVEIRA, R. N. A variabilidade da chuva na Amazônia Central: El Niño e La Niña. 2019, 117 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

PEZZI, L. P., DE SOUZA, R. B., QUADRO, M. F. L. Uma Revisão dos Processos de Interação Oceano-Atmosfera em Regiões de Intenso Gradiente Termal do Oceano Atlântico Sul Baseada em Dados Observacionais. Rev. bras. Meteorol., 31. São Paulo out./dez. 2016.

RAMOS, A. M.; FORTES, L. T. G.; SANTOS, L. A. R.; CONDE, F. C.; BARBOSA, T. F.; VIANELLO, R. L.; MONTANDON, A. C. Revisão das Normais Climatológicas do Brasil para o Período 1961-1990: Procedimentos de Cálculo e Produto Final. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16., 2010, Belém. Anais eletrônicos [...]. Belém: A Amazônia e o Clima Global. Disponível em: <<http://www.sbagro.org/files/biblioteca/3682.pdf>>. Acesso em: 26 dez. 2023.

ROMERO, V. Influência do El Niño e La Niña no Número de Dias de precipitação pluviométrica do Estado de Goiás. ACTA Geográfica, Boa Vista, v.7, n.14, 2013.

ROPELEWSKI, C.F.; HALPERT, M.S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. Monthly Weather Review, v. 115, n. 8, p. 1606-1626, 1987.

SANTOS, C. A.; ARAUJO, I. B.; WANZELER, R. T. S.; SERRÃO, E. A. O.; FARIAS, M. H.C. S.; LIMA, A. M. M. Regionalização hidroclimatológica da bacia hidrográfica do rio Tapajós. Revista Geográfica Acadêmica, v. 9, n. 1, p. 32-51, 2015.

SANTOS, Vanessa Conceição dos. Probabilidade de ocorrências de chuvas e sua variação espacial e temporal na bacia hidrográfica do Rio Tapajós. 2017. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/9871>. Acesso em: 1 nov. 2023.

SILVA, F. W. M. Projeção de energia natural afluyente (ENA) a médio prazo para o setor elétrico do Brasil. 2017. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis, Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira, Redenção-Ceara, 2017.

SILVA, M. T.; et al. Influência da Temperatura da Superfície do Mar na Ocorrência de Linhas de Instabilidade na Costa Norte e Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 32, n. 2, p. 261-268, 2017.

SOARES, A. C. M. Influência de fenômenos climáticos sobre o regime hidrológico no médio rio Negro (Amazonas – Brasil). 2022. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus (AM), 2022.

SOUSA, E. S.; SANTOS, V. C.; COSTA, C. E. A. S. . Influência de Fenômenos Climáticos sobre o Regime de Vazões na Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós. *Holos Environment (Online)*, v. 22, p. 18-30, 2022.

SOUZA, E. B.; KAYANO, M. T.; AMBRIZZI, T. Intraseasonal and submonthly variability over the eastern Amazon and Northeast Brazil during the autumn rainy season. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 81, n. 3, p. 177-191, 2005. <https://doi.org/10.1007/s00704-004-0081-4>.

SOUZA NETO, P.F. 2019. Identificação de impactos da variabilidade climática sobre os Oceanos. Trabalho de Conclusão de Curso (Meteorologia)-Universidade Federal de Alagoas. 2019.

TAVARES, J. Características da climatologia de Macapá-AP. *Caminhos de Geografia*, v. 15, n. 50, 2014.

TRENBERTH, K. E., BRANSTATOR, G. W., KAROLY, D., KUMAR, A., LAU, N., ROPELEWSKI, C., “Progress during TOGA in understanding and modeling global teleconnections associated with tropical sea surface temperatures”. *Jornal Geophys. Res.*, 103, 14 291–14 324, 1998.

ÜRGE-VORSATZ, D.; ROSENZWEIG, C.; DAWSON, R. J.; RODRIGUEZ, R. S.; BAI, X.; BARAU, A. S. e DHAKAL, S. (2018). Locking in positive climate responses in cities. *Nature Climate Change*, v. 8, n. 3, pp. 174-177.

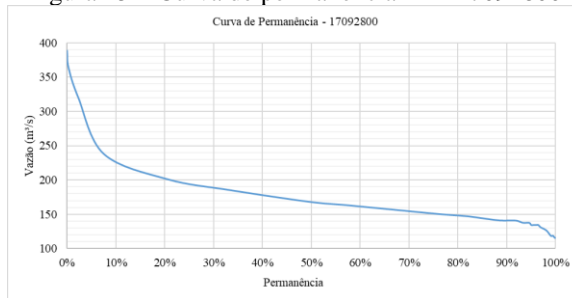
VIEIRA, S. Estatística Básica. São Paulo:Cengage Learning, 2012.

ZIEGLER, A. D.; GIAMBELLUCA, T. W.; TRAN, L. T.; VANA, T. T.; NULLET, M. A.; FOX, J.; VIEN, T. D.; PINTHONG, J.; MAXWELL, J. F.; EVETT, S. Hydrological

consequences of landscape fragmentation in mountainous northern Vietnam: evidence of accelerated overland flow generation. *Journal of Hydrology*, n. 287, p. 124-146, 2004.

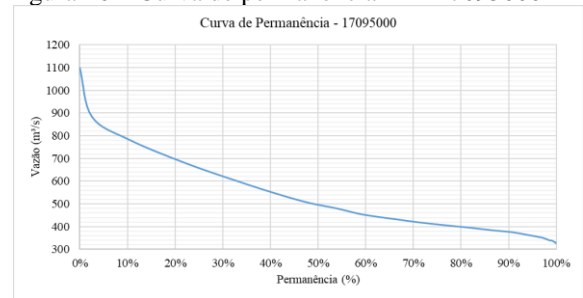
APÊNDICE A – CURVAS DE PERMANÊNCIA

Figura 15 – Curva de permanência E2 - 17092800



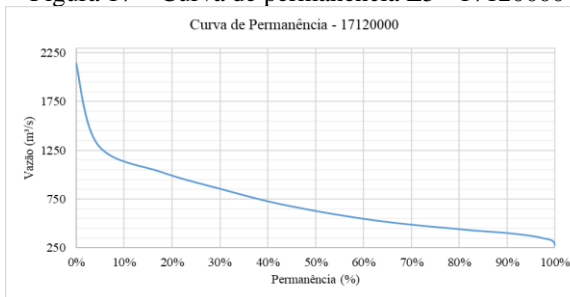
Fonte: Autora, 2023.

Figura 16 – Curva de permanência E4 - 17095000



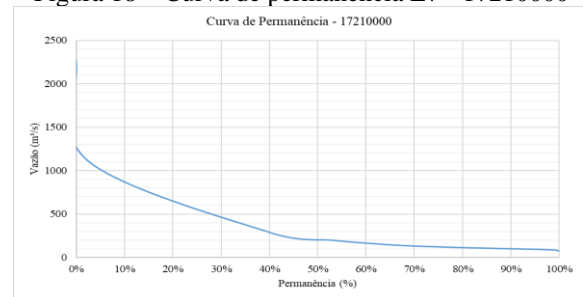
Fonte: Autora, 2023.

Figura 17 – Curva de permanência E5 - 17120000



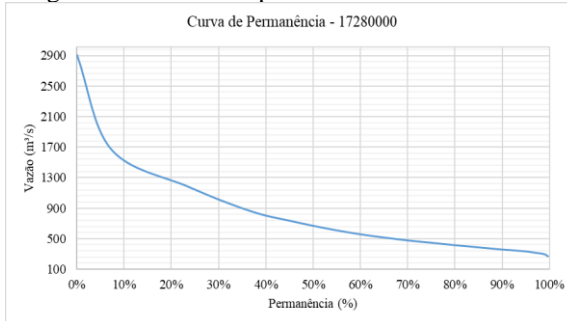
Fonte: Autora, 2023.

Figura 18 – Curva de permanência E7 - 17210000



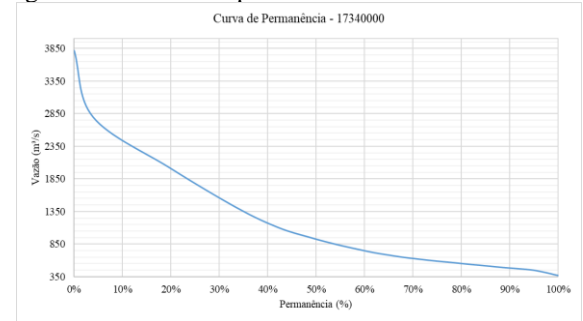
Fonte: Autora, 2023.

Figura 19 – Curva de permanência E9 - 17280000



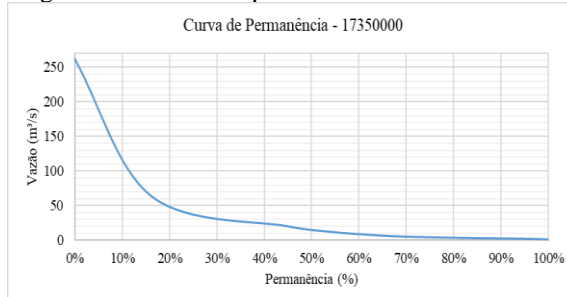
Fonte: Autora, 2023.

Figura 20 – Curva de permanência E10 - 17340000



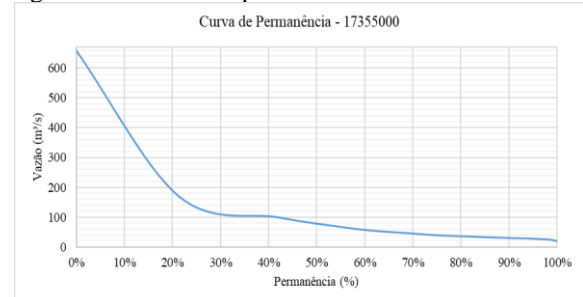
Fonte: Autora, 2023.

Figura 21 – Curva de permanência E11 - 17350000



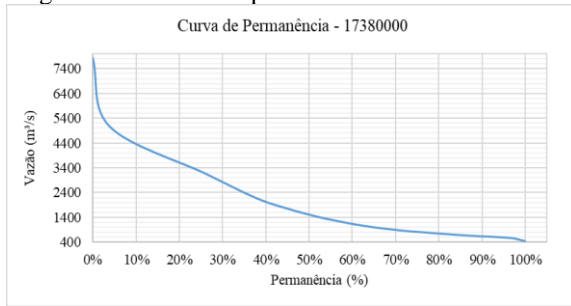
Fonte: Autora, 2023.

Figura 22 – Curva de permanência E12 - 17355000



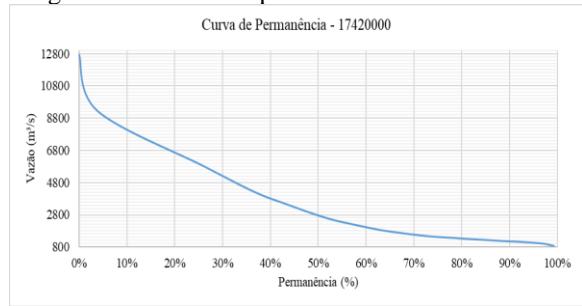
Fonte: Autora, 2023.

Figura 23 – Curva de permanência E13 - 17380000



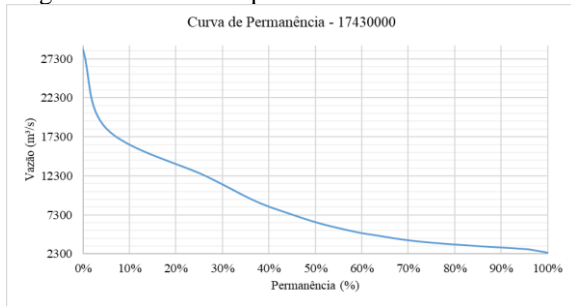
Fonte: Autora, 2023.

Figura 24 – Curva de permanência E14 - 17420000



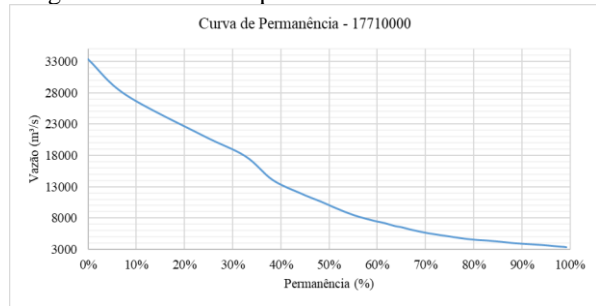
Fonte: Autora, 2023.

Figura 25 – Curva de permanência E15 - 17430000



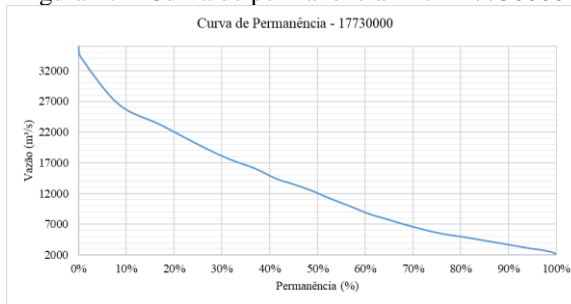
Fonte: Autora, 2023.

Figura 26 – Curva de permanência E16 - 17710000



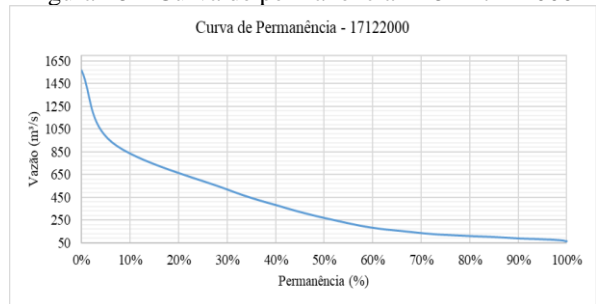
Fonte: Autora, 2023

Figura 27 – Curva de permanência E17 - 17730000



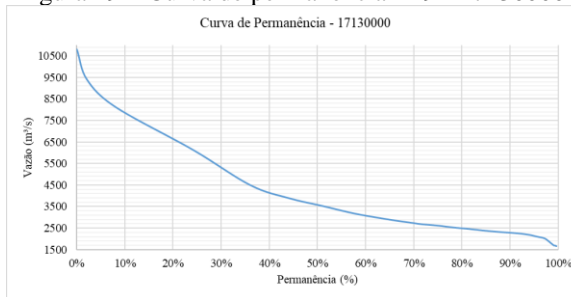
Fonte: Autora, 2023.

Figura 28 – Curva de permanência E18 - 17122000



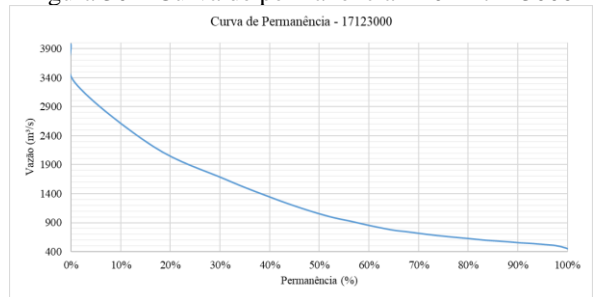
Fonte: Autora, 2023.

Figura 29 – Curva de permanência E19 - 17130000



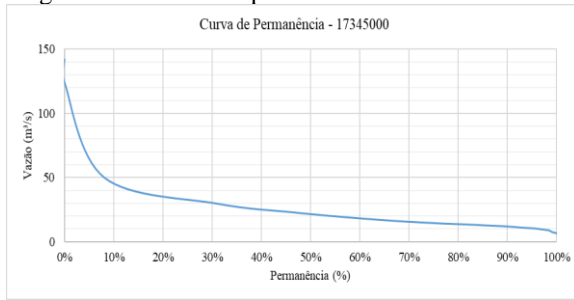
Fonte: Autora, 2023.

Figura 30 – Curva de permanência E20 - 17123000



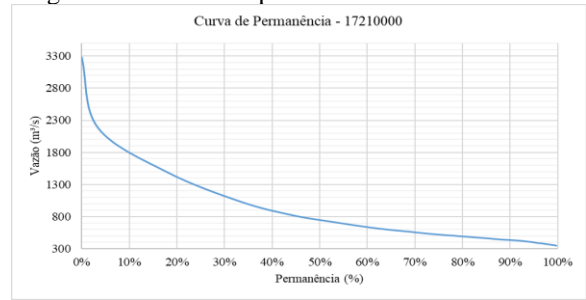
Fonte: Autora, 2023.

Figura 31 – Curva de permanência E21 - 17345000



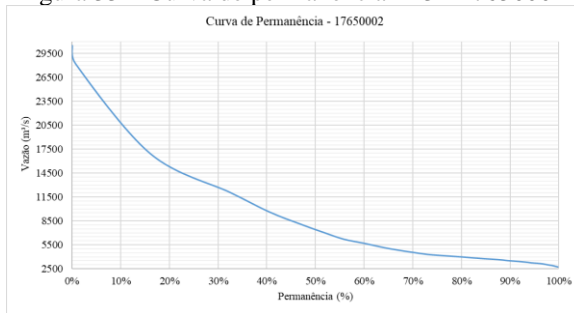
Fonte: Autora, 2023.

Figura 32 – Curva de permanência E22 - 17210000



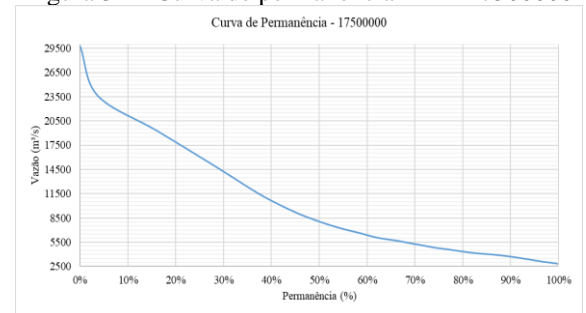
Fonte: Autora, 2023.

Figura 33 – Curva de permanência E23 - 17650002



Fonte: Autora, 2023.

Figura 34 – Curva de permanência E24 - 17500000



Fonte: Autora, 2023

APENDICE B – INÍCIO E TÉRMINO DAS SÉRIES HISTÓRICAS DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS

ID	CÓDIGO	ESTADO	NOME	SÉRIE HISTÓRICA		
				INÍCIO	FIM	QNTD. ANOS
1	17091000	MT	FAZENDA TUCUNARÉ	01/01/1993	31/12/2014	22
2	17092800	MT	ALDEIA SACRE II	01/01/2005	31/07/2019	15
3	17093000	MT	FONTANILHAS	01/10/1991	31/12/2014	24
4	17095000	MT	FAZENDA TOMBADOR	01/09/1984	31/08/1997	14
5	17120000	MT	PORTO DOS GAÚCHOS	01/04/1979	31/12/2014	32
6	17200000	MT	PORTO RONCADOR	01/06/1993	31/12/2014	22
7	17210000	MT	TELES PIRES	01/01/1996	31/12/2014	19
8	17230000	MT	PCH CANOA QUEBRADA LUCAS DO RIO VERDE	01/06/1994	31/10/2008	15
9	17280000	MT	CACHOEIRÃO	01/05/1993	31/12/2010	18
10	17340000	MT	INDECO	01/04/1993	31/12/2014	22
11	17350000	MT	CACHIMBO	01/04/1979	31/12/2014	36
12	17355000	MT	PCH BRAÇO NORTE JUSANTE	01/10/1998	31/12/2007	10
13	17380000	MT	JUSANTE FOZ PEIXOTO DE AZEVEDO	01/08/1993	31/12/2014	22
14	17420000	MT	TRÊS MARIAS	01/09/1993	31/12/2014	22
15	17430000	MT	BARRA DO SÃO MANUEL	01/08/1993	31/12/2014	22
16	17710000	PA	BUBURÉ	01/11/2004	31/02/2013	10
17	17730000	PA	ITAITUBA	01/01/1974	31/05/1992	19
18	17122000	MT	RIO DOS PEIXES	01/04/2000	31/12/2014	15
19	17130000	MT	FOZ DO JURUENA	01/01/1987	29/02/1996	10
20	17123000	MT	RIO ARINOS	01/10/2000	31/12/2014	15
21	17345000	PA	Base Cachimbo	01/01/1983	31/10/2007	25
22	17300000	MT	FAZENDA TRATEX	01/05/1994	31/12/2014	21
23	17650002	PA	ACARÁ DO TAPAJÓS	01/01/1996	30/09/2009	14
24	17500000	PA	FORTALEZA	01/03/2004	31/12/2014	11

Fonte: Elaboração própria, a partir de ANA (2022).

ANEXO A – VALORES MENSIS PARA TNA (2015-2020)

Ano/Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1950	-0,14	-0,36	-0,37	-0,11	-0,25	-0,13	-0,18	-0,16	-0,06	-0,18	-0,09	0,18
1951	0,06	-0,17	-0,07	0,17	0,14	0,17	0,41	0,20	0,15	0,09	-0,03	-0,07
1952	-0,41	-0,15	-0,02	0,04	0,13	0,28	0,17	0,16	0,37	0,26	0,28	0,55
1953	0,46	0,41	-0,04	0,18	0,11	0,13	0,18	0,24	0,20	0,16	0,16	0,17
1954	0,10	-0,12	-0,26	-0,46	0,05	0,04	-0,19	-0,13	-0,23	-0,32	-0,17	-0,30
1955	0,09	0,07	-0,04	-0,01	-0,12	-0,01	0,12	0,17	0,16	0,21	0,45	0,30
1956	0,37	0,24	-0,04	0,00	-0,29	-0,45	-0,29	-0,20	-0,27	-0,06	-0,08	0,05
1957	-0,33	-0,55	-0,17	-0,36	-0,35	-0,09	-0,06	0,19	0,21	0,32	0,23	0,17
1958	0,25	0,66	0,91	0,92	0,72	0,76	0,36	0,27	0,28	0,07	0,19	0,20
1959	0,28	0,29	-0,09	-0,08	-0,22	-0,25	-0,25	-0,29	-0,15	-0,20	-0,20	-0,23
1960	-0,07	0,18	0,20	0,13	0,27	0,10	0,08	0,05	-0,05	-0,01	0,10	-0,02
1961	-0,04	-0,07	0,02	0,17	0,20	-0,04	0,00	0,09	-0,05	-0,13	-0,06	0,27
1962	0,22	0,12	0,41	0,26	0,36	0,06	0,26	0,19	0,09	0,08	0,30	0,51
1963	0,56	0,51	0,34	0,42	0,14	0,11	0,17	0,13	-0,04	-0,03	0,17	0,04
1964	0,09	0,28	0,29	-0,13	0,08	0,07	-0,06	-0,20	-0,26	-0,25	-0,09	-0,19
1965	-0,36	-0,25	-0,13	-0,18	-0,21	-0,28	-0,20	-0,20	-0,12	-0,10	-0,09	0,01
1966	-0,02	0,37	0,43	0,52	0,36	0,27	0,15	0,03	0,07	0,10	0,35	0,24
1967	0,24	0,00	-0,15	0,05	-0,16	-0,21	-0,20	-0,30	-0,14	-0,14	-0,33	-0,23
1968	-0,30	-0,11	-0,06	-0,11	-0,09	-0,25	-0,19	-0,14	-0,07	0,09	0,17	0,28
1969	0,43	0,74	1,13	0,84	0,73	0,37	0,39	0,34	0,27	0,17	0,34	0,44
1970	0,64	0,64	0,83	0,68	0,51	0,24	-0,03	-0,07	-0,12	-0,06	-0,02	0,03
1971	0,10	-0,03	-0,18	-0,34	-0,46	-0,62	-0,45	-0,46	-0,29	-0,18	-0,13	-0,31
1972	-0,27	-0,38	-0,50	-0,31	-0,46	-0,35	-0,40	-0,44	-0,33	-0,08	-0,09	-0,37
1973	-0,31	-0,30	-0,32	-0,19	0,04	-0,07	-0,05	-0,16	-0,16	-0,26	-0,23	-0,10
1974	-0,28	-0,51	-0,73	-1,09	-0,89	-0,61	-0,50	-0,39	-0,50	-0,46	-0,51	-0,51
1975	-0,24	-0,41	-0,49	-0,45	-0,70	-0,40	-0,28	-0,15	-0,26	-0,30	-0,39	-0,26
1976	-0,30	-0,48	-0,81	-0,66	-0,79	-0,59	-0,37	0,07	0,14	0,18	0,04	-0,31
1977	-0,15	-0,22	-0,11	-0,09	-0,07	0,05	-0,14	-0,28	-0,24	-0,24	-0,26	-0,15
1978	0,11	0,20	0,25	0,26	0,08	-0,14	-0,33	-0,33	-0,21	0,08	0,01	-0,19
1979	0,17	0,28	0,15	0,29	0,35	0,42	0,28	0,08	0,10	0,10	0,11	0,26
1980	0,40	0,41	0,17	0,56	0,71	0,47	0,19	0,29	0,21	0,05	0,03	-0,02
1981	0,27	0,16	0,60	0,34	0,36	0,18	0,15	0,09	0,14	0,04	0,13	0,27
1982	0,19	-0,07	-0,07	-0,16	-0,03	-0,15	-0,27	-0,30	-0,28	-0,34	-0,46	-0,50
1983	-0,36	-0,02	0,44	0,45	0,17	0,35	0,23	0,01	-0,18	-0,15	0,05	0,23
1984	-0,05	-0,20	-0,10	-0,19	-0,16	-0,37	-0,35	-0,28	-0,24	-0,49	-0,46	-0,50
1985	-0,43	-0,37	-0,62	-0,65	-0,70	-0,30	-0,05	-0,08	-0,16	-0,14	-0,08	-0,25
1986	-0,62	-0,63	-0,61	-0,64	-0,54	-0,59	-0,38	-0,41	0,04	-0,20	-0,60	-0,69
1987	-0,32	-0,17	0,22	0,33	0,37	0,62	0,48	0,56	0,40	0,45	0,36	0,52
1988	0,15	-0,02	0,27	0,38	0,29	0,34	0,27	0,03	0,06	-0,20	-0,23	-0,23
1989	-0,42	-0,48	-0,66	-0,89	-0,66	-0,17	0,25	0,39	0,06	0,12	-0,04	0,22
1990	-0,08	-0,10	-0,04	0,06	0,13	-0,02	0,06	0,30	0,40	0,41	0,33	0,17
1991	-0,14	-0,11	-0,22	-0,39	-0,42	-0,43	-0,39	-0,29	-0,14	-0,11	-0,15	-0,18
1992	0,00	0,04	-0,18	-0,29	-0,18	-0,11	-0,01	-0,23	-0,21	-0,06	-0,30	-0,23
1993	-0,25	-0,25	-0,23	-0,07	-0,04	0,07	-0,17	-0,11	-0,12	-0,13	-0,34	-0,41

1994	-0,59	-0,61	-0,60	-0,46	-0,50	-0,43	-0,39	-0,29	-0,24	-0,08	-0,03	-0,13
1995	-0,05	-0,04	-0,05	0,11	0,30	0,48	0,58	0,59	0,40	0,37	0,51	0,47
1996	0,74	0,40	0,22	0,31	0,36	0,18	0,12	-0,03	0,15	0,08	0,03	0,14
1997	0,31	0,34	0,15	0,27	0,43	0,54	0,34	0,16	0,26	0,59	0,58	0,44
1998	0,43	0,77	0,75	0,59	0,59	0,66	0,56	0,67	0,51	0,49	0,43	0,29
1999	-0,10	-0,20	-0,23	-0,13	0,11	0,15	0,17	0,34	0,38	0,25	0,13	0,27
2000	-0,18	-0,10	0,06	-0,01	-0,06	-0,16	0,01	0,15	0,02	0,00	-0,12	-0,19
2001	-0,13	-0,15	0,15	0,05	0,06	0,24	0,30	0,34	0,51	0,48	0,62	0,66
2002	0,78	0,53	0,37	-0,02	-0,19	-0,13	-0,06	-0,05	0,07	0,36	0,22	0,20
2003	0,27	0,00	0,04	0,00	0,06	0,22	0,36	0,59	0,66	0,80	0,48	0,49
2004	0,50	0,51	0,36	0,46	0,17	0,27	0,46	0,68	0,59	0,62	0,63	0,53
2005	0,46	0,38	0,68	0,81	1,01	0,92	0,84	0,74	0,73	0,54	0,40	0,55
2006	0,41	0,19	0,18	0,41	0,43	0,52	0,36	0,53	0,69	0,74	0,71	0,47
2007	0,46	0,56	0,33	0,40	0,21	0,16	0,09	0,01	0,11	0,24	0,24	0,09
2008	0,14	0,18	0,27	0,09	0,28	0,39	0,45	0,45	0,57	0,43	0,27	0,26
2009	0,07	-0,37	-0,34	-0,31	-0,23	0,05	0,45	0,41	0,35	0,63	0,51	0,54
2010	0,80	1,07	1,27	1,40	1,35	1,11	1,01	0,97	0,75	0,77	0,70	0,96
2011	0,97	0,53	0,41	0,33	0,41	0,59	0,43	0,49	0,36	0,44	0,21	0,23
2012	0,16	-0,02	-0,26	-0,17	0,09	0,31	0,30	0,52	0,72	0,78	0,75	0,55
2013	0,44	0,40	0,70	0,53	0,64	0,32	0,34	0,56	0,61	0,66	0,32	0,27
2014	0,13	-0,08	-0,35	-0,21	-0,06	-0,05	0,14	0,23	0,51	0,56	0,35	0,34
2015	0,17	0,11	-0,11	-0,24	0,08	-0,07	0,16	0,43	0,72	0,93	0,49	0,42
2016	0,50	0,45	0,39	0,32	0,38	0,39	0,37	0,49	0,39	0,55	0,46	0,52
2017	0,49	0,23	0,13	0,47	0,58	0,60	0,60	0,67	0,52	0,45	0,53	0,54
2018	0,28	-0,09	0,02	-0,17	-0,40	-0,48	-0,21	0,01	0,33	0,29	-0,01	-0,04
2019	0,08	0,14	0,01	-0,02	0,12	0,30	0,37	0,42	0,57	0,44	0,26	0,25
2020	0,25	0,50	0,73	0,62	0,52	0,72	0,65	0,59	0,52	0,61	0,39	0,46

Fonte: NOAA (2023).

ANEXO B – VALORES MENSIS PARA TSA (2015-2020)

Ano/Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1950	0,08	0,15	0,12	-0,17	-0,34	-0,23	-0,16	-0,34	-0,51	-0,54	-0,46	-0,92
1951	-0,98	-0,70	-0,87	-0,51	-0,37	-0,26	-0,11	0,05	0,05	0,03	-0,08	0,00
1952	0,06	-0,01	-0,08	-0,08	-0,19	0,07	-0,07	-0,01	-0,04	-0,08	0,00	-0,14
1953	-0,15	-0,25	0,01	-0,29	-0,14	-0,10	-0,07	-0,06	0,04	0,03	-0,18	-0,41
1954	-0,43	-0,50	-0,52	-0,40	-0,61	-0,57	-0,66	-0,39	-0,25	-0,14	-0,12	-0,23
1955	-0,42	-0,60	-0,45	-0,52	-0,34	-0,44	-0,27	-0,46	-0,41	-0,28	-0,20	-0,57
1956	-0,50	-0,69	-0,57	-0,73	-0,45	-0,43	-0,26	-0,19	-0,19	-0,44	-0,43	-0,49
1957	-0,37	-0,11	-0,07	-0,03	-0,26	-0,11	-0,31	-0,21	-0,35	-0,38	-0,26	-0,16
1958	-0,26	-0,26	-0,57	-0,63	-1,07	-1,06	-0,51	-0,64	-0,63	-0,49	-0,39	-0,02
1959	0,04	0,05	0,28	0,20	-0,17	-0,14	-0,24	-0,20	-0,10	-0,13	-0,22	-0,23
1960	-0,33	-0,41	-0,09	-0,22	0,01	-0,23	0,08	-0,02	-0,05	-0,10	0,01	0,00
1961	0,00	-0,12	-0,02	-0,10	0,03	-0,10	-0,21	-0,19	0,03	-0,02	-0,06	-0,12
1962	-0,08	-0,16	-0,11	-0,01	0,18	0,08	-0,09	-0,03	-0,08	0,03	0,01	-0,19
1963	-0,05	0,01	0,27	0,21	0,42	0,45	0,43	0,45	0,41	0,45	0,69	0,77
1964	0,65	0,31	0,33	0,06	-0,22	-0,14	-0,20	-0,21	-0,68	-0,79	-0,63	-0,76
1965	-0,39	-0,08	0,11	0,10	0,15	-0,17	-0,39	-0,21	-0,03	-0,17	-0,30	-0,25
1966	-0,19	-0,28	-0,39	0,08	0,13	0,62	0,28	-0,06	-0,07	-0,05	0,21	0,60
1967	0,30	0,30	-0,03	-0,20	-0,37	-0,61	-0,62	-0,40	-0,35	-0,61	-0,40	-0,13
1968	-0,03	-0,24	-0,26	-0,01	-0,01	0,08	0,24	0,20	0,29	0,44	0,49	0,50
1969	0,32	0,53	0,38	0,35	0,20	-0,05	-0,15	0,01	-0,09	-0,06	-0,07	-0,19
1970	-0,34	-0,26	-0,20	-0,28	-0,19	-0,33	-0,11	-0,24	-0,22	-0,39	-0,20	-0,34
1971	-0,01	0,02	-0,06	0,09	0,25	0,17	-0,23	-0,20	-0,16	-0,38	-0,68	-0,79
1972	-0,08	-0,06	-0,18	0,03	-0,03	0,09	0,25	0,26	0,23	0,29	0,44	0,89
1973	0,79	0,72	0,59	0,76	0,93	0,75	0,67	0,58	0,75	0,67	0,54	0,40
1974	0,34	0,14	0,15	0,36	0,49	0,43	0,58	0,42	0,14	0,11	0,25	0,11
1975	-0,13	-0,19	-0,15	-0,11	0,04	0,17	0,02	-0,02	-0,24	-0,18	-0,03	-0,34
1976	-0,41	-0,40	-0,48	-0,67	-0,70	-0,60	-0,67	-0,48	-0,32	-0,35	-0,45	-0,21
1977	-0,19	0,00	0,00	-0,03	-0,05	-0,09	-0,14	0,01	0,03	-0,09	-0,08	-0,07
1978	-0,19	-0,29	-0,45	-0,65	-0,64	-0,47	-0,08	-0,20	-0,35	-0,38	-0,43	-0,16
1979	-0,16	-0,24	-0,31	0,01	0,07	0,10	0,14	0,27	0,29	0,05	0,06	-0,02
1980	-0,15	-0,34	-0,26	-0,11	-0,04	-0,08	-0,06	0,03	0,11	-0,03	-0,25	-0,59
1981	-0,27	-0,47	-0,64	-0,52	-0,40	-0,22	-0,23	0,12	0,20	0,35	0,26	0,10
1982	0,03	-0,20	-0,21	-0,35	-0,37	-0,45	-0,44	-0,57	-0,31	-0,11	-0,28	-0,17
1983	0,33	0,37	-0,14	-0,25	-0,45	-0,45	-0,31	-0,08	0,04	-0,08	0,06	0,39
1984	0,68	0,65	0,79	0,50	0,26	0,46	0,55	0,77	0,84	0,59	0,31	0,25
1985	0,32	0,52	0,14	0,15	0,24	0,04	0,27	0,10	0,02	0,27	0,24	0,29
1986	0,20	0,47	0,38	0,28	0,26	0,41	0,19	0,21	0,30	0,14	-0,17	0,02
1987	0,02	0,08	0,16	0,04	0,28	0,42	0,50	0,43	0,32	0,42	0,63	0,39
1988	0,63	0,66	0,77	0,59	0,71	0,73	0,46	0,50	0,30	0,37	0,14	0,19
1989	0,41	0,23	0,35	0,29	0,33	0,31	0,26	0,39	0,21	0,28	-0,06	-0,25
1990	-0,34	0,13	0,32	0,35	-0,06	0,08	-0,11	-0,13	-0,07	0,10	0,17	0,22
1991	0,12	0,06	0,14	0,31	0,49	0,44	0,05	-0,33	-0,36	-0,36	-0,34	-0,08
1992	-0,27	-0,26	-0,40	-0,57	-0,66	-0,80	-0,60	-0,66	-0,56	-0,52	-0,79	-0,36
1993	-0,25	-0,13	-0,09	0,20	0,03	-0,03	0,05	0,04	0,44	0,69	0,75	0,50

1994	0,32	0,12	0,24	0,18	0,11	-0,18	-0,26	-0,17	-0,15	-0,05	0,08	0,20
1995	0,40	0,61	0,74	0,61	0,59	0,64	0,35	-0,07	-0,04	-0,05	0,12	0,00
1996	0,18	0,43	0,47	0,65	0,77	0,87	0,66	0,35	0,13	0,12	0,12	-0,06
1997	-0,22	-0,34	-0,47	-0,50	-0,54	-0,67	-0,27	-0,09	0,21	0,69	0,79	1,03
1998	0,72	0,74	0,69	0,54	0,54	0,66	0,85	0,59	0,41	0,21	0,32	0,11
1999	0,13	0,05	0,33	0,45	0,53	0,49	0,64	0,55	0,24	0,28	0,33	0,36
2000	0,21	0,39	0,40	0,37	0,29	0,20	0,15	0,20	0,02	0,10	0,07	-0,01
2001	0,16	0,17	0,29	0,38	0,47	0,36	0,15	0,14	0,11	0,20	0,16	0,01
2002	0,14	-0,06	0,29	0,31	0,49	0,33	0,47	0,01	-0,08	0,14	-0,07	0,35
2003	0,56	0,57	0,63	0,42	0,37	0,10	0,40	0,49	0,49	0,53	0,55	0,56
2004	0,41	0,22	-0,01	-0,26	-0,12	-0,08	0,08	0,22	0,33	0,14	0,24	0,43
2005	0,61	0,49	0,61	0,29	-0,06	-0,26	-0,32	0,01	-0,09	0,00	-0,07	-0,02
2006	0,04	0,23	0,41	0,31	0,24	0,41	0,30	0,33	0,27	0,23	0,08	0,32
2007	0,24	0,21	0,04	0,24	0,28	0,43	0,23	0,15	0,27	0,11	0,10	0,20
2008	0,19	0,36	0,60	0,64	0,82	0,70	0,66	0,51	0,28	0,27	0,31	0,41
2009	0,45	0,35	0,54	0,52	0,79	0,59	0,39	0,24	0,19	0,45	0,30	0,70
2010	0,79	0,68	0,89	0,68	0,62	0,85	0,60	0,48	0,23	0,43	0,40	0,41
2011	0,45	0,59	0,72	0,49	0,30	0,20	0,27	0,20	0,24	0,28	-0,05	-0,48
2012	-0,32	-0,51	-0,08	-0,33	-0,04	0,04	-0,03	-0,08	0,02	0,03	0,03	0,18
2013	0,39	0,25	0,26	0,35	0,48	0,28	0,23	0,25	0,03	0,04	-0,07	0,11
2014	0,11	0,22	0,22	0,23	0,48	0,47	0,17	0,24	0,26	0,16	-0,32	-0,12
2015	0,43	0,42	0,23	0,36	0,46	0,38	0,07	-0,11	-0,04	0,28	0,37	0,70
2016	0,81	0,59	0,60	0,39	0,35	0,68	0,63	0,52	0,26	0,46	0,28	0,67
2017	0,58	0,09	0,29	0,40	0,47	0,57	0,35	0,59	0,27	0,42	0,20	0,17
2018	0,62	-0,01	0,17	0,28	0,28	0,46	0,38	0,41	0,36	0,53	0,39	0,66
2019	0,75	0,68	1,02	0,65	0,65	0,58	0,50	0,41	0,48	0,47	1,06	1,06
2020	1,28	0,84	0,66	0,72	0,88	0,60	0,55	0,50	0,24	0,39	0,12	-0,11

Fonte: NOAA (2023).