



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

FREDERICO MIGLIO NEIVA

**MONITORAMENTO HÍDRICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAETÉ,
ATRAVÉS DE ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E VAZÃO, REGIÃO NORDESTE DO
ESTADO DO PARÁ**

BELÉM-PA

2024

FREDERICO MIGLIO NEIVA

**MONITORAMENTO HÍDRICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAETÉ,
ATRAVÉS DE ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E VAZÃO, REGIÃO NORDESTE DO
ESTADO DO PARÁ**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, na linha de pesquisa da Socioeconômica, Recursos Naturais e Desenvolvimento do Agronegócio, para obtenção de Título de Doutor em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Joaquim Alves de Lima Júnior

Coorientador: Prof. Dr. Marcello Neiva de Mello

BELÉM-PA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

N397m Neiva, Frederico Miglio

Monitoramento Hídrico da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, através de análise físico-química e vazão, região Nordeste do estado do Pará / Frederico Miglio Neiva. - 2024.
122 f. : il. color.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2024.

Orientador: Prof. Dr. Joaquim Alves de Lima Júnior

Coorientador: Prof. Dr. Marcello Neiva de Mello.

1. Amazônia. 2. Bacia Hidrográfica do Rio Caeté. 3. Análise Estatística Multivariada. 4. Monitoramento Hídrico. I. Lima Júnior, Joaquim Alves de, orient. II. Título

CDD 620.0072

FREDERICO MIGLIO NEIVA

**MONITORAMENTO HÍDRICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAETÉ,
ATRAVÉS DE ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E VAZÃO, REGIÃO NORDESTE DO
ESTADO DO PARÁ**

Tese de doutorado apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, na linha de pesquisa da Socioeconômica, Recursos Naturais e Desenvolvimento do Agronegócio, para obtenção de Título de Doutor em Agronomia.

DATA DE APROVAÇÃO:

CONCEITO:

BANCA EXAMINADORA

PROF. DR. JOAQUIM ALVES DE LIMA JUNIOR – ORIENTADOR
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA

PROF DR. CARLOS TADEU DOS SANTOS DIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – UFC

PROF^a DR^a. MARYJANE DINIZ DE ARAÚJO GOMES
INSTITUTO FEDERAL DO PARÁ – IFPA

PROF. DR. ANDRÉ LUIZ PERERIA DA SILVA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ – UFPA

PROF DR. PEDRO DANIEL DE OLIVEIRA
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA

AGRADECIMENTOS

RESUMO

As Bacias Hidrográficas são unidades importantes para o gerenciamento dos recursos hídricos. A sociedade tem uma necessidade crescente por água, para diversas aplicações. O Brasil possui a maior reserva de água doce do mundo, com disponibilidade estimada em 12% de todo planeta. As Bacias Hidrográficas possuem função determinante como referencial nas tomadas de decisões para formular políticas públicas, com foco no planejamento e gestão territorial. A Bacia Hidrográfica do Rio Caeté possui área de 2.141,96km², 149km de extensão do rio principal, drena parte de seis municípios na Mesorregião do Nordeste Paraense, Microrregião Bragantina e Guamá. A nascente do Rio Caeté encontra-se no município de Bonito, estado do Pará, percorre outros 5 (cinco) municípios no Pará: Ourém, Capanema, Tracuateua, Santa Luzia do Pará e Bragança. O trabalho de campo para coleta e medição da água na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté ocorre desde a nascente, no município de Bonito, até o município de Santa Luzia do Pará, com 11 pontos estabelecidos conforme localidade, com especificações de coleta e medição em águas superficiais, obtidas em 3 (três) níveis de profundidade, com as especificações da superfície, profundidade de 1,00m e profundidade de 1,50m, o que totalizada 22 especificações tendo como fatores a localização e profundidade. As medições para análise físico-química da água foram realizadas em dois momentos, sendo o primeiro momento no próprio ato da coleta da água *in loco* do Rio Caeté e o segundo momento no LABEMA, laboratório da UFRA Capanema. Também ocorreu a medição de vazão em cinco pontos no município de Bonito. Os equipamentos utilizados são Garrafa Van Dorn, Sonda Multiparâmetro, Turbidímetro, Colorímetro e Molinete Hidrométrico. A Bacia Hidrográfica constitui um espaço de planejamento e gestão dos recursos hídricos e suas interações ambientais. Os Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) apresentam relação com as Bacias Hidrográficas, em que 10 ODS possuem alguma relação com as Bacias Hidrográficas, através de 31 metas. O ODS 6 apresenta maior relação com as Bacias Hidrográficas, no entanto também existem relação com o ODS 1, 2, 3, 7, 8, 11, 12, 13 e 15. O estudo alcançou o ciclo anual de coleta de dados. Foram realizadas 22 coletas de dados, dentro do período compreendido entre os dias 25 de janeiro de 2023 e 16 de janeiro de 2024. Com os dados de análise físico-química da água foi realizada análise descritiva, por meio de medidas apresentadas em tabelas e gráficos. Em seguida foi construída uma matriz de correlações para as variáveis. Na sequência foi realizado estudo de análise de componentes principais apresentado no gráfico Biplot e por último foi realizada a análise de agrupamentos. Com os dados de vazão, obtidos através de medições *in loco* em 5 localidades no município de Bonito-PA e em 1 localidade através da Estação Fluviométrica gerenciada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico no município de Bragança-PA, foi realizada análise estatística descritiva e de séries temporárias da vazão na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté.

Palavras-chave: Amazônia; Bacia Hidrográfica do Rio Caeté; Análise Estatística Multivariada; Monitoramento Hídrico.

ABSTRACT

The hydrographic basins are important units for the management of water resources. Society has a growing need for water in many ways. Brazil has the largest freshwater reserves around the world, with availability estimated at 12% of the entire planet. The hydrographic basins have a very important role as a reference in decision-making to formulate public policies focusing on planning and territorial management. The hydrographic basin of Caeté River has an area of 2,141.96 km², 149 km long from the main river, draining part of six towns in the Mesoregion of Northeast of the State of Pará, Bragançatina and Guamá microregions. The source of the Caeté River is in a town named Bonito in the State of Pará, this river runs through other 5 (five) towns: Ourém, Capanema, Tracuateua, Santa Luzia of Pará and Bragança. The fieldwork to collect and measure the water of the hydrographic basin in the Caeté River takes place from the source in the town of Bonito until the town of Santa Luzia of Pará, with 11 points established according to location with specifications for collection and measurement of the surface water obtained at 3 (three) levels of depth with the surface specifications, depth of 1.00m and depth of 1.50m, which totaled 22 specifications with location and depth as factors. The measurements for the physical-chemical analysis of the water are made in two moments, the first one is the moment of the water collection *in loco* in Caeté River and the second one happens in LABEMA, the laboratory of UFRA Capanema. There are also other five points that the flow measurement happens in the town of Bonito. The equipment used are Van Dorn Bottle, Multiparameter Probe, Turbidimeter, Colorimeter and Hydrometric windlass. The Hydrographic Basin constitutes a space for planning and managing water resources and their environmental interactions. The Sustainable Development Goals (SDGs) are related to River Basins, in which 10 SDGs have some relationship with River Basins, through 31 goals. SDG 6 has a greater relationship with River Basins, however there is also a relationship with SDGs 1, 2, 3, 7, 8, 11, 12, 13 and 15. The study reached the annual data collection cycle. 22 data collections were performed between January 25th, 2023 and January 16th, 2024. A descriptive analysis was performed using the data from the physical-chemical analysis of the water, using measurements shown in tables and graphs. After that, a correlation matrix was built for the variables. In the sequence a principal component analysis study was performed and it is presented in the Biplot graph and at the end a cluster analysis was performed. With the flow data, obtained through on-site measurements in 5 locations in the municipality of Bonito-PA and in 1 location through the Fluviometric Station managed by the National Water and Basic Sanitation Agency in the municipality of Bragança-PA, a descriptive statistical analysis was carried out. and time series in the Caeté River Basin.

Keywords: Amazon; Hydrographic Basin of Caeté River, Multivariate Statistical Analysis, Hydro Monitoring.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Bacia Hidrográfica do Rio Caeté	21
Figura 2 - Uso e cobertura do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, 2023.....	22
Figura 3 - Percurso para coleta de água e medições na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, municípios de Bonito, Ourém e Capanema, no Nordeste do Estado do Pará	23
Figura 4 - Percurso para coleta de água e medições na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, municípios de Tracuateua, Santa Luzia do Pará e Capanema, no Nordeste do Estado do Pará	24
Figura 5 - Garrafa Van Dorn, no ponto 7 de coleta, município de Ourém-PA.....	27
Figura 6 - Sonda Multiparâmetro HANNA HI 9829.....	28
Figura 7 - Garrafas com águas coletadas nas 22 especificações, conforme localização e profundidade, na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté	28
Figura 8 - Turbidímetro Microprocessado Digital Modelo DLI-2500.....	29
Figura 9 - Colorímetro Microprocessado Digital Modelo CL-CL	29
Figura 10 - Utilização do Molinete Hidrométrico para medição de vazão	30
Figura 11 - Utilização do Método do Flutuador para medição de vazão	31
Figura 12 - Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, localidade de Nova Mocajuba, município de Bragança, estado do Pará	31
Figura 13 - Estrutura de uma Bacia Hidrográfica	36
Figura 14 - Divisão Hidrográfica do Brasil.....	37
Figura 15 - Uso consuntivo da água no Brasil, em 2022	39
Figura 16 - Evolução dos Usos setoriais da água no Brasil (m ³ /s), no ano de 2000, 2010 e 2020 com projeções para 2030 e 2040.....	40
Figura 17 - Evolução dos Usos setoriais da água no Brasil (m ³ /s), no ano de 2000 e 2020, com projeções para 2040	41
Figura 18 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	44
Figura 19 - Mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté e as Coordenadas Geográficas de coleta de água e medição de parâmetros físico-químicos.....	67
Figura 20 - Medição de parâmetros físico-químicos utilizando a Sonda Multiparâmetro HANNA, com água coletada através da Garrafa Van Dorn, armazenadas no Becker 250mL e	

em garrafas plásticas, na localidade do Balneário do Caeté no município de Tracuateua, Pará, 2023	68
Figura 21 - <i>Box plot</i> das variáveis medidas (pH a 25°C; pH com temperatura ambiente, ORP, % OD, Concentração OD, Condutividade, Condutividade Absoluta, Resistividade, TDS, Salinidade, Temperatura; Turbidez; Cloro Livre; Cloro Total), realizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, com especificações de água da superfície, profundidade de 1,00 e profundidade de 1,50m, de janeiro de 2023 a janeiro de 2024 (n = 22).....	75
Figura 22 - Matriz de Correlação das variáveis medidas (pH a 25°C; pH com temperatura ambiente, ORP, % OD, Concentração OD, Condutividade, Condutividade Absoluta, Resistividade, TDS, Salinidade, Temperatura; Turbidez; Cloro Livre; Cloro Total), realizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, com especificações de água da superfície, profundidade de 1,00 e profundidade de 1,50m, de janeiro de 2023 a janeiro de 2024 (n = 22).....	76
Figura 23 - Biplot das variáveis medidas (pH a 25°C; pH com temperatura ambiente, ORP, % OD, Concentração OD, Condutividade, Condutividade Absoluta, Resistividade, TDS, Salinidade, Temperatura; Turbidez; Cloro Livre; Cloro Total), realizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, com especificações de água da superfície, profundidade de 1,00 e profundidade de 1,50m, de janeiro de 2023 a janeiro de 2024 (n = 22).....	78
Figura 24 - Análise de Agrupamentos das variáveis medidas (pH a 25°C; pH com temperatura ambiente, ORP, % OD, Concentração OD, Condutividade, Condutividade Absoluta, Resistividade, TDS, Salinidade, Temperatura; Turbidez; Cloro Livre; Cloro Total), realizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, com especificações de água da superfície, profundidade de 1,00 e profundidade de 1,50m, de janeiro de 2023 a janeiro de 2024 (n = 22).....	80
Figura 25 - Mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté e as Coordenadas Geográficas de medição de vazão.....	87
Figura 26 – Medição de vazão através do Molinete Hidrométrico, próximo à nascente do Rio Caeté (Pontos 1, 2, 3 e 4), em Bonito-PA	89
Figura 27 – Medição de vazão através do Método do Flutuador, no Arraial do Caeté (Ponto 6), em Bonito-PA	90
Figura 28 - Vazão média mensal, Box plot e ACF (autocorrelation function) com dados de vazão no período de setembro de 1999 a junho de 2024 na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, município de Bragança, estado do Pará	108
Figura 29 – Análise de resíduos do modelo SARIMA(1,0,0)(2,1,0) ₁₂ ajustado à vazão no período de setembro de 1999 a junho de 2024 na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, município de Bragança, estado do Pará	109

Figura 30 - Comportamento observado versus estimado da vazão (L/s) na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, município de Bragança, no período de setembro de 1999 a junho de 2024 110

Figura 31 - Comportamento observado e previsão estimada da vazão (L/s) na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, município de Bragança, no período de setembro de 1999 a junho de 2024..... 111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté com relação à população, área territorial, densidade demográfica e IDHM, em 2022	20
Tabela 2 - Caracterização das regiões hidrográficas do Brasil, 2007	38
Tabela 3 - Evolução percentual dos Usos setoriais da água no Brasil (m^3/s), no ano de 2000 em relação as projeções para 2040	41
Tabela 4 - Evolução percentual dos Usos setoriais da água no Brasil (m^3/s), no ano de 2020 em relação as projeções para 2040	42
Tabela 5 - Estimativa do uso consuntivo no Brasil para o ano de 2040	42
Tabela 6 – Número de metas por Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	46
Tabela 7 - Número de metas por Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) relacionadas com as Bacias Hidrográficas.....	58
Tabela 8 - Distribuição geral das medidas estatística calculadas para as variáveis físico-químicas medidas in loco e em laboratório, Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, janeiro de 2023 a janeiro de 2024 (n = 22).....	71
Tabela 9 - Distribuição individual por especificação de profundidade (superfície, profundidade de 1,00m, profundidade de 1,50m) das medidas estatística calculadas para as variáveis físico-químicas medidas in loco e em laboratório, Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, janeiro de 2023 a janeiro de 2024 (n = 22).....	74
Tabela 10 - Posicionamento da haste do molinete hidrométrico em função da profundidade da vertical	91
Tabela 11 - Especificações para o cálculo da velocidade média, em função do posicionamento da haste do molinete hidrométrico e profundidade da vertical.....	92
Tabela 12 - Distribuição das medidas descritivas da vazão mensal, a partir de dados diários, nos anos de 2000 até 2003, referente a Estação Fluviométrica localizada em Bragança, estado do Pará	97
Tabela 13 - Distribuição das medidas descritivas da vazão mensal, a partir de dados diários, nos anos de 2004 até 2007, referente a Estação Fluviométrica localizada em Bragança, estado do Pará	98
Tabela 14 - Distribuição das medidas descritivas da vazão mensal, a partir de dados diários, nos anos de 2008 até 2011, referente a Estação Fluviométrica localizada em Bragança, estado do Pará	99

Tabela 15 - Distribuição das medidas descritivas da vazão mensal, a partir de dados diários, nos anos de 2012 até 2015, referente a Estação Fluviométrica localizada em Bragança, estado do Pará	101
Tabela 16 - Distribuição das medidas descritivas da vazão mensal, a partir de dados diários, nos anos de 2016 até 2019, referente a Estação Fluviométrica localizada em Bragança, estado do Pará	102
Tabela 17 - Distribuição das medidas descritivas da vazão mensal, a partir de dados diários, nos anos de 2016 até 2019, referente a Estação Fluviométrica localizada em Bragança, estado do Pará	103
Tabela 18 - Medição de vazão na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, município de Bonito-PA, no período de janeiro de 2023 a janeiro de 2024	106
Tabela 19 - Modelos adotados e valores dos critérios para comparação dos modelos	108

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Especificações de coleta e medição da água na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, conforme especificações de localidade e profundidade	25
Quadro 2 - Descrição e Coordenadas Geográficas dos pontos de coleta de água, medição de parâmetros físico-químicos e de vazão na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté	26
Quadro 3 - Metas do ODS 6 relacionadas com Bacias Hidrográficas	47
Quadro 4 - Metas do ODS 1 relacionadas com Bacias Hidrográficas	49
Quadro 5 - Metas do ODS 2 relacionadas com Bacias Hidrográficas	50
Quadro 6 - Metas do ODS 3 relacionadas com Bacias Hidrográficas	51
Quadro 7 - Metas do ODS 7 relacionadas com Bacias Hidrográficas	51
Quadro 8 – Metas do ODS 8 relacionadas com Bacias Hidrográficas.....	53
Quadro 9 - Metas do ODS 11 relacionadas com Bacias Hidrográficas	54
Quadro 10 - Metas do ODS 12 relacionadas com Bacias Hidrográficas	55
Quadro 11 - Metas do ODS 13 relacionadas com Bacias Hidrográficas	56
Quadro 12 - Metas do ODS 15 relacionadas com Bacias Hidrográficas	57

LISTA DE SIGLAS

ACF – *Autocorrelation Function* (Função de autocorrelação)

ACP – Análise de Componentes Principais

AIC – *Akaike Information Criterion* (Critério de informação Akaike)

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

ARIMA – *AutoRegressive Integrated Moving Average* (Modelo Auto-Regressivo de Médias Móveis)

BPBES – Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

Cosanpa – Companhia de Saneamento do Pará

CV% – Coeficiente de Variação percentual

FAO – *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura)

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

LABEMA – Laboratório de Engenharia e Meio Ambiente

L/s – litros por segundo

m/s – metros por segundo

m³/s – metros cúbicos por segundo

m² – metros quadrados

OD – Oxigênio Dissolvido

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

ORP – Potencial de Oxidação/Redução

PACF – *Partial Autocorrelation Function* (Função de autocorrelação parcial)

pH – Potencial Hidrogeniônico

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

RPS – Rotações por segundo

RPM – Rotações por minuto

SARIMA – *Seasonal AutoRegressive Integrated Moving Average* (Modelo Auto-Regressivo de Médias Móveis com Sazonalidade)

TDS – Sólidos Totais Dissolvidos

UFRA – Universidade Federal Rural da Amazônia

UNICEF – Fundo das Nações Unidas para a Infância

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	18
2. CONTEXTUALIZAÇÃO DE APLICAÇÃO DA PESQUISA	20
2.1 A Bacia Hidrográfica do Rio Caeté	20
2.2 Distribuição dos pontos de coleta e medição no Rio Caeté	22
2.3 Equipamentos utilizados para coleta e medição da água do Rio Caeté	27
2.3.1 Análise físico-química da água.....	27
2.3.2 Análise da vazão.....	30
2.4 Objetivos da tese	32
CAPÍTULO 1	33
3. BACIAS HIDROGRÁFICAS E OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS)	33
RESUMO	33
ABSTRACT	34
3.1 O que é uma Bacia Hidrográfica	35
3.2 Bacias Hidrográficas no Brasil	36
3.3 O consumo de água no Brasil	38
3.4 Bacias Hidrográficas para programas de gestão de recursos hídricos	43
3.5 Os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS)	44
3.5.1 Relação do ODS 6 com as Bacias Hidrográficas.....	47
3.5.2 Relação do ODS 1 com as Bacias Hidrográficas.....	48
3.5.3 Relação do ODS 2 com as Bacias Hidrográficas.....	49
3.5.4 Relação do ODS 3 com as Bacias Hidrográficas.....	50
3.5.5 Relação do ODS 7 com as Bacias Hidrográficas.....	51
3.5.6 Relação do ODS 8 com as Bacias Hidrográficas.....	52
3.5.7 Relação do ODS 11 com as Bacias Hidrográficas.....	53
3.5.8 Relação do ODS 12 com as Bacias Hidrográficas.....	54
3.5.9 Relação do ODS 13 com as Bacias Hidrográficas.....	55
3.5.10 Relação do ODS 15 com as Bacias Hidrográficas.....	56
3.6 Conclusões (do Artigo)	57
3.7 Referências (do Artigo)	58
CAPÍTULO 2	62
4. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAETÉ	62
RESUMO	62

ABSTRACT	63
4.1 Introdução (do Artigo)	64
4.2 Materiais e métodos (do Artigo)	65
4.2.1 Caracterização da área de estudo	65
4.2.2 Distribuição dos pontos de coleta e medições no Rio Caeté.....	65
4.2.3 Análise físico-química.....	68
4.2.4 Análise estatística.....	69
4.3 Resultados e discussões	70
4.4 Conclusões (do Artigo)	80
4.5 Referências (do Artigo)	81
CAPÍTULO 3	83
5. ANÁLISE DA VAZÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAETÉ	83
RESUMO	83
ABSTRACT	84
5.1 Introdução (do Artigo)	85
5.2 Materiais e métodos (do Artigo)	86
5.2.1 Caracterização da área de estudo	86
5.2.2 Distribuição dos pontos de medição no Rio Caeté.....	86
5.2.3 Análise da vazão	90
5.2.4 Análise Estatística	93
5.3 Resultados e discussões	95
5.3.1 Análise descritiva da vazão em Bragança-PA	95
5.3.2 Análise descritiva da vazão em Bonito-PA.....	104
5.3.3 Análise de séries temporais da vazão em Bragança-PA.....	106
5.4 Conclusões (do Artigo)	111
5.5 Referências (do Artigo)	112
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	114
REFERÊNCIAS GERAIS	116

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil possui a maior reserva de água doce do mundo, com disponibilidade estimada em 12% de todo planeta (ANA, 2019; BPBES, 2020). Essas reservas estão nas chamadas Bacias Hidrográficas que são reservatórios naturais de água e possuem função importante como referencial nas tomadas de decisões para formular políticas públicas, com foco no planejamento e gestão territorial.

Na região do nordeste do Pará, o Rio Caeté possui enorme importância por fornecer subsídio a toda a região. Gorayeb (2008), destaca que as principais atividades econômicas estão relacionadas à agropecuária (culturas de subsistência, monocultura do côco-dendê e pasto), extrativismo vegetal (açaí, cupuaçu, bacuri, buriti, lenha e carvão), pesca artesanal e semi-industrial (peixes crustáceos e moluscos). Guimarães (2011), descreve que as atividades econômicas estão relacionadas à agricultura familiar, pecuária e pesca.

Portanto, torna-se necessário um estudo da situação atual da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté. Para isto, surge a necessidade de medir, fator essencial para determinar a melhor estrutura de conservação, preservação e qualidade ambiental. O conhecimento proporciona direcionar questões importantes para as diversas perspectivas da região que abrange a Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, tendo como foco aspectos relacionados ao desenvolvimento sustentável, com estabelecimento de programas de gestão, além do planejamento e implantação de políticas públicas.

Os 193 Estados membros da Organização das Nações Unidas (ONU), no qual o Brasil está incluído, comprometeram-se a adotar a chamada Agenda Pós-2015, considerada uma das mais ambiciosas da história da diplomacia internacional. A partir dela, as nações trabalharão para cumprir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, conhecido como ODS, com apoio do Fundo de Emergência Internacional para Crianças das Nações Unidas (UNICEF, 2023).

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU (2015), trata da construção de um futuro sustentável, situação que implica no cuidado e atenção indispensáveis para a água disponível no planeta, para atender as necessidades da população.

A **CONTEXTUALIZAÇÃO DE APLICAÇÃO DA PESQUISA**, mostra a abordagem realizada e os municípios que abrangem a Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, indicação para determinação das especificações de coleta de água e medição, baseadas na localização e profundidades, magnitude do percurso realizado para a pesquisa de campo, variáveis medidas, equipamentos utilizados *in loco* e em laboratório, além dos objetivos da Tese de forma macro e amplificada.

O Capítulo 1 está representado pelas **BACIAS HIDROGRÁFICAS E OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS)**, o qual apresenta a importância que a água exerce para a humanidade, tendo as Bacias Hidrográficas como referência – divisão das Bacias Hidrográficas no Brasil e a relevância como agente catalisador de programas de gestão de recursos hídricos, o panorama do consumo de água no Brasil, culminando com a relação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável através das Bacias Hidrográficas.

O Capítulo 2 está relacionado com a **ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAETÉ**, com organização a partir da análise descritiva, por meio de medidas apresentadas em tabelas e gráficos. Em seguida foi construída uma matriz de correlação para as variáveis. Um estudo de análise de componentes principais foi aplicado para caracterização das observações pelas variáveis apresentadas no gráfico Biplot e por último foi realizada a análise de agrupamentos.

O Capítulo 3 trata da **ANÁLISE DA VAZÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAETÉ**, com o estudo de Séries Temporais através dos dados secundários, Estação Fluviométrica na localidade de Nova Mocajuba, município de Bragança, estado do Pará gerenciada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA; análise descritiva dos dados primários, medidos em 5 localidade no município de Bonito-PA, com direcionamento para os resultados obtidos com os dados secundários.

As **CONSIDERAÇÕES FINAIS**, apresenta abordagem final e direcionamentos conforme o desenvolvimento de todo o trabalho realizado relacionadas à Tese, perspectivas, parcerias e estudos futuros na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO DE APLICAÇÃO DA PESQUISA

2.1 A Bacia Hidrográfica do Rio Caeté

A Bacia Hidrográfica do Rio Caeté possui área de 2.141,96km², 149km de extensão do rio principal, drena parte de seis municípios na Mesorregião do Nordeste Paraense, Microrregiões Bragantina e Guamá.

A nascente do Rio Caeté encontra-se no município de Bonito, estado do Pará, e percorre outros 5 (cinco) municípios ainda no Pará, que são: Ourém, Capanema, Tracuateua, Santa Luzia do Pará e Bragança. Nestes municípios, a população total é de 272.918 habitantes, conforme observado na Tabela 1, que apresenta os números do último Censo realizado no Brasil em 2022, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022). A tabela também apresenta o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), o qual pode variar entre 0,000 e 1,000, quanto mais próximo de 1,000, maior é o desenvolvimento humano do município (AtlasBR, 2024).

Tabela 1 - Distribuição dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté com relação à população, área territorial, densidade demográfica e IDHM, em 2022

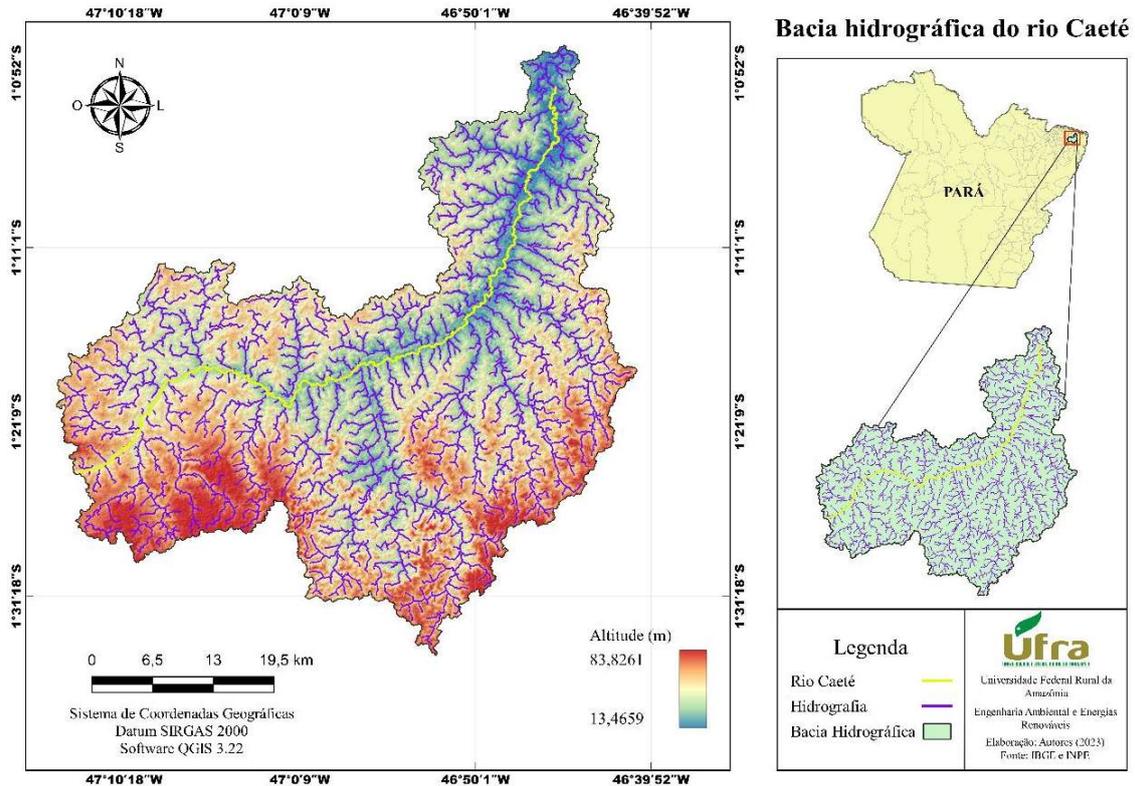
Municípios do Estado do Pará	População	Área Territorial (km ²)	Densidade Demográfica (hab/km ²)	IDHM *
Bonito	12.622	586,976	21,50	0,546
Ourém	17.855	561,710	31,79	0,568
Capanema	70.394	621,483	113,27	0,655
Tracuateua	28.595	868,025	32,94	0,531
Santa Luzia do Pará	20.370	1346,502	15,13	0,546
Bragança	123.082	2124,734	57,93	0,600
TOTAL	272.918	6109,430	44,67	-

Fonte: IBGE (2022, com adaptações) e AtlasBR (2024, com adaptações).

* Dados disponíveis referente ao ano de 2010

A Bacia Hidrográfica do Rio Caeté faz parte da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental, localizada no estado do Pará, conforme pode ser observado na Figura 1. A divisão do Brasil em regiões hidrográficas é abordada no Capítulo 1.

Figura 1 - Bacia Hidrográfica do Rio Caeté



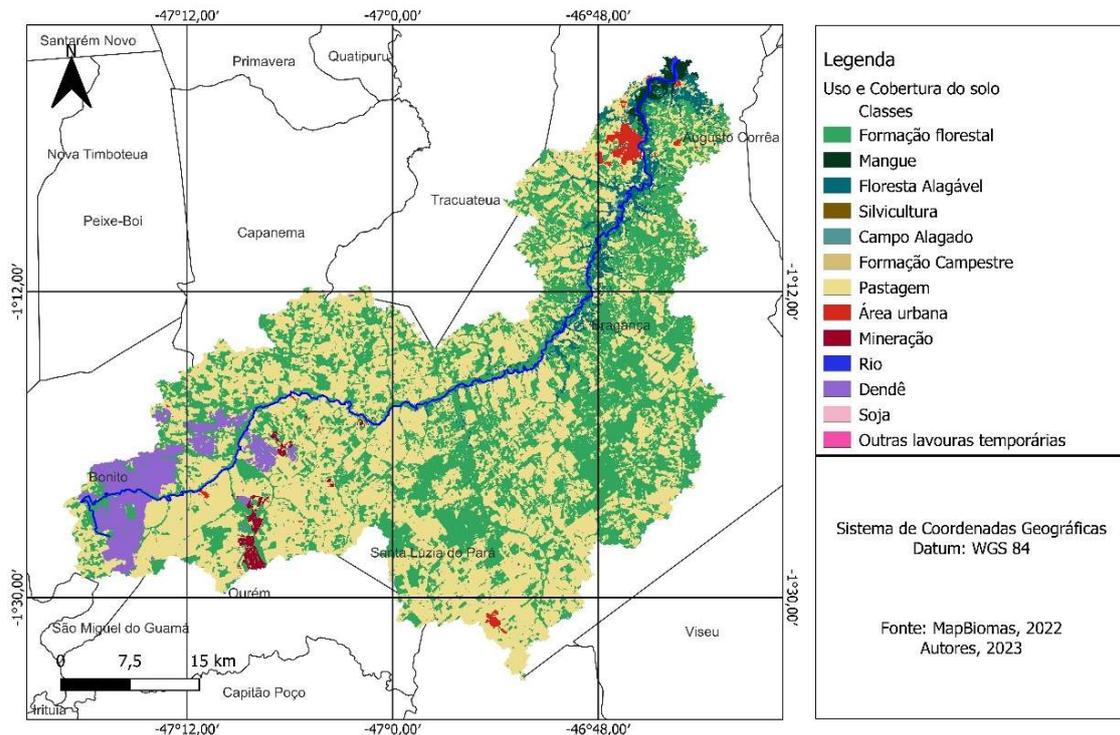
Fonte: Autor (2024).

A Figura 2 apresenta o mapa referente ao uso e cobertura do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté.

Observa-se que no município de Bonito e Ourém, a ocupação ocorre predominantemente pela cultura do dendê, conforme transformação de ocupação do solo ocorrida nas últimas 4 décadas (Correa, 2024). Souza Junior *et al.* (2020) indica que a transição de cobertura do solo para dendê é proveniente de formações vegetais naturais desmatadas ao longo dos anos e convertidas para o dendê, no período compreendido entre 1985 e 2023.

Nas demais regiões no entorno da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, a ocupação divide-se de forma predominante entre formação florestal e pastagem.

Figura 2 - Uso e cobertura do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, 2023



Fonte: Autor (2024).

2.2 Distribuição dos pontos de coleta e medição no Rio Caeté

Os pontos de coleta e medição na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté no âmbito deste trabalho estão distribuídos desde a nascente, no município de Bonito, até o município de Santa Luzia do Pará. São 11 (onze) pontos, distribuídos da seguinte forma:

- 5 pontos de coleta no município de Bonito, próximos à nascente do Rio Caeté.
- 1 ponto de coleta no município de Bonito, na localidade do Arraial do Caeté.
- 1 ponto de coleta no município de Ourém, na localidade do Arraial do Caeté.
- 3 pontos de coleta no município de Tracuateua, nas localidades da Companhia de Saneamento do Pará (Cosanpa), Balneário do Caeté e Ponte BR 316.
- 1 ponto de coleta no município de Santa Luzia do Pará, na localidade do Tentugal.

A determinação dos pontos de coleta e medição tem por objetivo realizar o monitoramento hídrico através da análise de atributos físico-químicos da água e da

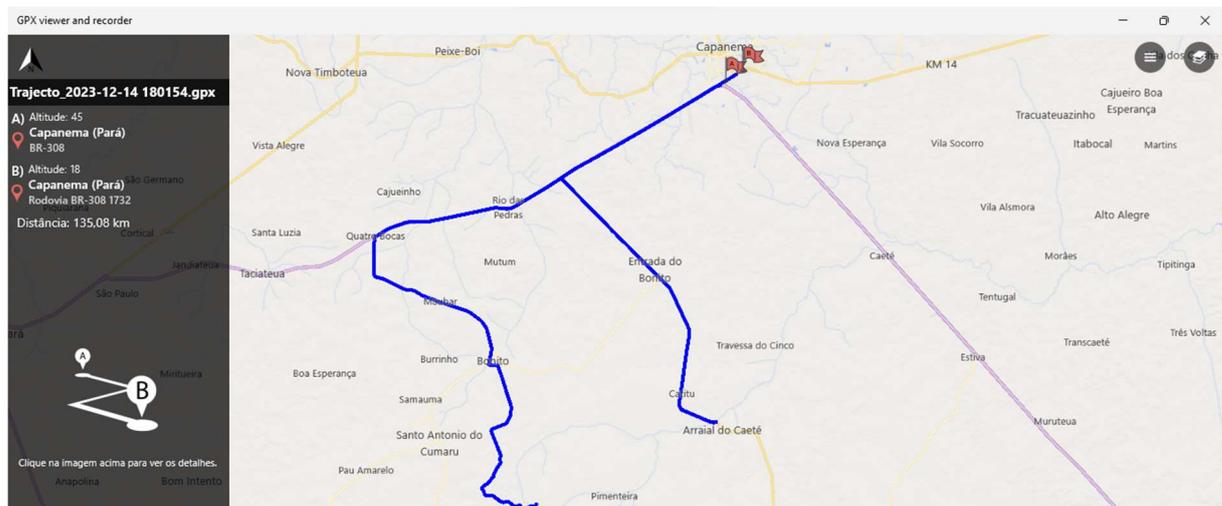
medição de vazão. A análise físico-química da água ocorre por meio de 14 (quatorze) variáveis medidas *in loco* e em laboratório, de tal forma que seja possível reproduzir as mesmas especificações, de localização e profundidade, ao longo de um determinado período.

Os pontos foram determinados em função da possibilidade de acesso por via terrestre ao Rio Caeté. Ao longo de todo o período da coleta, ocorreram diferentes fluxos dos percursos realizados para chegar aos 11 pontos, adaptações necessárias em função das condições específicas dos acessos terrestres em determinados períodos do ano.

A distância percorrida para realizar as coletas de água e medição entre o Ponto 1 e o Ponto 11 é de aproximadamente 119km. No entanto, considerando a saída da base do projeto, que é a Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, Campus Capanema, até chegar no Ponto 1, percorrer todo o percurso até o Ponto 11 e retornar para a base na UFRA, Campus Capanema, a distância percorrida é de aproximadamente 206km. Este percurso foi realizado na maioria das coletas em dois dias, com variações de 12 a 18 horas necessárias para todo o trajeto da pesquisa de campo. Todas as coletas tiveram o percurso mapeado através do GPS Portátil Garmin, da especificação GPSMAP 64SX.

A Figura 3 apresenta um dia do percurso realizado para a pesquisa de campo nos municípios de Bonito, Ourém e Capanema, localizados no Estado do Pará.

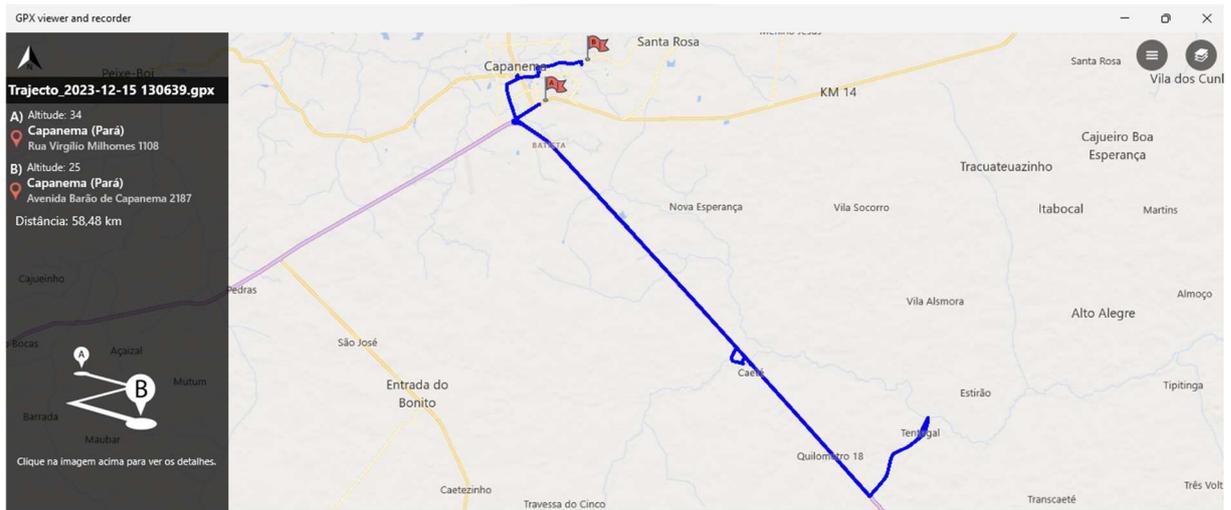
Figura 3 - Percurso para coleta de água e medições na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, municípios de Bonito, Ourém e Capanema, no Nordeste do Estado do Pará



Fonte: Autor (2024).

A Figura 4 apresenta um dia do percurso realizado para a pesquisa de campo nos municípios de Tracuateua, Santa Luzia do Pará e Capanema, localizados no Estado do Pará.

Figura 4 - Percurso para coleta de água e medições na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, municípios de Tracuateua, Santa Luzia do Pará e Capanema, no Nordeste do Estado do Pará



Fonte: Autor (2024).

As especificações de coleta de água e medição ocorrem em águas superficiais, obtidas em 3 (três) níveis de profundidade, com as especificações da superfície, profundidade de 1,00m e profundidade de 1,50m para cada ponto. Ocorrem determinadas condições particulares, como indicadas a seguir.

No município de Bonito, próximo à nascente, as coletas são feitas somente com águas da superfície, visto que os locais apresentam profundidade menor de 1,00m, assim como um dos pontos no Arraial do Caeté apresenta profundidade menor de 1,50m, o que possibilita coleta de água da superfície e de profundidade de 1,00m. Desta forma, idealmente existem 22 (vinte e duas) especificações de coleta de água, tendo como fatores a localização e profundidade, destacadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Especificações de coleta e medição da água na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, conforme especificações de localidade e profundidade

Pontos de Coleta e Medição	Superfície	Profundidade 1,00m	Profundidade 1,50m
Bonito: Ponto 1	X	----	----
Bonito: Ponto 2	X	----	----
Bonito: Ponto 3	X	----	----
Bonito: Ponto 4	X	----	----
Bonito: Ponto 5	X	----	----
Bonito: Ponto 6	X	X	----
Ourém: Ponto 7	X	X	X
Tracuateua: Ponto 8	X	X	X
Tracuateua: Ponto 9	X	X	X
Tracuateua: Ponto 10	X	X	X
Santa Luzia do Pará: Ponto 11	X	X	X

Fonte: Autor (2024).

De forma adicional ao exposto no Quadro 1, destaca-se que em determinadas épocas do ano, o rio encontra-se mais seco, fator que ocasiona a impossibilidade de realizar coletas sob determinadas profundidades em locais específicos, como por exemplo em um dos pontos do Arraial do Caeté que passa a ter profundidade menor que 1,00m. Assim como em outras épocas do ano, o rio encontra-se muito cheio, fator que ocasiona a impossibilidade de realizar coletas sob determinadas profundidades em locais específicos em função da dificuldade de acesso com segurança, como por exemplo também ocorreu em um dos pontos do Arraial do Caeté, que ficou muito cheio.

O Quadro 2 apresenta a descrição da localização e as coordenadas geográficas por ponto de coleta, desde o município de Bonito (Ponto 1) até Santa Luzia do Pará (Ponto 11).

Outro objetivo a ser abordado neste trabalho, que envolve o monitoramento hídrico da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, está relacionado às medições de vazão em 5 (cinco) pontos localizados em Bonito, dos quais 4 (quatro) próximos a nascente (Ponto 1, Ponto 2, Ponto 3 e Ponto 4), além do Ponto 6 localizado no Arraial do Caeté. As medições de vazão não são realizadas nos demais pontos em função das condições do rio, que impede a realização da medição de vazão com equipamentos disponíveis. Ainda foram utilizados os dados obtidos através da Agência Nacional de

Águas e Saneamento Básico – ANA, no Ponto 12 localizado no município de Bragança.

Quadro 2 - Descrição e Coordenadas Geográficas dos pontos de coleta de água, medição de parâmetros físico-químicos e de vazão na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté

Pontos de Coleta	Descrição da Localização	Coordenadas Geográficas
Ponto 1	Bonito-PA: Coleta à direita levando em consideração o sentido da correnteza do rio	01° 26' 19,36" S 47° 16' 56,71" W
Ponto 2	Bonito-PA: Coleta à esquerda levando em consideração o sentido da correnteza do rio	01° 24' 23,47" S 47° 18' 10,66" W
Ponto 3	Bonito-PA: Coleta passando a bifurcação na volta para chegar até a nascente	01° 27' 19,08" S 47° 17' 01,86" W
Ponto 4	Bonito-PA: Coleta passando a placa de Acaputeua a 2km, no caminho na volta para chegar na nascente	01° 27' 45,90" S 47° 17' 14,57" W
Ponto 5	Bonito-PA: Coleta na Ponte de ferro passando a entrada da Merje	01° 24' 23,47" S 47° 18' 10,66" W
Ponto 6	Bonito-PA: Coleta no início de acesso ao Arraial do Caeté	01° 23' 38,90" S 47° 11' 16,91" W
Ponto 7	Ourém-PA: Coleta na ponte na estrada que passa pelo Arraial do Caeté	01° 23' 37,10" S 47° 11' 13,06" W
Ponto 8	Tracuateua-PA: Coleta na COSANPA	01° 17' 59,42" S 47° 06' 18,61" W
Ponto 9	Tracuateua-PA: Coleta no Balneário do Caeté	01° 18' 03,06" S 47° 06' 05,87" W
Ponto 10	Tracuateua-PA: Coleta na Ponte de divisa entre Tracuateua e Santa Luzia do Pará na BR-316	01° 18' 01,69" S 47° 05' 56,33" W
Ponto 11	Santa Luzia do Pará-PA: Coleta no comunidade do Tentugal	01° 19' 14,74" S 47° 02' 04,42" W
Ponto 12	Bragança-PA: localiadde de Nova Mocajuba	01° 16' 22,08" S 46° 53' 21,84" W

Fonte: Autor (2024).

Uma informação de destaque é que a Companhia de Saneamento do Pará (Cosanpa) está instalada às margens do Rio Caeté dentro dos limites municipais de Tracuateua, com estrutura responsável pelo sistema de abastecimento de água do município de Capanema.

O trabalho foi finalizado com a realização de 22 (vinte e duas) coletas de dados, realizadas dentro do período compreendido entre os dias 25 de janeiro de 2023 e 16 de janeiro de 2024. Desta forma, ocorreu o fechamento do ciclo anual de coleta de

dados para o desenvolvimento do trabalho de Tese, importante para alinhamento do estudo e direcionamentos necessários.

2.3 Equipamentos utilizados para coleta e medição da água do Rio Caeté

2.3.1 Análise físico-química da água

As medições são realizadas em dois momentos, sendo o primeiro momento no próprio ato da coleta da água *in loco* do Rio Caeté, além do segundo momento que ocorre em laboratório da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, Campus Capanema – LABEMA (Laboratório de Engenharia e Meio Ambiente), conforme detalhamento descrito a seguir.

A Figura 5 apresenta a Garrafa Van Dorn utilizada na coleta de água, que possui dois destinos: colocada em um Becker de 250mL, para medições *in loco* através da Sonda Multiparâmetro HANNA HI 9829, destacada na Figura 6; além de ser armazenada em garrafas plásticas específicas e nominadas para cada ponto (Figura 7), conforme indicados nos Quadro 1 e Quadro 2, com intuito de realizar medições no laboratório.

Figura 5 - Garrafa Van Dorn, no ponto 7 de coleta, município de Ourém-PA



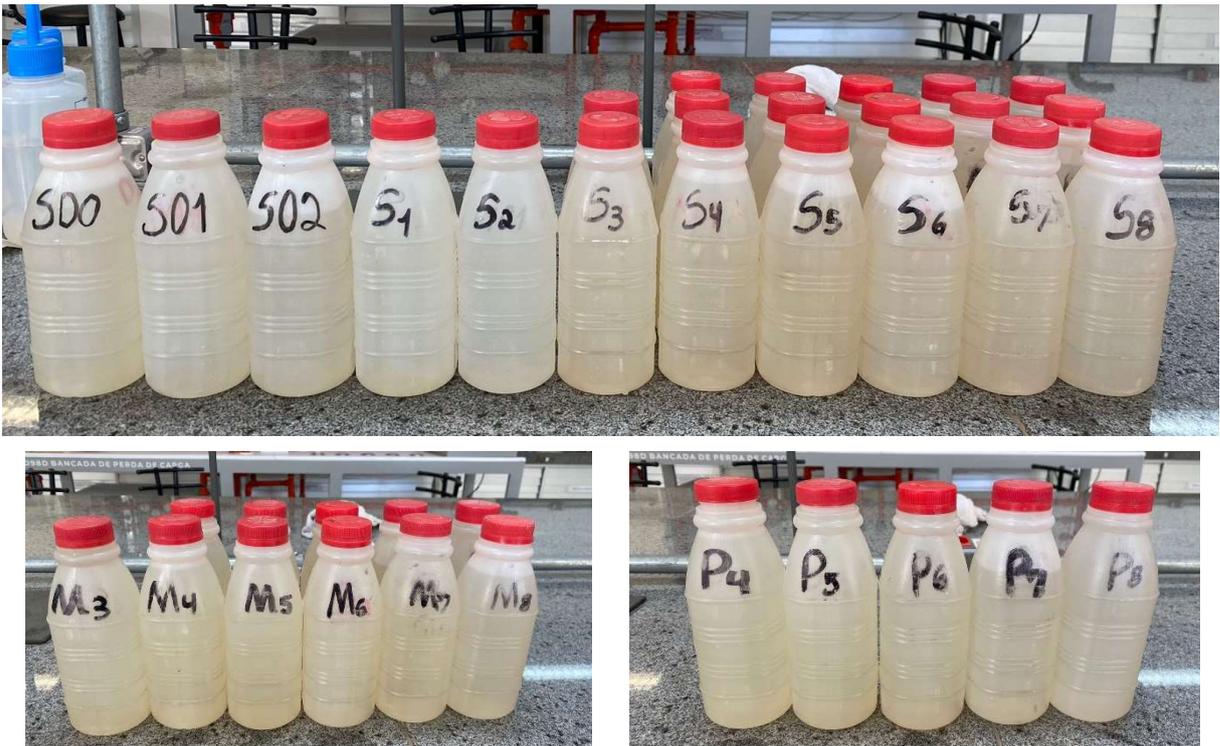
Fonte: Autor (2024).

Figura 6 - Sonda Multiparâmetro HANNA HI 9829



Fonte: Autor (2024).

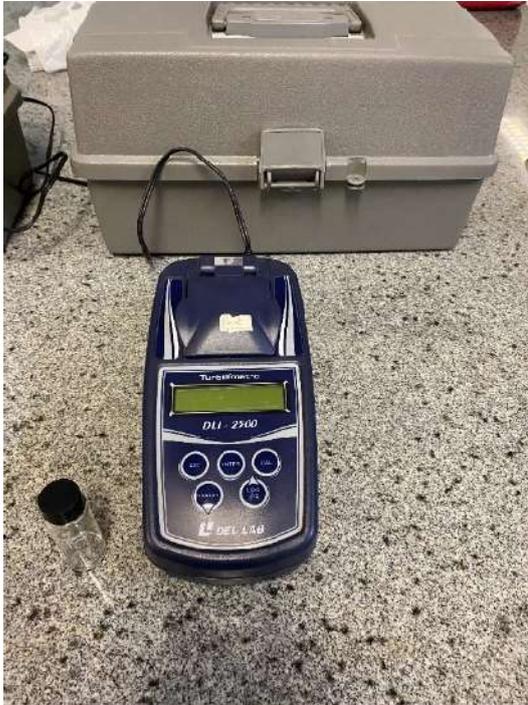
Figura 7 - Garrafas com águas coletadas nas 22 especificações, conforme localização e profundidade, na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté



Fonte: Autor (2024).

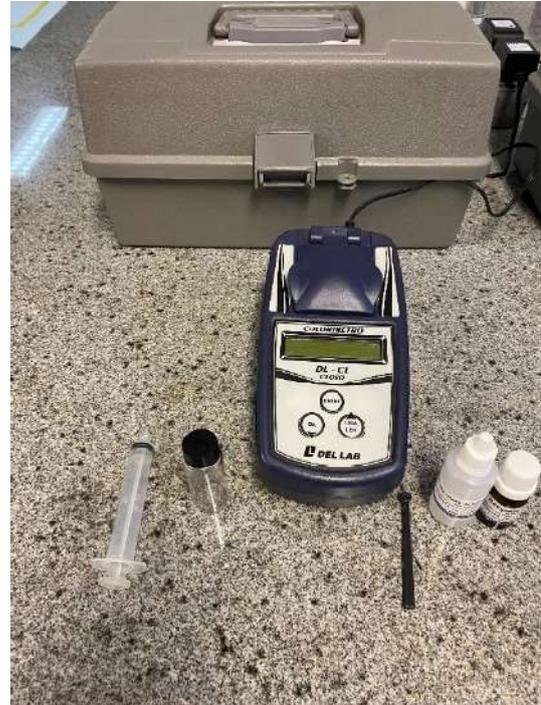
A Figura 8 e Figura 9 apresentam os equipamentos utilizados em laboratório, Turbidímetro e Colorímetro, respectivamente. As medições são realizadas com a água coletada e armazenada nas 22 garrafas de acordo com as 22 especificações de localização e profundidade indicadas nos Quadro 1 e Quadro 2.

Figura 8 - Turbidímetro Microprocessado Digital Modelo DLI-2500



Fonte: Autor (2024).

Figura 9 - Colorímetro Microprocessado Digital Modelo CL-CL



Fonte: Autor (2024).

As onze variáveis medidas no curso da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, *in loco* utilizando o Becker de 250mL e a Sonda Multiparâmetro HANNA HI 9289, são: pH: Potencial Hidrogeniônico – com temperatura a 25° C; pH: Potencial Hidrogeniônico – com temperatura ambiente; ORP: Potencial de Oxidação/Redução; OD: Oxigênio Dissolvido – % de Saturação; OD: Oxigênio Dissolvido – Concentração; Condutividade; Condutividade Absoluta; Resistividade; TDS: Sólidos Totais Dissolvidos; Salinidade; Temperatura. Outras 3 (três) variáveis são medidas em laboratório com as águas armazenadas em garrafas plásticas, sendo elas: Turbidez, utilizando o Turbidímetro, Cloro Livre e Cloro Total, utilizando o Colorímetro.

Ressalta-se que o pH com temperatura a 25°C é obtido através de um cálculo executado pela própria sonda multiparâmetro, que obtém o valor do pH com a temperatura ambiente e calcula o pH com a temperatura de 25°C, que é a temperatura referência utilizada para o pH.

Existe uma limitação do projeto, que é a medição dos pontos no município de Bragança, estado do Pará. A área a ser percorrida para medição desta área necessita de estrutura de apoio através de barco, o que inviabilizou neste momento a execução

desta área de coleta. Espera-se que os próximos trabalhos envolvidos consigam apoio necessário para inclusão desta área que abrange a Bacia Hidrográfica do Rio Caeté.

2.3.2 Análise da vazão

Para medição de vazão, utiliza-se o Molinete Hidrométrico, conforme Figura 10, nos pontos 1, 2, 3 e 4, próximos à nascente do Rio Caeté no município de Bonito. Para ampliação da pesquisa, utiliza-se o método do Flutuador no ponto 6 (Figura 11) no Arraial do Caeté, município de Bonito, visto que a localidade de medição impossibilitou o uso do molinete hidrométrico por questões técnicas e de segurança.

Figura 10 - Utilização do Molinete Hidrométrico para medição de vazão



Fonte: Autor (2024).

Figura 11 - Utilização do Método do Flutuador para medição de vazão



Fonte: Autor (2024).

Por último, ainda foram utilizados os dados secundários da Estação Fluviométrica gerenciada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA, disposta na localidade de Nova Mocajuba, município de Bragança, apresentada a localidade na Figura 12.

Figura 12 - Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, localidade de Nova Mocajuba, município de Bragança, estado do Pará



Fonte: Autor (2024).

2.4 Objetivos da tese

Os objetivos da Tese estão relacionados ao desenvolvimento de atividade e ações em algumas frentes.

- Planejar o estudo observacional na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté.
- Realizar o Monitoramento Hídrico da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté.
- Estabelecer o comportamento das variáveis físico-químicas, dentro das especificações estabelecidas no estudo.
- Estabelecer o comportamento da vazão da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté.

CAPÍTULO 1

3. BACIAS HIDROGRÁFICAS E OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS)

RESUMO

O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é função da sua forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo e da cobertura vegetal. A Bacia Hidrográfica constitui um espaço de planejamento e gestão dos recursos hídricos e suas interações ambientais. O Brasil está dividido em doze regiões hidrográficas, conforme características similares de vazão média, densidade demográfica e taxa de urbanização. O consumo de água no Brasil tem a irrigação como o principal setor do uso consuntivo de água no Brasil, com mais da metade da água consumida, em seguida está o abastecimento humano urbano, indústria, animal, termelétricas, abastecimento humano rural e por último a mineração. As projeções para o ano de 2040 indicam um domínio ainda maior da irrigação. As Bacias Hidrográficas são unidades básicas para o desenvolvimento de programas de gestão de recursos hídricos. Neste sentido, é importante buscar alcançar as metas estabelecidas nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), definido pela Organização das Nações Unidas – ONU, que estejam relacionadas às Bacias Hidrográficas. De forma geral, são 17 objetivos com 169 metas. Destes objetivos, existem 10 que possuem alguma relação com as Bacias Hidrográficas, através de 31 metas. O ODS 6 apresenta maior relação com as Bacias Hidrográficas, no entanto também existem relação com o ODS 1, 2, 3, 7, 8, 11, 12, 13 e 15. São necessárias implementar políticas públicas para alcançar as metas e objetivos de desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Uso consuntivo da água; irrigação; políticas públicas.

ABSTRACT

The hydrological behavior of a watershed is a result of its shape, relief, area, geology, drainage network, soil and vegetation cover. The River Basin is a space for planning and managing water resources and their environmental interactions. Brazil is divided into twelve hydrographic regions, according to similar characteristics of average flow, population density and urbanization rate. Water consumption in Brazil has irrigation as the main sector of consumptive water use in Brazil, with more than half of the water consumed, followed by urban human supply, industry, animals, thermoelectric plants, rural human supply and lastly mining. Projections for 2040 indicate an even greater dominance of irrigation. River Basins are the basic units for developing water resource management programs. In this sense, it is important to seek to achieve the goals set out in the Sustainable Development Goals (SDGs), defined by the United Nations (UN), which are related to River Basins. In general, there are 17 goals with 169 objectives. Of these goals, there are 10 that have some relation to River Basins, through 31 objectives. SDG 6 is most closely related to River Basins, but it is also related to SDGs 1, 2, 3, 7, 8, 11, 12, 13 and 15. Public policies need to be implemented to achieve sustainable development goals and objectives.

Keywords: Consumptive water use; irrigation; public policies.

3.1 O que é uma Bacia Hidrográfica

Bacia Hidrográfica é um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático. As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e rios, sendo que as cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e à medida que as águas dos riachos descem, juntam-se a outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios, esses pequenos rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando rios maiores até desembocarem no oceano (Teodoro *et al.*, 2007).

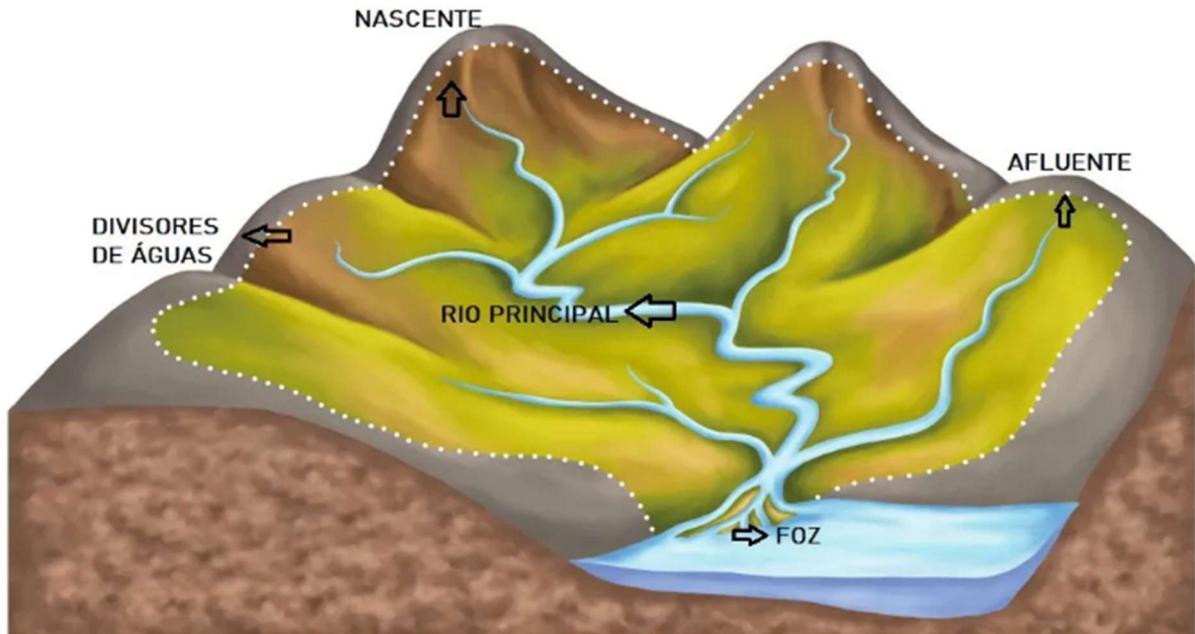
A Bacia Hidrográfica constitui um espaço de planejamento e gestão dos recursos hídricos e suas interações ambientais, de forma a compatibilizar as múltiplas interações culturais, econômicas e sociais da região (Lima e Nery, 2017).

A Bacia Hidrográfica é constituída pela nascente, que é o local de início, é o ponto mais elevado do relevo e a principal nascente do rio; rio principal, é o rio de maior volume e extensão da bacia; divisor de águas, é a estrutura do relevo que possui o papel de dividir as áreas das bacias; afluentes, são os rios menores que possuem a função de abastecer o rio principal; foz ou exutório, é o final da bacia, local onde as águas encontram o oceano ou desaguam em uma bacia hidrográfica maior.

O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é função da sua forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo e da cobertura vegetal. As características físicas e bióticas exercem ação determinante no ciclo hidrológico, o qual influenciam na infiltração e água produzida como deflúvio, evapotranspiração, escoamento superficial. E ainda é afetado por ações antrópicas, pois o homem interfere no ciclo hidrológico à medida que intervém no meio natural (Teodoro *et al.*, 2007).

A caracterização da estrutura de uma Bacia Hidrográfica, conforme descrito acima, encontra-se disposta na Figura 13 a seguir.

Figura 13 - Estrutura de uma Bacia Hidrográfica



Fonte: Mendonça (2021).

A função de uma Bacia Hidrográfica é determinada pela utilização das águas, de acordo com as atividades desenvolvidas na região em que se encontra. A utilidade primária e direta é para o abastecimento humano, seja na cidade ou no campo. No entanto, a irrigação no Brasil ocupa o primeiro lugar na quantidade de água consumida, com mais da metade de todo o consumo de água, como pode ser observado nas discussões e resultados apresentados no item 3.3 deste trabalho.

3.2 Bacias Hidrográficas no Brasil

O Brasil está dividido em regiões hidrográficas, conforme estabelecido na Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Segundo o CNRH (2003), considera-se como região hidrográfica o espaço territorial brasileiro compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, para orientar o planejamento e gerenciamento de recursos hídricos. A Figura 14 a seguir apresenta a divisão hidrográfica.

Figura 14 - Divisão Hidrográfica do Brasil



Fonte: CNRH (2003).

A Tabela 2 apresenta a caracterização de cada uma das 12 (doze) regiões hidrográficas, a partir das variáveis: vazão média, densidade demográfica e taxa de urbanização. Estas variáveis são determinantes no estabelecimento das regiões hidrográficas do Brasil, no que tange a homogeneidade ou similaridade.

Observa-se que a Região Hidrográfica Amazônica possui a maior vazão, com $131.947\text{m}^3/\text{s}$, seguido da Região Hidrográfica do Tocantins/Araguaia, com vazão de $13.624\text{m}^3/\text{s}$, o que demonstra uma diferença muito grande entre a região com a primeira e a segunda maior vazão. A terceira segue ainda mais distante, com $11.452\text{m}^3/\text{s}$, que é a Região Hidrográfica do Paraná. A Região Hidrográfica do Parnaíba apresenta a menor vazão, com $753\text{m}^3/\text{s}$, na qual ainda existe outra região que possui vazão menor que $1.000\text{m}^3/\text{s}$, sendo a Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental, com $779\text{m}^3/\text{s}$.

A Região Hidrográfica Amazônica é a que possui a menor densidade demográfica, com $2.000\text{ habitantes}/\text{km}^2$. Outras duas regiões possuem densidade demográfica abaixo de $10.000\text{ habitantes}/\text{km}^2$, que são a Região Hidrográfica do Paraguai, com $5.000\text{ habitantes}/\text{km}^2$ e a Região Hidrográfica do Tocantins/Araguaia,

com 8.000 habitantes/km². A Região Hidrográfica Atlântico Sudeste possui a maior densidade demográfica com 118.000 habitantes/km², seguida da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental, com 75.000 habitantes/km² e na sequência duas regiões com 62.000 habitantes/km², que são a Região Hidrográfica Atlântico Sul e a Região Hidrográfica do Paraná.

A Região Hidrográfica do Paraná possui a maior taxa de urbanização, com 91%, seguida da Região Hidrográfica Atlântico Sudeste, com 90%. A Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental apresenta apenas 57%, sendo a menor taxa de urbanização entre todas as doze regiões hidrográficas do Brasil.

Tabela 2 - Caracterização das regiões hidrográficas do Brasil, 2007

Região Hidrográfica	Vazão média (m ³ /s)	Densidade Demográfica (1.000 hab/km ²)	Taxa de Urbanização
Região Hidrográfica Amazônica	131.947	2	67%
Região Hidrográfica do Tocantins/Araguaia	13.624	8	74%
Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental	2.683	19	57%
Região Hidrográfica do Parnaíba	753	11	62%
Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental	779	75	76%
Região Hidrográfica do São Francisco	2.850	20	74%
Região Hidrográfica Atlântico Leste	1.492	36	70%
Região Hidrográfica Atlântico Sudeste	3.179	118	90%
Região Hidrográfica Atlântico Sul	4.174	62	85%
Região Hidrográfica do Uruguai	4.121	22	68%
Região Hidrográfica do Paraná	11.452	62	91%
Região Hidrográfica do Paraguai	2.368	5	85%

Fonte: Porto e Porto, (2008) *apud* MMA, (2007, com adaptações).

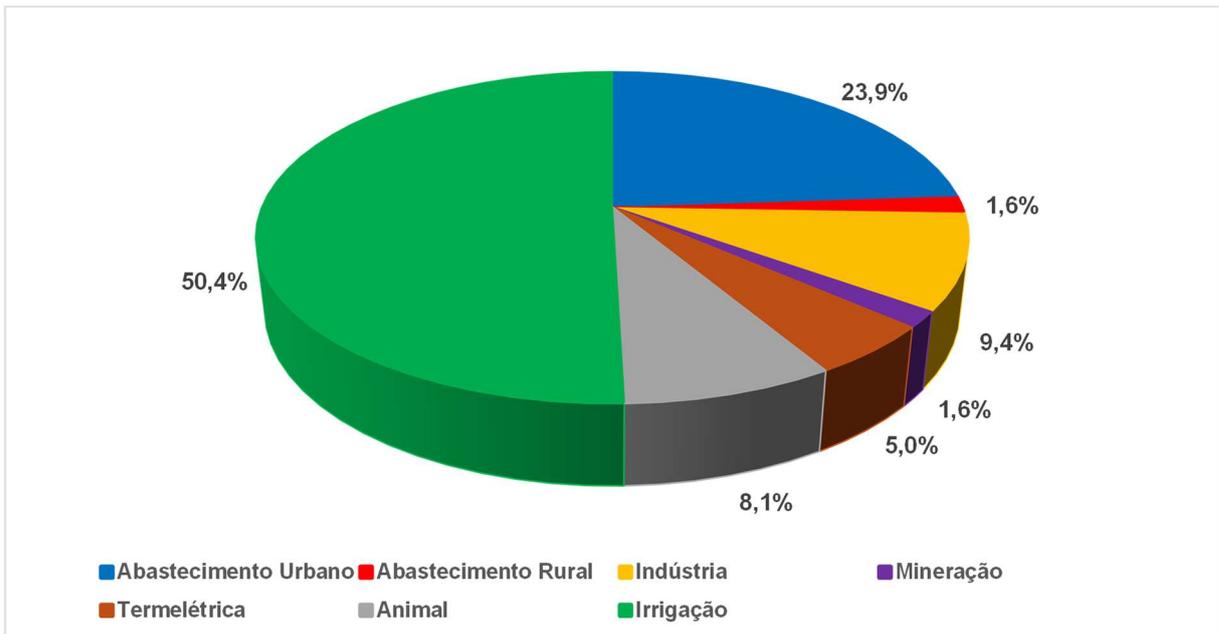
A Bacia Hidrográfica do Rio Caeté encontra-se na Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental, a qual, dentre todas as doze regiões hidrográficas, apresenta: a oitava maior vazão, com 2.683m³/s; também ocupa a oitava posição com relação a densidade demográfica, com 19.000 habitantes/km²; para finalizar, possui a menor taxa de urbanização entre todas as regiões hidrográficas, com 57%.

3.3 O consumo de água no Brasil

A irrigação é o principal setor do uso consuntivo de água no Brasil, com mais da metade da água consumida (1.027m³/s, o que corresponde a 50,4%), conforme último dado atualizado em setembro de 2024 em referência ao ano de 2022, pela

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA. Em seguida está o abastecimento humano urbano com 487m³/s, que representa 23,9%; indústria, com 191m³/s que simboliza 9,4%; animal, com 165m³/s que indica 8,1%; termelétricas, com 101m³/s encenado por 5,0%; abastecimento humano rural com 33m³/s que reproduz 1,6% e por último a mineração com 32m³/s indicado por 1,6%. Estes dados percentuais podem ser observados a seguir no gráfico da Figura 15.

Figura 15 - Uso consuntivo da água no Brasil, em 2022



Fonte: ANA (2024, com adaptações).

O crescimento do consumo de 2000 para a projeção de 2040 referente a irrigação, em termos absolutos, é muito maior que os demais setores, conforme pode ser observado na Figura 16 e de forma mais visível na Figura 17, demonstrado pelo formato da curva.

Ainda em termos absolutos, o consumo humano urbano está na sequência do crescimento, seguido pela indústria, termelétrica, consumo animal e mineração. O abastecimento rural apresenta uma queda na previsão para este período.

Se levar em consideração os impactos de mudanças climáticas na irrigação (último gráfico exposto na Figura 16), o crescimento do consumo de água para a irrigação passa a ser de 179,8% no período de 2000 para a projeção de 2040 nesta condição. Sem considerar estes impactos (penúltimo gráfico exposto na Figura 16), o

crescimento do consumo de água projetado é de 142,9% para a irrigação no período de 2000 para 2040.

Figura 16 - Evolução dos Usos setoriais da água no Brasil (m³/s), no ano de 2000, 2010 e 2020 com projeções para 2030 e 2040

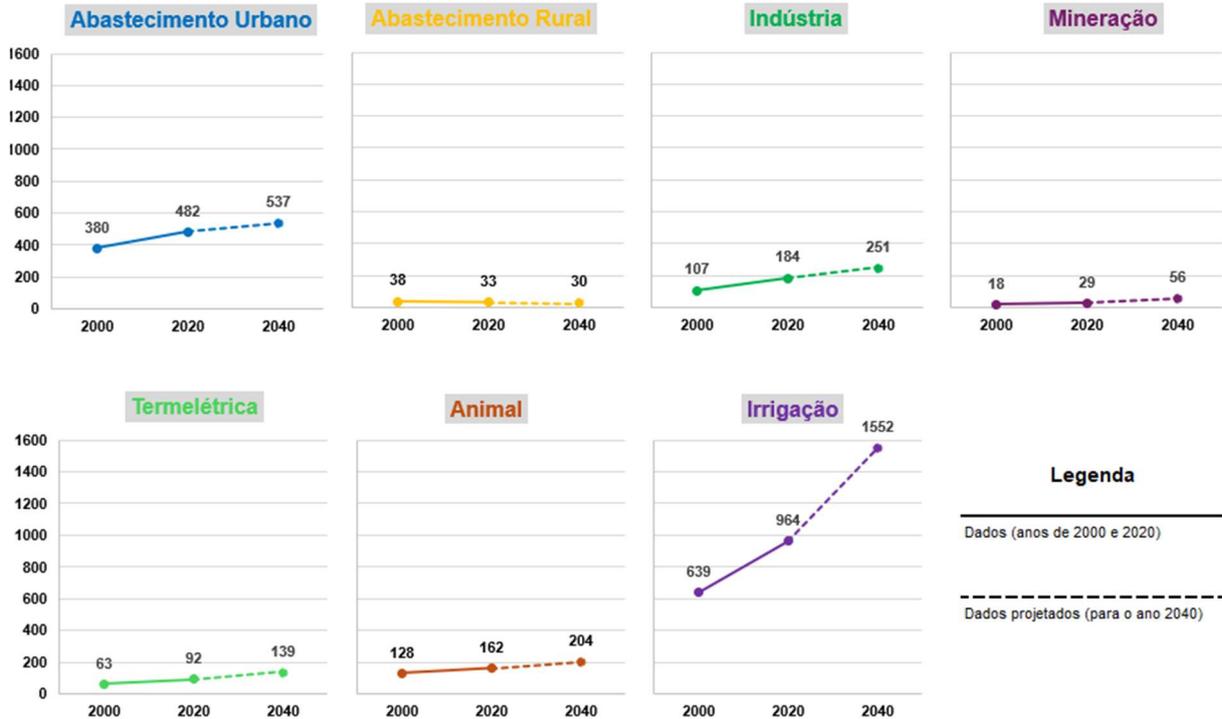


Fonte: ANA (2022, com adaptações).

A Figura 17 apresenta os dados obtidos para os anos de 2000 e 2020, além da projeção realizada para o ano de 2040, referente ao uso setorial de água no Brasil, constante no Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2022). Para os dados absolutos e através da inclinação das retas, observa-se que a irrigação está projetada para um grande crescimento, de 639m³/s em 2000 para 1.552m³/s projetados para 2040.

Ainda com base em dados absolutos e na inclinação das retas, destaca-se a indústria e as termelétricas, de 107m³/s em 2000 para 251m³/s em 2040 e 63m³/s em 2000 para 139m³/s em 2040, respectivamente. Com base na inclinação da reta, cita-se ainda a mineração, com 18m³/s em 2000 para 56m³/s em 2040, mas não tão significativo na escala absoluta em relação aos outros três citados acima. Salienta-se que está projetado uma queda para o abastecimento humano rural neste período.

Figura 17 - Evolução dos Usos setoriais da água no Brasil (m³/s), no ano de 2000 e 2020, com projeções para 2040



Fonte: ANA (2022, com adaptações).

Em termos percentuais no período de 2000 para a projeção em 2040, observados na Tabela 3, a mineração apresenta o maior crescimento percentual, com 211,1%, seguido da irrigação, com 142,9%. A indústria apresenta o 3º maior crescimento, com 134,6%, seguida pelas termelétricas com 120,6%, abastecimento animal com 59,4% e abastecimento humano urbano com 41,3%. O abastecimento humano rural apresenta uma previsão de queda de 21,1%.

Tabela 3 - Evolução percentual dos Usos setoriais da água no Brasil (m³/s), no ano de 2000 em relação as projeções para 2040

Ano	Abastecimento Urbano		Abastecimento Rural		Indústria		Mineração	
	m ³ /s	Índice	m ³ /s	Índice	m ³ /s	Índice	m ³ /s	Índice
2000	380	100,0	38	100,0	107	100,0	18	100,0
2020	482	126,8	33	86,8	184	172,0	29	161,1
2040	537	141,3	30	78,9	251	234,6	56	311,1

Ano	Termelétrica		Animal		Irrigação	
	m ³ /s	Índice	m ³ /s	Índice	m ³ /s	Índice
2000	63	100,0	128	100,0	639	100,0
2020	92	146,0	162	126,6	964	150,9
2040	139	220,6	204	159,4	1552	242,9

* Período Base: 2000

Fonte: Autor (2024).

Em termos percentuais no período de 2020 para a projeção em 2040, observados na Tabela 4, a mineração apresenta o maior crescimento percentual, com 93,1%, seguido da irrigação, com 61,0%. As termelétricas apresentam o 3º maior crescimento, com 51,1%, seguida da indústria com 36,4%, abastecimento animal com 25,9% e abastecimento humano urbano com 11,4%. O abastecimento humano rural apresenta uma previsão de queda de 9,1%.

Tabela 4 - Evolução percentual dos Usos setoriais da água no Brasil (m³/s), no ano de 2020 em relação as projeções para 2040

Ano	Abastecimento Urbano		Abastecimento Rural		Indústria		Mineração	
	m³/s	Índice	m³/s	Índice	m³/s	Índice	m³/s	Índice
2020	482	100,0	33	100,0	184	100,0	29	100,0
2040	537	111,4	30	90,9	251	136,4	56	193,1

Ano	Termelétrica		Animal		Irrigação	
	m³/s	Índice	m³/s	Índice	m³/s	Índice
2020	92	100,0	162	100,0	964	100,0
2040	139	151,1	204	125,9	1552	161,0

* Período Base: 2020

Fonte: Autor (2024).

Com base nas projeções para o ano de 2040, a irrigação exercerá um domínio ainda maior em relação ao uso consuntivo de água no Brasil, com 56,0%, conforme observado na Tabela 5.

Tabela 5 - Estimativa do uso consuntivo no Brasil para o ano de 2040

Uso da água	Consumo Projetado para 2040	
	m³/s	%
Abastecimento Urbano	537	19,4%
Abastecimento Rural	30	1,1%
Indústria	251	9,1%
Mineração	56	2,0%
Termelétrica	139	5,0%
Animal	204	7,4%
Irrigação	1552	56,0%
TOTAL	2769	100,0%

Fonte: Autor (2024)

3.4 Bacias Hidrográficas para programas de gestão de recursos hídricos

As Bacias Hidrográficas são unidades básicas para o desenvolvimento de programas de gestão de recursos hídricos. O gerenciamento da água implica em envolver um conjunto de atividades, das quais está o fomento de políticas públicas com a inclusão do usuário na participação da gestão hídrica (Bernardi *et al.*, 2013).

As bacias hidrográficas são unidades de gestão de elementos naturais e sociais, devido o aspecto integrador. Para o planejamento ocorrer de forma integrada é fundamental considerar as relações da sociedade e as atividades exercidas no meio (Bernardi *et al.*, 2013).

Para complementar as informações hidrológicas das bacias hidrográficas, é necessário o uso de programas de monitoramento, além de identificar o funcionamento de processos químicos, físicos e biológicos no ciclo hidrológico.

A quantidade de água dentro de uma bacia hidrográfica é diretamente proporcional às entradas de água, proveniente principalmente da precipitação fluvial. E inversamente proporcional às saídas de água, proveniente principalmente da evaporação, infiltração profunda e vazão da rede de drenagem.

De forma direta, o balanço hídrico é a diferença entre as taxas de entrada e as taxas de saída, o que indica a taxa de variação – disponibilidade de água. Desta maneira, é de fundamental importância o monitoramento da quantidade de água, o que possibilita determinar a quantidade de água disponível para abastecimento, com a verificação contínua do aumento ou redução do volume de água, para cada época do ano.

No sentido exposto até o momento, é importante buscar alcançar as metas estabelecidas nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), definido pela Organização das Nações Unidas – ONU, detalhado no contexto das metas, que estejam relacionadas às Bacias Hidrográficas. O documento, de forma geral e ampla, apresenta 17 objetivos com 169 metas.

A seguir a abordagem é para apresentar estes ODS e direcionar elementos indicados nas metas que possuam alguma relação com a água, no que tange as Bacias Hidrográficas.

3.5 Os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS)

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) representam um plano de ação global para eliminar a pobreza extrema e a fome, oferecer educação de qualidade ao longo da vida para todos, proteger o planeta e promover sociedades pacíficas e inclusivas até 2030.

Os ODS alcançam 17 objetivos e 169 metas. Os 17 ODS estão destacados na Figura 18 abaixo, com descrição de cada ODS na sequência.

Figura 18 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)



Fonte: ONU (2015).

- ODS 1 – Erradicação da pobreza: acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares.
- ODS 2 – Fome zero e agricultura sustentável: acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável.
- ODS 3 – Saúde e bem-estar: assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades.
- ODS 4 – Educação de qualidade: assegurar a educação inclusiva, equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos.
- ODS 5 – Igualdade de gênero: alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas.

- ODS 6 – Água potável e saneamento: garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos.
- ODS 7 – Energia limpa e acessível: garantir acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos.
- ODS 8 – Trabalho decente e crescimento econômico: promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para todos.
- ODS 9 – Indústria, inovação e infraestrutura: construir infraestrutura resiliente, promover a industrialização inclusiva e sustentável, e fomentar a inovação.
- ODS 10 – Redução das desigualdades: reduzir as desigualdades dentro dos países e entre eles.
- ODS 11 – Cidades e comunidades sustentáveis: tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.
- ODS 12 – Consumo e produção responsáveis: assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.
- ODS 13 – Ação contra a mudança global do clima: tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos.
- ODS 14 – Vida na água: conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável.
- ODS 15 – Vida terrestre: proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da Terra e deter a perda da biodiversidade.
- ODS 16 – Paz, justiça e instituições eficazes: promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis.
- ODS 17 – Parcerias e meios de implementação: fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.

A Tabela 6 apresenta o quantitativo numérico das metas de forma específica para cada objetivo de desenvolvimento sustentável. Os 17 (dezessete) objetivos

apresentam 169 (cento e sessenta e nove) metas, organizados em dimensões sociais, ambientais, econômicas e institucionais.

Os ODS estão distribuídos em quatro dimensões. A Dimensão Social envolve o ODS 1, ODS 2, ODS 3, ODS 4, ODS 5, ODS 7, ODS 11 e ODS 16; a Dimensão Econômica abrange o ODS 8, ODS 9, ODS 10 e ODS 12; a Dimensão Ambiental circunda o ODS 6, ODS 13, ODS 14 e ODS 15; a Dimensão Institucional cobre o ODS 17 (Montenegro, 2023).

Tabela 6 – Número de metas por Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	Número de Metas	Dimensões
ODS 1: Erradicação da Pobreza	7	Social
ODS 2: Fome Zero e Agricultura Sustentável	8	Social
ODS 3: Saúde e Bem-Estar	13	Social
ODS 4: Educação de Qualidade	10	Social
ODS 5: Igualdade de Gênero	9	Social
ODS 6: Água Potável e Saneamento	8	Ambiental
ODS 7: Energia Acessível e Limpa	5	Social
ODS 8: Trabalho Decente e Crescimento Econômico	12	Econômica
ODS 9: Indústria, Inovação e Infraestrutura	8	Econômica
ODS 10: Redução da Desigualdades	10	Econômica
ODS 11: Cidades e Comunidades Sustentáveis	10	Social
ODS 12: Consumo e Produção Responsáveis	11	Econômica
ODS 13: Ação contra a Mudança Global do Clima	5	Ambiental
ODS 14: Vida na Água	10	Ambiental
ODS 15: Vida Terrestre	12	Ambiental
ODS 16: Paz, Justiça e Instituições Eficazes	12	Social
ODS 17: Parcerias e Meios de Implementação	19	Institucional
TOTAL	169	-

Fonte: Autor (2024).

As Bacias Hidrográficas possuem relação com diversas metas dentro dos objetivos de desenvolvimento sustentável. A relação não é completa com um determinado ODS, mas existem metas específicas, dentro dos ODS, que podem ser atribuídas relações parciais ou integrais importantes com a água, no qual se enquadra o contexto das Bacias Hidrográficas.

A relação mais forte é com o ODS 6, conforme pode ser visto a seguir. Mas também existem relações com o ODS 1, ODS 2, ODS 3, ODS 7, ODS 8, ODS 11, ODS 12, ODS 13 e ODS 15, todos abordados na sequência. Vasco *et al.* (2022) afirma que as Bacias Hidrográficas se relacionam com o ODS 1, 2, 3, 6, 7, 8, 11, 12, 13 e 15.

3.5.1 Relação do ODS 6 com as Bacias Hidrográficas

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6, relacionado à Água Potável e Saneamento, apresenta ligação com as Bacias Hidrográficas, dada as inúmeras funções e atribuições de uso das águas de uma Bacia Hidrográfica, a qual demonstra assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e saneamento.

Bronzatto *et al.* (2018), aponta que as bacias hidrográficas estão conectadas com o ODS 6, com a necessidade de ter melhor articulação entre os planos municipais de saneamento e os de bacias hidrográficas. O baixo envolvimento dos municípios na gestão de recursos hídricos é um problema a ser equacionado, visto que a base legal que constitui a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH (Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997) define domínio das águas, federal e estadual, e as bacias hidrográficas como o território para gestão de recursos hídricos, em que os municípios são os responsáveis legais pelo planejamento e fiscalização do uso e ocupação do solo, os quais impactam a qualidade da água. Os municípios possuem a titularidade dos serviços de saneamento, sendo que a qualidade das águas é afetada pelo lançamento de carga orgânica sem tratamento adequado em boa parte do território nacional (Brasil, 1997).

Firmiano (2022a) afirma que para alcançar o ODS 6 são necessárias políticas públicas direcionadas para assegurar disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos. Este direcionamento passa por melhoria da qualidade da água, com redução da poluição.

O objetivo sobre água potável e saneamento (ODS 6) é um assunto importante e fundamental acerca do desenvolvimento, conforme metas que possuem relação com as bacias hidrográficas, apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 - Metas do ODS 6 relacionadas com Bacias Hidrográficas

Itens	Metas
6.1	Alcançar o acesso universal e equitativo à água para consumo humano, segura e acessível para todos
6.2	Alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos, e acabar com a defecação a céu aberto, com especial atenção para

	as necessidades das mulheres e meninas e daqueles em situação de vulnerabilidade
6.3	Melhorar a qualidade da água nos corpos hídricos, reduzindo a poluição, eliminando despejos e minimizando o lançamento de materiais e substâncias perigosas, reduzindo pela metade a proporção do lançamento de efluentes não tratados e aumentando substancialmente o reciclo e reuso seguro localmente
6.4	Aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores, assegurando retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez
6.5	Implementar a gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis de governo, inclusive via cooperação transfronteiriça
6.6	Proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos, reduzindo os impactos da ação humana
6.a	Ampliar a cooperação internacional e o apoio ao desenvolvimento de capacidades para os países em desenvolvimento em atividades e programas relacionados à água e ao saneamento, incluindo, entre outros, a gestão de recursos hídricos, a coleta de água, a dessalinização, a eficiência no uso da água, o tratamento de efluentes, a reciclagem e as tecnologias de reuso
6.b	Apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, priorizando o controle social para melhorar a gestão da água e do saneamento

Fonte: ONU (2015, com adaptações).

3.5.2 Relação do ODS 1 com as Bacias Hidrográficas

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 1, relacionado à Erradicação da Pobreza, apresenta ligação com as Bacias Hidrográficas, dada as inúmeras funções e atribuições de uso das águas de uma Bacia Hidrográfica, a qual busca acabar com a pobreza de todas as formas e em todos os lugares.

Firmiano e Lócio (2022a) destacam que a erradicação da pobreza tem ênfase no desenvolvimento da agricultura, pesca e aquicultura familiar, aplicados com participação, inclusão e justiça social de forma sustentável. O apoio ao cooperativismo e ao crédito rural são fundamentais neste processo.

A pesca artesanal exerce papel importante no sustento, economia e segurança alimentar de famílias em diversas comunidades de pescadores do mundo todo (Biassi *et al.*, 2017; *apud* Diegues *et al.*, 2000; Silvano e Begossi, 2001; Cinner, Daw e

Mcclanahan, 2009; Begossi, Salivonchik e Silvano, 2014), o que direciona para a erradicação da pobreza tendo as Bacias Hidrográficas como alicerce.

O objetivo sobre erradicação da pobreza (ODS 1), com suas metas, apresenta relação de proximidade com as Bacias Hidrográficas no que destaca a agricultura e pesca como como alicerces para alcance das metas, conforme descritas a seguir no Quadro 4.

Quadro 4 - Metas do ODS 1 relacionadas com Bacias Hidrográficas

Itens	Metas
1.2	Reduzir pelo menos à metade a proporção de homens, mulheres e crianças, de todas as idades, que vivem na pobreza, em todas as suas dimensões, de acordo com as definições nacionais
1.5	Construir a resiliência dos pobres e daqueles em situação de vulnerabilidade, e reduzir a exposição e vulnerabilidade destes a eventos extremos relacionados com o clima e outros choques e desastres econômicos, sociais e ambientais

Fonte: ONU (2015, com adaptações).

3.5.3 Relação do ODS 2 com as Bacias Hidrográficas

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 2, relacionado à Fome Zero e Agricultura Sustentável, possui relação com as Bacias Hidrográficas, visto as inúmeras funções e atribuições de uso das águas de uma Bacia Hidrográfica, que evidencia acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável.

Existe uma relação direta da escassez hídrica relacionada com a segurança alimentar, visto que a falta de água pode comprometer consideravelmente a produção de alimentos (Pena, 2024).

Silva (2012) afirma que é crucial a importância dos recursos hídricos para a segurança alimentar, agricultura, desenvolvimento sustentável em que insere a erradicação da pobreza e da fome.

Firmiano e Lócio (2022b) afirmam que para atingir o ODS 2 são necessárias políticas públicas que garantam alimentação de qualidade para a população, incentive e financie agricultura orgânica, promovam a aquisição de produtos dos pequenos

produtores/associações e hortas comunitárias, além de instituir a agricultura familiar para escolas e hospitais.

O objetivo sobre fome zero e agricultura sustentável (ODS 2), com suas metas, apresenta relação de proximidade com as Bacias Hidrográficas no que tange o fornecimento de água para produção de alimentos, conforme metas descritas a seguir no Quadro 5.

Quadro 5 - Metas do ODS 2 relacionadas com Bacias Hidrográficas

Itens	Metas
2.3	Dobrar a produtividade agrícola e a renda dos pequenos produtores de alimentos, particularmente das mulheres, povos indígenas, agricultores familiares, pastores e pescadores, inclusive por meio de acesso seguro e igual à terra, outros recursos produtivos e insumos, conhecimento, serviços financeiros, mercados e oportunidades de agregação de valor e de emprego não-agrícola
2.4	Garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas robustas, que aumentem a produtividade e a produção, que ajudem a manter os ecossistemas, que fortaleçam a capacidade de adaptação às mudanças do clima, às condições meteorológicas extremas, secas, inundações e outros desastres, e que melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo
2.a	Aumentar o investimento, inclusive por meio do reforço da cooperação internacional, em infraestrutura rural, pesquisa e extensão de serviços agrícolas, desenvolvimento de tecnologia, e os bancos de genes de plantas e animais, de maneira a aumentar a capacidade de produção agrícola nos países em desenvolvimento, em particular nos países de menor desenvolvimento relativo

Fonte: ONU (2015, com adaptações).

3.5.4 Relação do ODS 3 com as Bacias Hidrográficas

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 3, relacionado à Saúde e Bem-estar, apresenta ligação com as Bacias Hidrográficas, dada a importância de não poluição das águas de uma Bacia Hidrográfica, a qual busca assegurar vida saudável e promover o bem-estar para todos e em todas as idades.

Firmiano e Lócio (2022c) apresentam a importância da educação para reduzir a geração e disposição inadequada de resíduos sólidos no meio ambiente, o que afeta a qualidade da água e ocasiona a ocorrência de doenças na população.

O objetivo sobre saúde e bem-estar (ODS 3), com suas metas, apresenta relação de proximidade com as Bacias Hidrográficas no que tange os cuidados e ações necessárias para não poluição da água, conforme metas descritas a seguir no Quadro 6.

Quadro 6 - Metas do ODS 3 relacionadas com Bacias Hidrográficas

Itens	Metas
3.9	Reduzir substancialmente o número de mortes e doenças por produtos químicos perigosos e por contaminação e poluição do ar, da água e do solo

Fonte: ONU (2015, com adaptações).

3.5.5 Relação do ODS 7 com as Bacias Hidrográficas

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7, relacionado à Energia Acessível e Limpa, apresenta ligação com as Bacias Hidrográficas, em função da relação da geração de energia com as águas de uma Bacia Hidrográfica, a qual busca assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e com preço acessível para todos.

Firmiano (2022b) indica que são necessárias políticas públicas direcionadas para alcançar o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis, aumentando a participação de energias renováveis na matriz energética.

A energia proveniente da água dos rios é considerada uma energia renovável e limpa. Mas, naturalmente, deve-se ficar atento cada dia mais para os impactos ambientais e sociais que podem ser causados a partir da construção de uma hidroelétrica.

O objetivo sobre energia acessível e limpa (ODS 7), com suas metas, apresenta relação de proximidade com as Bacias Hidrográficas, conforme metas descritas a seguir no Quadro 7.

Quadro 7 - Metas do ODS 7 relacionadas com Bacias Hidrográficas

Itens	Metas
7.1	Assegurar o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis a serviços de energia
7.2	Aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global

7.3	Dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética
7.4	Reforçar a cooperação internacional para facilitar o acesso à pesquisa e tecnologias de energia limpa, incluindo energias renováveis, eficiência energética e tecnologias de combustíveis fósseis avançadas e mais limpas, e promover o investimento em infraestrutura de energia e em tecnologias de energia limpa

Fonte: ONU (2015, com adaptações).

3.5.6 Relação do ODS 8 com as Bacias Hidrográficas

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 8, relacionado ao Trabalho Decente e Crescimento Econômico, apresenta relação com as Bacias Hidrográficas, a partir da importância de uma Bacia Hidrográfica para o aumento de produtividade, cujo foco é promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, o emprego pleno e produtivo e o trabalho decente para todos.

O objetivo sobre o trabalho decente e crescimento econômico (ODS 8), com suas metas, apresenta relação de proximidade com as Bacias Hidrográficas no que tange a fiscalização de recursos hídricos (Vasco *et al.*, 2022). que relacionam a importância da água para o desenvolvimento sustentável.

Mendonça e Schmidt (2018) abordam que os avanços científicos, tecnológicos, agropecuários e industriais acarretam comodidades, mas causam impactos ao ambiente. Neste sentido estão a degradação das bacias hidrográficas, além da contaminação do solo e água. A agropecuária relaciona-se com o ODS 8 no quesito de promoção do crescimento econômico sustentado.

Firmiano (2022c) afirma que é fundamental que as políticas públicas proporcionem o crescimento econômico inclusivo e sustentável, com emprego pleno e produtivo, além de trabalho decente para todos.

O ODS 8 visa assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água para a população, através do monitoramento da qualidade da água nas bacias hidrográficas (Firmiano, 2022c).

Estas abordagens estão indicadas através das metas apresentadas no Quadro 8 abaixo.

Quadro 8 – Metas do ODS 8 relacionadas com Bacias Hidrográficas

Itens	Metas
8.2	Atingir níveis mais elevados de produtividade das economias, por meio da diversificação, modernização tecnológica e inovação, inclusive por meio de um foco em setores de alto valor agregado e intensivos em mão-de-obra
8.3	Promover políticas orientadas para o desenvolvimento, que apoiem as atividades produtivas, geração de emprego decente, empreendedorismo, criatividade e inovação, e incentivar a formalização e o crescimento das micro, pequenas e médias empresas, inclusive por meio do acesso a serviços financeiros
8.4	Melhorar progressivamente a eficiência dos recursos globais no consumo e na produção, e empenhar-se para dissociar o crescimento econômico da degradação ambiental, de acordo com o “Plano Decenal de Programas Sobre Produção e Consumo Sustentáveis”, com os países desenvolvidos assumindo a liderança

Fonte: ONU (2015, com adaptações).

3.5.7 Relação do ODS 11 com as Bacias Hidrográficas

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11, relacionado à Cidades e Comunidades Sustentáveis, apresenta relação com as Bacias Hidrográficas, a partir da importância de relações ambientais com uma Bacia Hidrográfica no combate à catástrofes, cujo direcionamento é tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.

A relação entre a água e a cidade possui importante função socioeconômica para o desenvolvimento de centros urbanos. A água não pode ser tratada somente como recurso natural, mas como insumo e infraestrutura para diversas atividades, de forma que possa ser caracterizada como recurso socioeconômico fundamental (Borelli, 2006).

Martins (2022a) afirma que as políticas públicas devem garantir o aumento substancial do número de cidades e assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis, além da eficiência dos recursos, mitigação e adaptação às mudanças climáticas, além de desenvolver e colocar em prática o gerenciamento holístico do risco de desastre em todos os níveis.

O objetivo sobre cidades e comunidades sustentáveis (ODS 11), com suas metas, apresenta relação de proximidade com as Bacias Hidrográficas no que tange as ações descritas acima.

As metas que possuem relação com as bacias hidrográficas estão dispostas no Quadro 9.

Quadro 9 - Metas do ODS 11 relacionadas com Bacias Hidrográficas

Itens	Metas
11.5	Reduzir significativamente o número de mortes e o número de pessoas afetadas por catástrofes e diminuir substancialmente as perdas econômicas diretas causadas por elas em relação ao produto interno bruto global, incluindo os desastres relacionados à água, com o foco em proteger os pobres e as pessoas em situação de vulnerabilidade
11.a	Apoiar relações econômicas, sociais e ambientais positivas entre áreas urbanas, periurbanas e rurais, reforçando o planejamento nacional e regional de desenvolvimento

Fonte: ONU (2015, com adaptações).

3.5.8 Relação do ODS 12 com as Bacias Hidrográficas

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 12, relacionado ao Consumo e Produção Responsáveis, apresenta relação com as Bacias Hidrográficas, a partir da necessidade de gestão sustentável de uma Bacia Hidrográfica para o uso eficiente, cujo primórdio é assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.

O objetivo sobre consumo e produção responsáveis (ODS 12), com suas metas, apresenta relação de proximidade com as Bacias Hidrográficas no que tange o fornecimento de água.

Martins (2022b) indica que as políticas públicas devem assegurar produção e consumo sustentáveis, planos para alcançar a gestão sustentável e o uso eficiente de recursos naturais.

O ODS 12 visa garantir o uso eficiente dos recursos naturais, o que implica na importância de ofertar cursos de capacitação em educação ambiental para a qualidade da água, realização da coleta seletiva, além do contínuo monitoramento da qualidade da água nas bacias hidrográficas (Martins, 2022b).

Estas abordagens realizadas de relação com as bacias hidrográficas estão indicadas no Quadro 10 abaixo.

Quadro 10 - Metas do ODS 12 relacionadas com Bacias Hidrográficas

Itens	Metas
12.1	Implementar o Plano Decenal de Programas Sobre Produção e Consumo Sustentáveis, com todos os países tomando medidas, e os países desenvolvidos assumindo a liderança, tendo em conta o desenvolvimento e as capacidades dos países em desenvolvimento
12.2	Alcançar gestão sustentável e uso eficiente dos recursos naturais
12.4	Alcançar o manejo ambientalmente adequado dos produtos químicos e de todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes, de acordo com os marcos internacionalmente acordados, e reduzir significativamente a liberação destes para o ar, água e solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente
12.8	Garantir que as pessoas, em todos os lugares, tenham informação relevante e conscientização sobre o desenvolvimento sustentável e estilos de vida em harmonia com a natureza

Fonte: ONU (2015, com adaptações).

3.5.9 Relação do ODS 13 com as Bacias Hidrográficas

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 13, relacionado à Ação Contra a Mudança Global do Clima, apresenta relação com as Bacias Hidrográficas, a partir da necessidade de integração das mudanças climáticas dentro do planejamento de uma Bacia Hidrográfica para o uso eficiente, cujo alvo é tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos.

Martins (2022c) sugere que as políticas públicas direcionam para capacidade de adaptação a riscos relacionados ao clima e catástrofes naturais, além da importância de melhorar a educação, para a conscientização de alerta precoce da mudança do clima.

A ODS 13 direciona para a necessidade de reflorestamento em áreas de bacias hidrográficas, monitoramento de área degradada em processo de desertificação, com conseqüente estudo e recuperação destas áreas, além da capacitação relacionada à educação ambiental (Martins, 2022c).

O objetivo sobre ação contra a mudança global do clima (ODS 13), com suas metas, apresenta relação de proximidade com as Bacias Hidrográficas no que tange as ações que impactam nas águas das Bacias Hidrográficas, conforme metas descritas a seguir no Quadro 11.

Quadro 11 - Metas do ODS 13 relacionadas com Bacias Hidrográficas

Itens	Metas
13.2	Integrar medidas da mudança do clima nas políticas, estratégias e planejamentos nacionais
13.3	Melhorar a educação, aumentar a conscientização e a capacidade humana e institucional sobre mitigação global do clima, adaptação, redução de impacto, e alerta precoce à mudança do clima

Fonte: ONU (2015, com adaptações).

3.5.10 Relação do ODS 15 com as Bacias Hidrográficas

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 15, relacionado a Vida Terrestre, apresenta relação com as Bacias Hidrográficas, a partir da necessidade de gestão sustentável de uma Bacia Hidrográfica para o uso eficiente, cujo princípio é proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda da biodiversidade.

O objetivo sobre a vida terrestre (ODS 15), com suas metas, apresenta relação de proximidade com as Bacias Hidrográficas no que tange a conservação e uso sustentável de ecossistemas, conforme metas descritas a seguir no Quadro 12.

Martins (2022d) explana que as políticas públicas precisam promover o combate ao desmatamento, proteção, conservação, recuperação e uso sustentável de ecossistemas terrestres, além do combate da caça ilegal e do tráfico de espécies da flora e fauna protegidas e ameaçadas de extinção.

A ODS 15 trata da necessidade de reflorestamento em áreas de bacias hidrográficas, monitoramento da qualidade da água, mapeamento de áreas utilizadas para irrigação situadas nas bacias hidrográficas, elaboração de séries hidrológicas, monitoramento de área degradada em processo de desertificação, com consequente estudo e recuperação destas áreas, afirma (Martins, 2022d).

Quadro 12 - Metas do ODS 15 relacionadas com Bacias Hidrográficas

Itens	Metas
15.1	Assegurar a conservação, recuperação e uso sustentável de ecossistemas terrestres e de água doce interiores e seus serviços, em especial, florestas, zonas úmidas, montanhas e terras áridas, em conformidade com as obrigações decorrentes dos acordos internacionais
15.2	Promover a implementação da gestão sustentável de todos os tipos de florestas, deter o desmatamento, restaurar florestas degradadas e aumentar substancialmente o florestamento e o reflorestamento globalmente
15.3	Combater a desertificação, e restaurar a terra e o solo degradado, incluindo terrenos afetados pela desertificação, secas e inundações, e lutar para alcançar um mundo neutro em termos de degradação do solo

Fonte: ONU (2015, com adaptações).

3.6 Conclusões (do Artigo)

A abordagem realizada neste trabalho direciona a exposição de grande relevância para a importância da recuperação ou conservação das Bacias Hidrográficas.

Do total de 169 metas, 31 metas possuem alguma relação com as Bacias Hidrográficas, o que representa 18,3% de metas. Dos 17 objetivos de desenvolvimento sustentável, 10 deles possuem metas associadas com as Bacias Hidrográficas, o que representa 58,9% dos ODS. Estes números absolutos podem ser observados na Tabela 7 a seguir. Destes 10 ODS, 5 deles estão relacionados com Dimensões Sociais, 3 com Dimensões Ambientais e 2 com Dimensões Econômicas.

Tabela 7 - Número de metas por Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) relacionadas com as Bacias Hidrográficas

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	Número de Metas	Dimensões
ODS 1: Erradicação da Pobreza	1	Social
ODS 2: Fome Zero e Agricultura Sustentável	3	Social
ODS 3: Saúde e Bem-Estar	1	Social
ODS 6: Água Potável e Saneamento	8	Ambiental
ODS 7: Energia Acessível e Limpa	4	Social
ODS 8: Trabalho Decente e Crescimento Econômico	3	Econômica
ODS 11: Cidades e Comunidades Sustentáveis	2	Social
ODS 12: Consumo e Produção Responsáveis	4	Econômica
ODS 13: Ação contra a Mudança Global do Clima	2	Ambiental
ODS 15: Vida Terrestre	3	Ambiental
TOTAL	31	-

Fonte: Autor (2024).

3.7 Referências (do Artigo)

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2021**. Brasília, Distrito Federal, 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2022**. Brasília, Distrito Federal, 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2023**. Brasília, Distrito Federal, 2024.

BEGOSSI, A.; SALIVONCHYK, S. V.; SILVANO, R. A. M. A segurança alimentar de comunidades pesqueiras do Sudeste do Brasil: dimensões complementares e um exemplo com o robalo. **Segurança Alimentar e Nutricional**, 21/1, p. 404-416, 2014.

BERNARDI, E. C. S.; PANZIERA, A. G.; BURIOL, G. A.; SWAROWSKY, A. Bacia Hidrográfica como unidade de gestão ambiental. **Ciências Naturais e Tecnológicas**, v. 13, n. 2, p. 159-168, 2013.

BIASSI, B. A.; BEHR, E. R.; DELLAZZANA, D. A.; AROCHA, N. M. ANÁLISE ETNOICHTIOLÓGICA DA PESCA ARTESANAL NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS URUGUAI E JACUÍ, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL. **B. Inst. Pesca**, São Paulo, 43(3), p. 358-372, 2017. Disponível em Doi: 10.20950/1678-2305.2017v43n3p358. Acesso em: 16 ago. 2024.

BORELLI, E. Bacias Hidrográficas e Desenvolvimento Sustentável na Região Metropolitana de São Paulo. **Estudos de Sociologia**, UFPE. v. 12, n. 2, p. 159-170, 2006.

BRASIL, 1997. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em 14 set. 2024.

BRONZATTO, L. A.; SOARES, D. N.; DOS SANTOS, G. R.; KUWAJIMA, J. I.; CUCIO, M. S. O Objetivo do Desenvolvimento Sustentável 6 – Água e Saneamento – Desafios da Gestão e a busca de convergências. **IPEA, Boletim Regional Urbano e Ambiental**, v. 18, p. 119-128, 2018.

CINNER, J.E.; DAW, T.; MCCLANAHAN, T.R. Socioeconomic Factors that Affect Artisanal Fishers' Readiness to Exit a Declining Fishery. **Conservation Biology, Society for Conservation Biology**, n. 23, v. 1, p. 124–130, 2009.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CNRH). Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 32**, de 15 de outubro de 2003. Disponível em: <https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2032.pdf>. Acesso em: 14 out. 2023.

DIEGUES, A. C. S.; ARRUDA, R. S. V.; SILVA, V. C. F.; FIGOLS, F. A.; ANDRADE, D. **Os saberes tradicionais e a biodiversidade no Brasil**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2000. 48p.

FIRMIANO, M. R. **Relatório ODS. Os objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as Ações do Governo do Ceará: ODS 6: água potável e saneamento**. Fortaleza (CE), IPECE, n. 6, 2022a.

FIRMIANO, M. R. **Relatório ODS. Os objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as Ações do Governo do Ceará: ODS 7: energia limpa e acessível**. Fortaleza (CE), IPECE, n. 7, 2022b.

FIRMIANO, M. R. **Relatório ODS. Os objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as Ações do Governo do Ceará: ODS 8: trabalho decente e crescimento econômico**. Fortaleza (CE), IPECE, n. 8, 2022c.

FIRMIANO, M. R.; LÓCIO, A. B. **Relatório ODS. Os objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as Ações do Governo do Ceará: ODS 1: erradicação da pobreza**. Fortaleza (CE), IPECE, n. 1, 2022a.

FIRMIANO, M. R.; LÓCIO, A. B. **Relatório ODS. Os objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as Ações do Governo do Ceará: ODS 2: fome zero e agricultura sustentável**. Fortaleza (CE), IPECE, n. 2, 2022b.

FIRMIANO, M. R.; LÓCIO, A. B. **Relatório ODS. Os objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as Ações do Governo do Ceará: ODS 3: saúde e bem-estar**. Fortaleza (CE), IPECE, n. 3, 2022c.

LIMA, Â. J. R.; NERY, J. T. Revisitando o conceito de Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento e gestão e a governança das águas. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, 2017. Disponível em: DOI: 10.20396/sbgfa.vli2017.1846. Acesso em: 21 ago.2024.

MARTINS, F. M. V. **Relatório ODS. Os objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as Ações do Governo do Ceará: ODS 11: cidades e comunidades sustentáveis.** Fortaleza (CE), IPECE, n. 2, 2022a.

MARTINS, F. M. V. **Relatório ODS. Os objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as Ações do Governo do Ceará: ODS 12: consumo e produção responsáveis.** Fortaleza (CE), IPECE, n. 2, 2022b.

MARTINS, F. M. V. **Relatório ODS. Os objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as Ações do Governo do Ceará: ODS 13: ação contra a mudança global do clima.** Fortaleza (CE), IPECE, n. 2, 2022c.

MARTINS, F. M. V. **Relatório ODS. Os objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as Ações do Governo do Ceará: ODS 15: vida terrestre.** Fortaleza (CE), IPECE, n. 2, 2022d.

MENDONÇA, G. H. **Bacia Hidrográfica.** Publicação do Mundo Educação Uol – Brasil Escola. [2021]. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/bacia-hidrografica.htm#:~:text=As%20bacias%20hidrogr%C3%A1ficas%20s%C3%A3o%20%C3%A1reas,direcionadas%20pela%20topografia%20do%20terreno.> Acesso em 23 nov. 2023.

MENDONÇA, S. B. de; SCHMIDT, N. S. **O contexto do crescimento econômico sustentável.** EMBRAPA, 2018.

MMA. **GEO Brasil: Recursos Hídricos.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2007.

MONTENEGRO, J. F. B. **Relatório ODS. Os objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as Ações do Governo do Ceará – 2022.** Fortaleza, Ceará: IPECE, 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Como as Nações Unidas apoiam os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil.** 2015. Plataforma Agenda 2030. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em 02 dez. 2023.

PENA, R. F. **A Escassez hídrica e segurança alimentar.** Publicação do Mundo Educação Uol – Brasil Escola, [2024]. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/escassez-hidrica-seguranca-alimentar.htm#:~:text=H%C3%A1%20uma%20direta%20rela%C3%A7%C3%A3o%20entre,o%20seu%20acesso%20pela%20popula%C3%A7%C3%A3o.&text=Existe%20uma%20rela%C3%A7%C3%A3o%20nem%20sempre,e%20a%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20alimentos.> Acesso em 12 set. 2024.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de Bacias Hidrográficas. **Dossiê Água – Estudos Avançados** 22, n. 63, p. 43-60. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200004>. Acesso em 28 set. 2024.

SILVA, C. H. R. T. **Recursos Hídricos e Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Núcleo de Estudos e Pesquisas, Consultoria Legislativa. Senado Federal. Brasília-DF, 2012.

SILVANO, R.A.; BEGOSSI, A. Seasonal dynamics of fishery at the Piracicaba River (Brazil). **Fisheries Research**, 51(1): p. 69-86, 2001.

TEODORO, V. L. L.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O Conceito de Bacia Hidrográfica e a importância de caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, n. 20, p. 137-156, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236>. Acesso em 26 jul. 2024.

VASCO, G.; SILVA, F. S.; CARVALHO, V. S. de; DUTRA, M. T. D.; BARBOSA, I. M. B. R. Uma leitura do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco à luz dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 13, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i13.34354>. Acesso em 03 dez. 2023.

CAPÍTULO 2

4. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAETÉ

RESUMO

Os sistemas aquáticos são importantes para o desenvolvimento da vida, mas sofrem com ações humanas, com constante aumento de contaminação pela população. A deterioração está relacionada com impactos ambientais, que causam efeito no ciclo da água e no clima. Diante destas questões, as Bacias Hidrográficas possuem função determinante para o equilíbrio ambiental e harmonia do planeta. O trabalho objetiva, estabelecer e padronizar a coleta de água a partir de especificações de localização e profundidade na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, realizar medições de variáveis físico-químicas *in loco* e em laboratório, avaliar o comportamento das variáveis a partir de análises estatísticas. A Bacia Hidrográfica do Rio Caeté possui área de 2.141,96 km², 149 km de extensão do rio principal, drena parte de seis municípios na Mesorregião do Nordeste Paraense. A nascente do Rio Caeté encontra-se no município de Bonito, percorrendo os municípios de Ourém, Capanema, Tracuateua, Santa Luzia do Pará e Bragança. Os pontos de medição na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté no âmbito desta pesquisa estão distribuídos desde a nascente, no município de Bonito, até o município de Santa Luzia do Pará. São 11 (onze) pontos de medição, com 22 (vinte e duas) especificações de coleta de água, tendo como fatores a localização e profundidades. Para a coleta de água e medições, utiliza-se a Garrafa Van Dorn, Becker de 250mL, garrafas plásticas, Sonda Multiparâmetro, Turbidímetro e Colorímetro. As coletas e medições foram realizadas entre janeiro de 2023 e janeiro de 2024, em 22 (vinte e duas) datas, 14 (quatorze) variáveis físico-químicas. O estudo das variáveis evidenciou maiores variações nas coletas e medições realizadas com água da superfície quando comparadas com água na profundidade de 1,00m e de 1,50m. O estudo a partir do Biplot reforça resultados obtidos na análise de correlação, com identificação das maiores e menores relações positivas e negativas entre variáveis. A análise de agrupamentos apresentou formação de grupos semelhantes associados a especificações das medições com relação ao conjunto de variáveis medidas, situação em que a percepção obtida na coleta dos dados de água no estudo observacional corrobora os grupos formados.

Palavras-chave: Análise Multivariada; Sonda Multiparâmetro; Coleta de Água; Garrafa Van Dorn.

ABSTRACT

The water systems are important for the development of life but they suffer with human actions, with a constant increase in contamination among the population. The deterioration is related to the environmental impacts that affect the cycle of water and the climate. Because of these issues the hydrographic basins have an important role to the environmental balance and harmony of the planet. This paper objective to establish and standardize the water collection based on the specification, the location and depth in the hydrographic basin of Caeté River, carry out measurements of physical-chemical variables *in loco* and in the laboratory, to assess the behavior of variables based on statistical analyzes. The hydrographic basin of Caeté River has an area of 2,141.96 km², 149 km long from the main river, draining part of six towns in the Mesoregion of Northeast of the State of Pará. The source of Caeté River is in a town named Bonito, running through Ourém, Capanema, Tracuateua, Santa Luzia do Pará and Bragança. The measurement points of the hydrographic basin of Caeté River within the scope of this research are distributed from the source in the town of Bonito until Santa Luzia do Pará. There are 11 (eleven) points of measurement with 22 (twenty-two) water collection specifications with location and depth as factors. For the water collection and measurements a Van Dorn Bottle, 250mL Becker, plastic bottles, Multiparameter Probe, Turbidimeter and Colorimeter are used. The collections and measurements were made between January of 2023 and January of 2024, on 22 dates, fourteen physical-chemical variables. The study of the variables demonstrated greater variations in the collections and measurements carried out with surface water when compared with water at a depth of 1.00m and 1.50m. The study using Biplot reinforces the results obtained in the correlation analysis, with identification of the largest and smallest positive and negative relationships between variables. The cluster analysis presented the formation of similar groups associated with measurement specifications in relation to the set of variables measured, a situation in which the perception obtained in the collection of water data in the observational study corroborates the groups formed.

Keywords: Multivariate Analysis; Multiparameter Probe; Water Collection; Van Dorn Bottle.

4.1 Introdução (do Artigo)

As Bacias Hidrográficas são unidades importantes para o gerenciamento dos recursos hídricos, para abastecimento das águas para irrigação, humano – urbano e rural, animal, industrial, termelétrica e mineração (ANA, 2021). Possuem relação com o planejamento ambiental e exercem função essencial para o desenvolvimento da sociedade, visto que historicamente grandes civilizações surgiram próximas a rios (Faber, 2011), direcionando para que diversas cidades estejam próximas ou às margens de Bacias Hidrográficas.

A crescente necessidade da sociedade por água, alimentos, madeiras, fibras, minérios e demais produtos provenientes da exploração dos recursos naturais faz com que ocorra perda da biodiversidade a partir da exploração desordenada exercida pelo homem (Gorayeb; Lombardo; Pereira, 2009).

O Brasil possui a maior reserva de água doce do mundo, com disponibilidade estimada em 12% de todo planeta (ANA, 2019; BPBES, 2020). Segundo a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO, 2016), o continente africano possui 9%, o continente europeu possui 7% e a Oceania possui 6% de toda a água doce no planeta, o que representa 25%, 42% e 50% a menos de água doce em relação ao Brasil, respectivamente.

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) estabeleceu, por meio da Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003, a Divisão Hidrográfica Nacional. A organização instituiu o Brasil em 12 regiões hidrográficas, com intuito de orientar, fundamentar e implementar o Plano Nacional de Recursos Hídricos. As 12 regiões hidrográficas são: Amazônica, Tocantins/Araguaia, Atlântico Nordeste Ocidental, Atlântico Nordeste Oriental, Parnaíba, Atlântico Leste, São Francisco, Atlântico Sudeste, Paraguai, Paraná, Uruguai e Atlântico Sul.

Os sistemas aquáticos são importantes para o desenvolvimento da vida, mas sofrem com ações humanas, que aceleram a deterioração de características físicas/químicas/biológicas, ocasionando algum tipo de contaminação danoso para a população em geral (Ortega, 2011).

Ortega (2011), indica que a deterioração está relacionada com impactos ambientais, que causam efeito no ciclo da água e no clima através do uso indiscriminado da água, desvios de cursos d'água, erosão, construção de barragens,

compactação, sedimentação, assoreamento, salinização, contaminação, impermeabilização, ocupação indevida do solo, desmatamento de matas ciliares, diminuição da matéria orgânica, dentre outros aspectos.

Desta forma, as Bacias Hidrográficas possuem função determinante para o equilíbrio ambiental e harmonia do planeta, sendo uma das referências nas tomadas de decisões para formular políticas públicas, com foco no planejamento e gestão territorial.

Diante do exposto, o trabalho caracteriza-se como um estudo observacional, planejado, com o objetivo de estabelecer e padronizar a coleta de água para o monitoramento hídrico a partir de especificações de localização e profundidade na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté; realizar medições de variáveis físico-químicas, *in loco* e em laboratório; determinar o comportamento das variáveis a partir de análise estatística descritiva e multivariada.

4.2 Materiais e métodos (do Artigo)

4.2.1 Caracterização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Caeté possui área de 2.141,96 km², 149 km de extensão do rio principal, drena parte de seis municípios na Mesorregião do Nordeste Paraense, Microrregiões Bragantina e Guamá. A Bacia Hidrográfica do Rio Caeté faz parte da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental.

A nascente do Rio Caeté encontra-se no município de Bonito, percorrendo os municípios de Ourém, Capanema, Tracuateua, Santa Luzia do Pará e Bragança. Nestes municípios, a população total é de 272.918 habitantes, segundo o último Censo realizado no Brasil em 2022, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022).

4.2.2 Distribuição dos pontos de coleta e medições no Rio Caeté

Os pontos de medição na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté no âmbito deste trabalho estão distribuídos desde a nascente, no município de Bonito, até o município

de Santa Luzia do Pará. São 11 (onze) pontos de medição, distribuídos da seguinte forma:

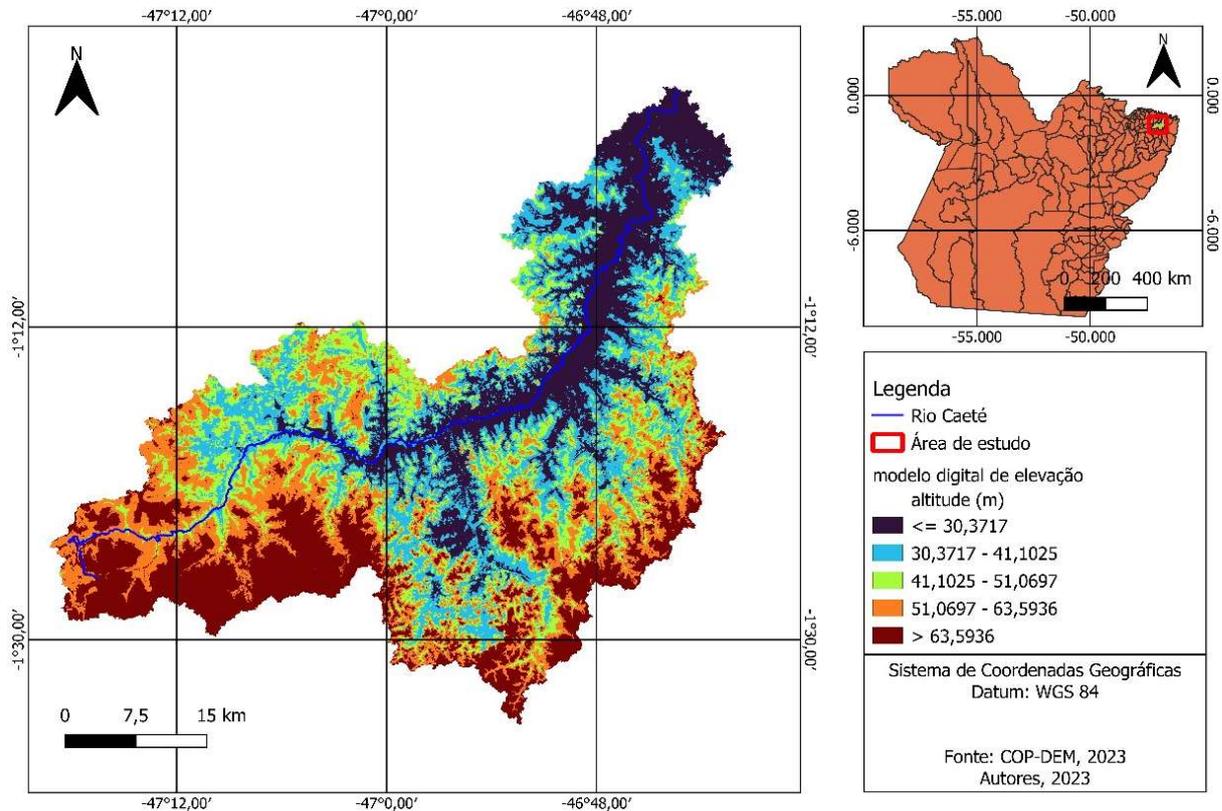
- 5 pontos de coleta no município de Bonito, próximos à nascente do Rio Caeté.
- 1 ponto de coleta no município de Bonito, na localidade do Arraial do Caeté.
- 1 ponto de coleta no município de Ourém, na localidade do Arraial do Caeté.
- 3 pontos de coleta no município de Tracuateua, nas localidades da Companhia de Saneamento do Pará (Cosanpa), Balneário do Caeté e Ponte BR 316.
- 1 ponto de coleta no município de Santa Luzia do Pará, na localidade do Tentugal.

Uma questão de destaque é que a Cosanpa está instalada no Rio Caeté dentro dos limites municipais de Tracuateua, com estrutura responsável pelo sistema de abastecimento de água do município de Capanema.

As especificações de coleta e medição ocorrem em águas superficiais, obtidas em 3 (três) níveis de profundidade, com as especificações da superfície, profundidade de 1,00m e profundidade de 1,50m para cada ponto. Ocorrem determinadas condições particulares, como no município de Bonito que as coletas são feitas somente com águas da superfície, visto que os locais apresentam profundidade menor de 1,00m, assim como um dos pontos no Arraial do Caeté apresenta profundidade menor de 1,50m, o que possibilita somente a coleta de água da superfície e profundidade de 1,00m. Desta forma, existem 22 (vinte e duas) especificações de coleta de água, tendo como fatores a localização e profundidades.

A Figura 19 apresenta o mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté e as coordenadas geográficas da localização de coleta de água e medição de parâmetros físico-químicos da água.

Figura 19 - Mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté e as Coordenadas Geográficas de coleta de água e medição de parâmetros físico-químicos



Localização de Coleta - Pará	Coordenadas Geográficas
Localização 1 Bonito	01° 26' 19,36" S 47° 16' 56,71" W
Localização 2 Bonito	01° 24' 23,47" S 47° 18' 10,66" W
Localização 3 Bonito	01° 27' 19,08" S 47° 17' 01,86" W
Localização 4 Bonito	01° 27' 45,90" S 47° 17' 14,57" W
Localização 5 Bonito	01° 24' 23,47" S 47° 18' 10,66" W
Localização 6 Bonito	01° 23' 38,90" S 47° 11' 16,91" W

Localização de Coleta - Pará	Coordenadas Geográficas
Localização 7 Ourém	01° 23' 37,10" S 47° 11' 13,06" W
Localização 8 Tracuateua	01° 17' 59,42" S 47° 06' 18,61" W
Localização 9 Tracuateua	01° 18' 03,06" S 47° 06' 05,87" W
Localização 10 Tracuateua	01° 18' 01,69" S 47° 05' 56,33" W
Localização 11 Santa Luzia do Pará	01° 19' 14,74" S 47° 02' 04,42" W

Fonte: Autor (2024).

A coleta da água é realizada através da Garrafa Van Dorn. A água coletada para cada ponto apresenta dois destinos: disponibilizada em um Becker de 250mL, para medições *in loco* através da Sonda Multiparâmetro HANNA HI 9829, além de ser armazenada em garrafas plásticas específicas e nominadas para cada ponto e profundidade, com intuito de realizar medições no laboratório, através do Turbidímetro e Colorímetro. Utiliza-se água destilada a cada nova medição através do uso do Becker, garrafas plásticas, Sonda Multiparâmetro, Turbidímetro e Colorímetro.

As coletas e medições constante neste trabalho foram realizadas entre os meses de janeiro de 2023 e janeiro de 2024, em 22 (vinte e duas) datas. A Figura 20 apresenta uma medição dos parâmetros físico-químicos *in loco* realizada em um ponto de coleta de água no ano de 2023.

Figura 20 - Medição de parâmetros físico-químicos utilizando a Sonda Multiparâmetro HANNA, com água coletada através da Garrafa Van Dorn, armazenadas no Becker 250mL e em garrafas plásticas, na localidade do Balneário do Caeté no município de Tracuateua, Pará, 2023



Fonte: Autor (2024).

4.2.3 Análise físico-química

Foram mensuradas 14 (quatorze) variáveis, das quais 11 (onze) foram medidas no curso da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, *in loco*, utilizando Sonda Multiparâmetro HANNA HI 9289, que são: pH: Potencial Hidrogeniônico – com temperatura a 25° C; pH: Potencial Hidrogeniônico – com temperatura ambiente; ORP: Potencial de

Oxidação/Redução; OD: Oxigênio Dissolvido – % de Saturação; OD: Oxigênio Dissolvido – Concentração; Condutividade; Condutividade Absoluta; Resistividade; TDS: Sólidos Totais Dissolvidos; Salinidade; Temperatura. Outras 3 (três) variáveis foram medidas em laboratório com as águas armazenadas em garrafas plásticas, sendo elas: Turbidez, utilizando o Turbidímetro Microprocessado Digital Modelo DLI-2500; Cloro Livre e Cloro Total, utilizando o Colorímetro Microprocessado Digital Modelo CL-CL. Utilizou-se o LABEMA (Laboratório de Engenharia e Meio Ambiente) da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, Campus Capanema.

4.2.4 Análise estatística

A análise descritiva foi realizada para estudar e visualizar o comportamento dos dados mensurados. Inicialmente, calculou-se valores máximo, mínimo, média, desvio padrão e coeficiente de variação percentual para cada medida. Destaca-se que a análise descritiva é importante para direcionar a escolha e aplicação de métodos estatísticos (Artes e Barroso, 2023). Estes cálculos foram realizados no Excel. Todas os demais cálculos, gráficos e apoio para as análises foram realizadas no software R Core Team (2024).

Em seguida, o gráfico *Box plot* ou gráfico de caixa apresenta o estudo que demonstra a dispersão dos dados de cada variável medida pelos quartis, com indicação do limite máximo e mínimo e identificação de possíveis valores atípicos/discrepantes ou outliers (Morettin e Bussab, 2017).

A Análise de Correlação obtida através da matriz de correlação indica a associação entre variáveis resposta a partir do coeficiente de correlação de Pearson, possibilitando visualizar e identificar de forma concentrada o grau de relação entre pares de variáveis. Para análise individualizada e comparativa destes pares de variáveis, a matriz de correlação apresenta tonalidades de cores para facilitar e identificar correlação positiva ou negativa, forte ou fraca ou ainda ausência de correlação linear. Este quesito é condição fundamental para realização de análises multivariadas (Silva, 2016).

A técnica matemática que consiste na determinação de autovalores e autovetores ocupa um lugar central na análise multivariada, pois é fundamento para a

grande parte dos métodos multivariados de redução dimensional, tais como análise de componentes principais (Silva, 2016).

Em seguida, os resultados estão pautados através da Análise de Componentes Principais (ACP) com a geração do gráfico Biplot. A ACP analisa a relação entre grande número de variáveis, com objetivo de identificar dependência e correlação em estruturas multivariadas (Hongyu; Sandanielo; Oliveira Junior, 2015). O método gráfico Biplot consiste em avaliar a proximidade das observações, o relacionamento das variáveis entre si e a relação das observações com as variáveis (Silva, 2016).

Conforme Artes e Barroso (2023), o Biplot representa em um mesmo sistema de eixos, observações e variáveis. As variáveis são indicadas pelos vetores e as observações pelos pontos. A direção dos vetores indica o sentido do crescimento da variável. A variabilidade da variável representada no vetor está diretamente relacionada com o tamanho, quanto maior o vetor maior a variabilidade. O cosseno do ângulo entre os vetores é aproximadamente igual a correlação entre as variáveis que representam os vetores.

A análise de agrupamentos ou *Cluster Analysis* apresenta o agrupamento entre os pontos especificados de coleta de água, tendo como fatores a localização e profundidades, com intuito de identificar comportamentos semelhantes. Este método permite agrupar sujeitos ou variáveis em grupos com uma ou mais características comuns, que minimiza variações dentro dos grupos e maximiza diferença entre os grupos. A ideia básica é identificar grupos cujos objetos internos sejam semelhantes, ficando os objetos não semelhantes em grupos distintos (Ferreira, 2020).

4.3 Resultados e discussões

Os resultados dos parâmetros físico-químicos da água coletada estão dispostos a seguir nas Tabela 8 e Tabela 9, as quais apresentam os valores máximo, mínimo, média, desvio padrão e coeficiente de variação percentual, organizados para cada uma das 14 (quatorze) variáveis, com apresentação geral dos resultados entre todos os pontos levando em consideração todas as especificações de profundidade (Tabela 8) e de forma específica e individualizada entre todos os pontos nas coletas de água da superfície, profundidade de 1,00m e profundidade de 1,50m (Tabela 9).

A Tabela 8 apresenta o panorama geral, para observações e análise descritiva inicial de comportamento de cada uma das variáveis medidas. Ressalta-se que os valores máximo e mínimo apresentam diferentes casas decimais entre as variáveis medidas, de acordo com a indicação de resolução dos equipamentos utilizados para medir cada variável (Sonda Multiparâmetro HANNA HI 9829, Turbidímetro Microprocessado Digital Modelo DLI-2500, Colorímetro Microprocessado Digital Modelo CL-CL), tanto para a Tabela 8 quanto para a Tabela 9.

Tabela 8 - Distribuição geral das medidas estatística calculadas para as variáveis físico-químicas medidas *in loco* e em laboratório, Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, janeiro de 2023 a janeiro de 2024 (n = 22)

Condições Coleta	Estatísticas	Parâmetros Físico-químicos													
		pH_Temp. 25°C	pH_Temp. Ambiente	ORP	% Saturação OD	Concentração OD	Condutividade	Condutividade Absoluta	Resistividade	TDS	Salinidade	Temperatura	Turbidez	Cloro Livre	Cloro Total
Geral	Mínimo	14,2	3,96	5,1	2,8	0,21	9	9	16,1	4	0,01	25,45	0,99	0,05	0,06
	Máximo	174,5	6,83	364,8	197,3	15,40	62	64	111,0	31	0,03	30,33	912,33	2,80	2,80
	Média	71,01	5,76	216,13	68,64	5,41	20,00	20,81	53,16	9,99	0,01	26,89	12,59	0,16	0,19
	Desvio Padrão	29,7984	0,5262	51,3149	30,9672	2,4396	5,9992	6,3945	12,1313	3,0400	0,0017	0,8448	48,7513	0,1739	0,2129
	CV%	41,96	9,14	23,74	45,12	45,11	30,00	30,72	22,82	30,42	16,91	3,14	387,09	111,80	109,90

Fonte: Autor (2024).

De acordo com a Tabela 9 observa-se que as medições realizadas com água da superfície apresentam maior variabilidade para todas as variáveis, quando comparadas com as medições realizadas com água na profundidade de 1,00m e profundidade de 1,50m.

As variações são influenciadas por fatores internos e externos dos recursos hídricos. Fatores externos como o vento, precipitação, uso da terra e material particulado em suspensão impactam nas variações. Fatores internos como morfologia, profundidade, estratificação térmica, viscosidade da água, sedimento, e vazão impactam nas variações (Villa, 2016).

Para a questão das medições da água da superfície com maior variabilidade, Villa (2016) indica que a profundidade pode influenciar na dissipação de compostos provenientes de efluentes, visto que quanto maior a profundidade maior potencial de diluição. Menores profundidades podem gerar a ressuspensão de compostos presentes no sedimento de fundo. Estes fatores colaboram para a maior

heterogeneidade das medições em águas da superfície quando comparadas com a profundidade de 1,00m e 1,50m.

Fritzsons *et al.* (2004) indicam que durante as precipitações predominam as entradas de água de escoamento superficial. Esta questão também direciona para a maior heterogeneidade identificadas nas medições realizadas em águas da superfície quando comparadas com a profundidade de 1,00m e 1,50m.

Na mesma Tabela 9, para a medida de dispersão absoluta (desvio padrão), somente as variáveis Percentual de Saturação de Oxigênio Dissolvido e Concentração de Oxigênio Dissolvido não apresentaram menor dispersão para as medições realizadas com água da superfície quando comparada com as demais, situação em que as águas coletadas a partir da profundidade de 1,00m apresentou maior variabilidade (maior valor de desvio padrão). No entanto, conforme relatado acima, quando destaca a dispersão relativa, essa questão não se confirma.

Ainda no sentido da dispersão, quando a análise é feita para os valores máximo e mínimo presentes na Tabela 9, destaca-se que as maiores amplitudes estão entre as medidas realizadas com águas da superfície para 12 (doze) variáveis. As exceções são feitas novamente para as variáveis Percentual de Saturação de Oxigênio Dissolvido e Concentração de Oxigênio Dissolvido, as quais apresentam as medições com água na profundidade de 1,00m com os maiores valores de amplitude.

Utilizando CONAMA (2005) - Resolução 357, de 17 de março de 2005, para efeito de análise dos parâmetros medidos, destaca-se algumas situações:

- A Concentração do Oxigênio dissolvido apresentou algumas medições inferiores a 5,0mg/L, com grande incidência nas coletas de 13 e 14 de julho de 2023 / 18 e 19 de outubro de 2023 / 30 e 31 de outubro de 2023. O ponto S1 foi o que apresentou a maior quantidade de medições inferiores ao estabelecido, seguido do ponto S2. Estes dois pontos são localizados próximo à nascente do Rio Caeté, no município de Bonito. Esta área sofreu mudanças ao longo do processo de coleta de dados, ocasionadas pelo ser humano (moradores da região), que bloqueou parte da passagem da água do curso natural do rio, para criação de peixe na região através de aquário construído no próprio rio.
- O Potencial Hidrogeniônico apresentou diversas medições inferiores a 6,0, com grande incidência nas coletas de 25 de janeiro de 2023 / 08 de fevereiro de

2023 / 09 de março de 2023 / 29 de março de 2023 / 12 de abril de 2023 / 19 e 20 de junho de 2023 / 13 e 14 de julho de 2023 / 01 e 02 de agosto de 2023. Os pontos S1, S2, S6, M6, S7, M7 e P7 foram os que apresentaram maior quantidade de medições inferiores ao estabelecido. Estes pontos são localizados próximo à nascente do Rio Caeté, no município de Bonito, além dos pontos localizados no Arraial do Caeté, sendo um ponto ainda no município de Bonito e outro ponto no município de Ourém.

- As medições de Sólidos Totais Dissolvidos (TDS) apresentaram todos os resultados dentro da especificação indicada.
- As medições da Condutividade apresentaram todos os resultados dentro da especificação indicada.
- A Turbidez apresentou somente em duas oportunidades, ambas no ponto S5 (próximo à nascente do Rio Caeté), valores acima do estabelecido. Estas duas ocorrências ocorreram nas medições realizadas nos dias 18 e 19 de outubro de 2023 / 14 de novembro de 2023. A percepção do ocorrido foi em função de chuva torrencial na região, que ocasionou o transporte de parte do solo para dentro do rio, jogando lama para o rio e tornando a água extremamente barrenta.

Conforme Souza (1996), a água que escorre superficialmente é o principal agente de transporte das partículas do solo. O volume e a velocidade da enxurrada dependem da razão infiltração/precipitação. Quanto maior o volume e a velocidade da enxurrada, maior será a capacidade para desprender e transportar sedimentos.

O desmatamento de florestas, a prática da agricultura de subsistência, a intensificação da produção de terras agrícolas, a expansão de centros urbanos, todas ocasionadas por ações humanas, estão mudando a paisagem do mundo. A qualidade da água é constantemente degradada pelo uso da terra, a agricultura intensiva aumenta a erosão e a carga de sedimentos (Foley, 2005).

Pode ser destacado que nos últimos anos o cultivo do dendê ganhou destaque na região do Nordeste do Estado do Pará, com foco próximo à Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, na área próximo à nascente no município de Bonito-PA (Correa, 2024). Guedes (2022) e Correa (2024) também destacam a existência de áreas ocupadas por pastagens próximas às margens do Rio Caeté.

Tabela 9 - Distribuição individual por especificação de profundidade (superfície, profundidade de 1,00m, profundidade de 1,50m) das medidas estatística calculadas para as variáveis físico-químicas medidas *in loco* e em laboratório, Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, janeiro de 2023 a janeiro de 2024 (n = 22)

Condições Coleta	Estatísticas	Parâmetros Físico-químicos													
		pH_Temp. 25°C	pH_Temp. Ambiente	ORP	% Saturação OD	Concentração OD	Condutividade	Condutividade Absoluta	Resistividade	TDS	Salinidade	Temperatura	Turbidez	Cloro Livre	Cloro Total
Superfície	Mínimo	14,2	3,96	5,1	3,1	0,25	10	10	16,1	5	0,01	25,45	0,99	0,05	0,06
	Máximo	174,5	6,83	364,8	171,4	13,55	62	64	100,0	31	0,03	30,33	912,33	2,80	2,80
	Média	73,81	5,71	211,62	65,10	5,11	21,37	22,39	50,67	10,72	0,01	27,08	15,33	0,17	0,22
	Desvio Padrão	32,0349	0,5627	55,6897	32,1188	2,5242	7,5054	8,0038	12,705	3,7831	0,0025	0,9591	69,1907	0,2371	0,2863
	CV%	43,40	9,85	26,32	49,34	49,36	35,11	35,75	25,07	35,29	23,40	3,54	451,33	141,51	129,36
Profundidade 1,00m	Mínimo	17,2	4,71	144,3	2,8	0,21	9	9	30,3	4	0,01	25,63	3,93	0,06	0,09
	Máximo	130,8	6,78	340,8	197,3	15,40	33	33	111,0	16	0,01	28,60	47,10	0,32	0,41
	Média	66,64	5,84	222,53	71,61	5,65	19,06	19,66	54,61	9,49	0,01	26,75	9,90	0,15	0,17
	Desvio Padrão	27,8805	0,4995	47,8683	33,6801	2,6552	3,8946	4,0357	11,1875	1,9617	7E-18	0,6755	7,5677	0,0609	0,0690
	CV%	41,84	8,56	21,51	47,04	46,96	20,43	20,53	20,49	20,67	0,00	2,53	76,47	41,13	40,54
Profundidade 1,50m	Mínimo	31,1	4,51	152,4	16,4	1,30	9	9	29,4	4	0,01	25,60	3,92	0,08	0,09
	Máximo	142,6	6,44	342,7	101,5	8,00	34	35	111,0	17	0,01	28,73	46,33	0,29	0,31
	Média	71,42	5,74	216,54	72,30	5,72	18,18	18,88	56,83	9,05	0,01	26,68	10,07	0,13	0,15
	Desvio Padrão	26,6344	0,4665	44,914	21,6133	1,7070	3,5006	3,7421	11,0077	1,8451	5E-18	0,7033	7,0248	0,0471	0,0533
	CV%	37,29	8,13	20,74	29,89	29,86	19,25	19,82	19,37	20,39	0,00	2,64	69,73	35,34	35,48

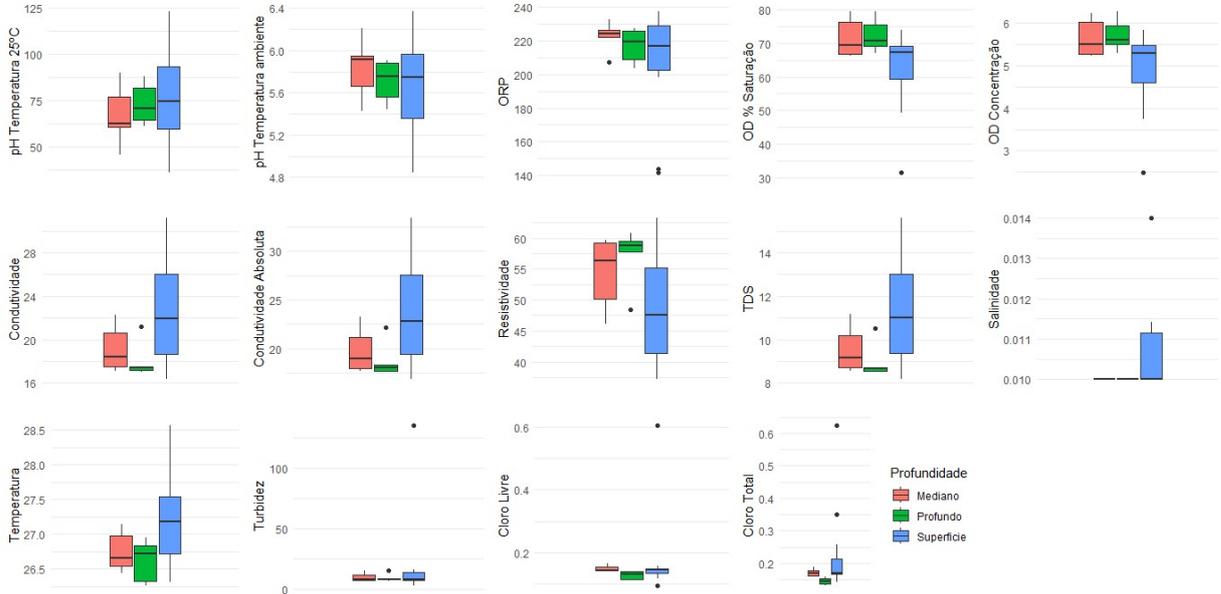
Fonte: Autor (2024).

O *Box plot*, de cada variável (Figura 21), corrobora o indicado na Tabela 9 que todas as variáveis medidas apresentam maior dispersão nas medições realizadas com águas na superfície. As medições realizadas com águas na profundidade de 1,50m (legenda “Profundo”) são as que apresentam menor dispersão na grande maioria das variáveis medidas, com destaque para: Condutividade, Condutividade Absoluta, Resistividade, Turbidez e TDS: Sólido Totais Dissolvidos.

Existem alguns outliers presentes nas variáveis medidas. As variáveis que mais apresentaram outlier foram: ORP, Turbidez, Cloro Livre e Cloro Total. A maioria dos outliers estão presentes nas medições realizadas com águas da superfície.

Os outliers são ocasionados em função de situações adversas, justificados em algumas situações pela provável ocorrência de chuvas torrenciais, que impulsionaram o transporte do solo para dentro do rio, ocasionando mudança nos parâmetros físico-químicos da água nos momentos de coleta dos dados.

Figura 21 - *Box plot* das variáveis medidas (pH a 25°C; pH com temperatura ambiente, ORP, % OD, Concentração OD, Condutividade, Condutividade Absoluta, Resistividade, TDS, Salinidade, Temperatura; Turbidez; Cloro Livre; Cloro Total), realizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, com especificações de água da superfície, profundidade de 1,00 e profundidade de 1,50m, de janeiro de 2023 a janeiro de 2024 (n = 22)



Fonte: Autor (2024).

A matriz de correlação, observada na Figura 22 destaca que existe uma correlação positiva perfeita entre as variáveis: Sólidos Totais Dissolvidos e Condutividade, Sólidos Totais Dissolvidos e Condutividade Absoluta, Condutividade e Condutividade Absoluta, Percentual de Oxigênio Dissolvido e Concentração de Oxigênio Dissolvido. Ainda na seara da correlação perfeita, mas agora a relação negativa entre as variáveis: Potencial Hidrogeniônico a 25°C e Potencial Hidrogeniônico com temperatura ambiente.

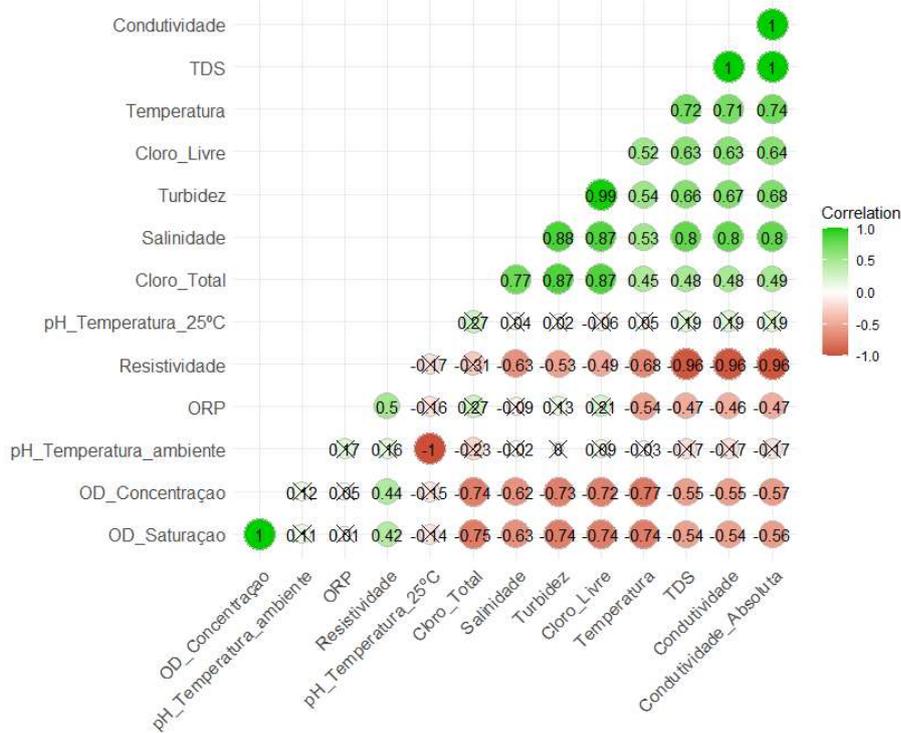
Também pode-se realçar a relação positiva muito forte entre as variáveis: Turbidez e Cloro Livre. Assim como a relação positiva forte entre as variáveis: Salinidade e Turbidez, Salinidade e Cloro Livre, Salinidade e Sólidos Totais Dissolvidos, Salinidade e Condutividade, Salinidade e Condutividade Absoluta, Cloro Total e Cloro Livre, Cloro Total e Turbidez, Cloro Total e Salinidade, Temperatura e Condutividade, Temperatura e Condutividade Absoluta, Temperatura e Sólidos Totais Dissolvidos.

Existe a relação negativa muito forte entre as variáveis: Resistividade e Condutividade, Resistividade e Condutividade Absoluta, Resistividade e Sólidos Totais Dissolvidos. Assim, como a relação negativa forte entre as variáveis:

Concentração de Oxigênio Dissolvido e Temperatura, Concentração de Oxigênio Dissolvido e Cloro Total, Concentração de Oxigênio Dissolvido e Cloro Livre, Concentração de Oxigênio Dissolvido e Turbidez, Percentual de Oxigênio Dissolvido e Cloro Total, Percentual de Oxigênio Dissolvido e Cloro Livre, Percentual de Oxigênio Dissolvido e Turbidez, Percentual de Oxigênio Dissolvido e Temperatura.

Existe uma relação linear desprezível ou não existe relação linear alguma entre as variáveis: Potencial Hidrogeniônico com temperatura ambiente e Turbidez, Potencial Hidrogeniônico com temperatura ambiente e Salinidade, Potencial Hidrogeniônico com temperatura ambiente e Temperatura, Potencial Hidrogeniônico com temperatura ambiente e Cloro Livre, Potencial Hidrogeniônico a 25°C e Cloro Livre, Potencial Hidrogeniônico a 25°C e Turbidez, Potencial Hidrogeniônico a 25°C e Salinidade, Potencial Hidrogeniônico a 25°C e Temperatura, Potencial de Oxidação/Redução e Concentração de Oxigênio Dissolvido, Potencial de Oxidação/Redução e Percentual de Oxigênio Dissolvido, Potencial de Oxidação/Redução e Salinidade.

Figura 22 - Matriz de Correlação das variáveis medidas (pH a 25°C; pH com temperatura ambiente, ORP, % OD, Concentração OD, Condutividade, Condutividade Absoluta, Resistividade, TDS, Salinidade, Temperatura; Turbidez; Cloro Livre; Cloro Total), realizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, com especificações de água da superfície, profundidade de 1,00 e profundidade de 1,50m, de janeiro de 2023 a janeiro de 2024 (n = 22)



Fonte: Autor (2024).

Com os resultados apresentados e discutidos até o momento, o direcionamento na sequência é no sentido da análise multivariada, através da Análise de Componentes Principais com a geração do gráfico Biplot, observado na Figura 23.

O gráfico Biplot, (Figura 23), a partir do cosseno do ângulo entre os vetores corrobora relações positivas e negativas perfeitas ou muito fortes entre variáveis apresentadas na Matriz de Correlação (Figura 22), na relação de variáveis: Condutividade e Condutividade Absoluta, Sólidos Totais Dissolvidos e Condutividade, Sólidos Totais Dissolvidos e Condutividade Absoluta, Percentual de Saturação de Oxigênio Dissolvido e Concentração de Oxigênio Dissolvido, Potencial Hidrogeniônico a 25°C e Potencial Hidrogeniônico com temperatura ambiente, Resistividade e Condutividade, Resistividade e Condutividade Absoluta, Resistividade e Sólidos Totais Dissolvidos.

De forma adicional à Matriz de Correlação, a partir do cosseno do ângulo entre os vetores, destaca-se também a relação positiva muito forte entre Potencial Hidrogeniônico com temperatura ambiente e Potencial de Oxidação/Redução, Cloro Livre e Cloro Total. E a relação negativa muito forte entre Potencial Hidrogeniônico a 25°C e Potencial de Oxidação/Redução.

A menor variabilidade nos dados foi observada no Potencial Hidrogeniônico a 25°C, Potencial Hidrogeniônico com temperatura ambiente e Salinidade. A maior variabilidade nos dados foi observada na Condutividade, Condutividade Absoluta, Sólidos Totais Dissolvidos e Cloro Livre, seguido de Resistividade e Turbidez.

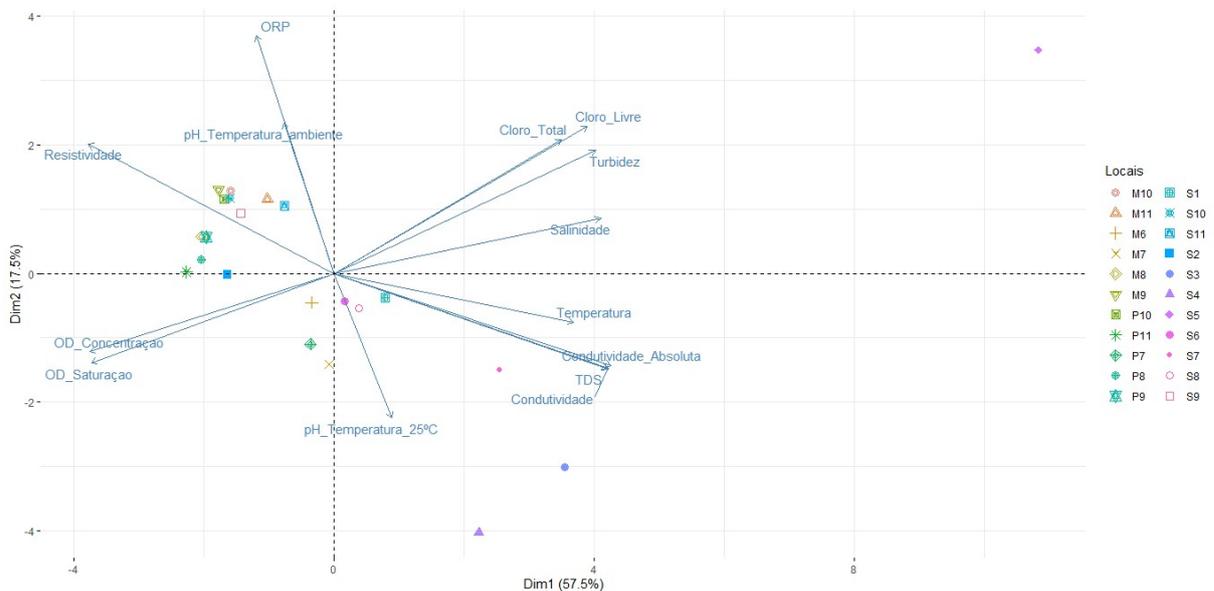
É possível verificar que o ponto de coleta S5 apresenta altos valores medidos para as variáveis Salinidade, Turbidez, Cloro Livre e Cloro Total (1º quadrante). Diametralmente, os pontos de coleta M6, M7 e P7 apresentam baixos valores medidos para as variáveis Concentração de Oxigênio Dissolvido e Percentual de Concentração de Oxigênio Dissolvido (3º quadrante).

Nesta mesma estrutura de análise, os pontos de coleta S9, S10, S11, M9, M10, M11, P7, P8, P9 e P10 apresentam altos valores medidos para as variáveis Resistividade, Potencial de Oxidação/Redução e Potencial Hidrogeniônico com temperatura ambiente (2º quadrante). Diametralmente, os pontos de coleta S1, S3, S4, S6, S7 e S8 apresentam baixos valores medidos para as variáveis Sólidos Totais

Dissolvidos, Condutividade, Condutividade Absoluta, Temperatura e Potencial Hidrogeniônico a 25°C (4º quadrante).

Por último, a Figura 23 expõe dois componentes que explicaram 75,0% da variabilidade total dos dados, sendo 57,5% para o componente principal 1 e 17,5% para o componente principal 2.

Figura 23 - Biplot das variáveis medidas (pH a 25°C; pH com temperatura ambiente, ORP, % OD, Concentração OD, Condutividade, Condutividade Absoluta, Resistividade, TDS, Salinidade, Temperatura; Turbidez; Cloro Livre; Cloro Total), realizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, com especificações de água da superfície, profundidade de 1,00 e profundidade de 1,50m, de janeiro de 2023 a janeiro de 2024 (n = 22)



Fonte: Autor (2024).

Pode-se observar ainda na Figura 23 a formação de grupos semelhantes e a formação de estruturas diferentes ou não formação de grupos semelhantes, apresentados no Dendograma (Figura 24).

A análise de agrupamentos (*Cluster Analysis*) observada na Figura 24, indica agrupamentos de pontos de coleta com comportamento semelhante, os quais destacam-se a homogeneidade para os pontos a seguir:

- S6 e M6: são pontos localizados no Arraial do Caeté, município de Bonito, medidos com água da superfície e profundidade de 1,00m.
- M7 e P7: são pontos localizados no Arraial do Caeté, município de Ourém, medidos com água de profundidade de 1,00m e 1,50m.

- P8 e P9: são pontos localizados na Cosanpa e Balneário do Caeté, município de Tracuateua, medidos com água de profundidade de 1,50m.
- M10 e P10: são pontos localizados na Ponte BR 316, município de Tracuateua, medidos com água de profundidade de 1,00m e 1,50m. Na sequência com o M9, que é ponto localizado no Balneário do Caeté, município de Tracuateua, medido com água de profundidade de 1,00m. E ainda a relação com o ponto S10, que é ponto localizado na Ponte BR 316, município de Tracuateua, medidos com água da superfície.
- M8 e P11: são pontos localizados na Cosanpa e Tentugal, municípios de Tracuateua e Santa Luzia do Pará, respectivamente, medidos com água de profundidade de 1,00m e 1,50m.
- S11e M11: são pontos localizados no Tentugal, município de Santa Luzia do Pará, medidos com água da superfície e profundidade de 1,00m.

Todas as relações acima, criaram relação com:

- S7 e S8: são pontos localizados no Arraial do Caeté e Cosanpa, municípios de Ourém e Tracuateua, respectivamente, medidos com água da superfície.

Todas as relações acima, criaram relação com:

- S1 e S2: são pontos localizados no município de Bonito, próximos à nascente, medidos com água da superfície.
- S3 e S4: são pontos localizados no município de Bonito, próximos à nascente, medidos com água da superfície.

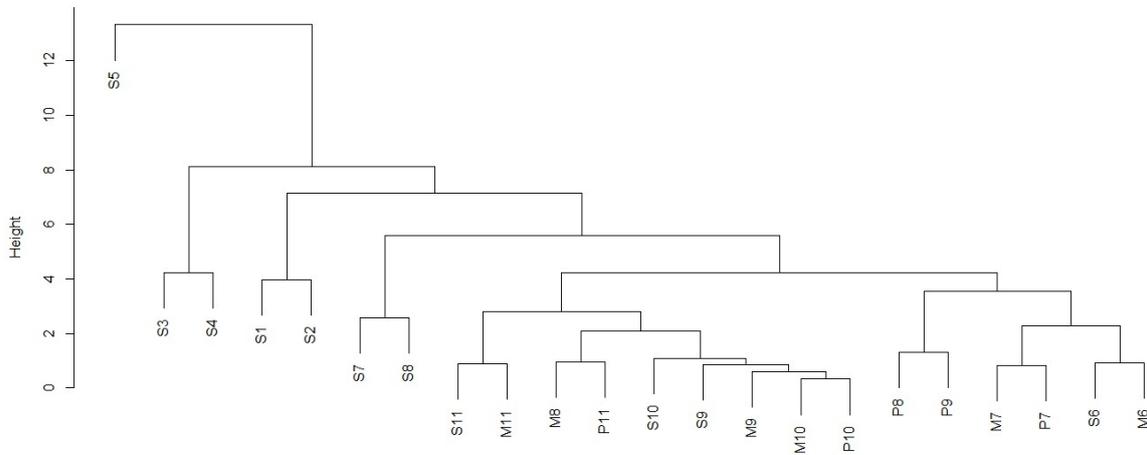
Todas as relações acima, criaram relação com:

- S5: ponto localizado no município de Bonito, próximo à Merje, medido com água da superfície.

A percepção obtida na coleta dos dados de água no estudo observacional corrobora os grupos formados, pois foram realizados agrupamentos entre especificações, de acordo com a localização e profundidade, que estão próximos entre si.

Da mesma forma identifica-se a ocorrência da dissimilaridade (não formação de grupos ou formação de grupos distintos), a qual também corrobora o estudo observacional entre especificações de acordo com a localização e profundidade.

Figura 24 - Análise de Agrupamentos das variáveis medidas (pH a 25°C; pH com temperatura ambiente, ORP, % OD, Concentração OD, Condutividade, Condutividade Absoluta, Resistividade, TDS, Salinidade, Temperatura; Turbidez; Cloro Livre; Cloro Total), realizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, com especificações de água da superfície, profundidade de 1,00 e profundidade de 1,50m, de janeiro de 2023 a janeiro de 2024 (n = 22)



Fonte: Autor (2024).

4.4 Conclusões (do Artigo)

O estudo das variáveis, conforme especificações de coleta, evidenciou maiores variações nas coletas e medições realizadas com água da superfície quando comparadas com água na profundidade de 1,00m e 1,50m. Esta questão é destacada em função do contato direto com o ar e outras interações maiores com a água na superfície em relação as águas com profundidade. A matriz de correlação permitiu identificar as relações positivas e negativas entre as variáveis. Por sua vez, o Biplot confirmou resultados obtidos na matriz de correlação, além de fornecer as maiores e menores variabilidades em função do tamanho de cada vetor. Por último, também fornece mais resultados relacionados a questão de altos e baixos valores associados a especificações dos pontos de medições e variáveis.

Por fim, a análise de agrupamentos apresentou formação de grupos semelhantes associados a especificações das medições com relação ao conjunto de

variáveis medidas, tendo como fatores as especificações de localização e profundidade, próximos entre si. E também indicou a não formação de grupos ou formação de grupos diferentes entre si, tendo como fatores as especificações de localização e profundidade.

4.5 Referências (do Artigo)

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília, Distrito Federal, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília, Distrito Federal, 2021.

ARTES, R.; BARROSO, L. P. **Métodos Multivariados de Análise Estatística**. São Paulo: Blucher, 2023.

BPBES: PLATAFORMA BRASILEIRA DE BIODIVERSIDADE E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS. **Relatório temática água: biodiversidade, serviços ecossistêmicos e bem-estar humano no Brasil**, 2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº. 357**, de 17 de março de 2005. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acesso em: 05 fev. 2024.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CNRH). Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 32**, de 15 de outubro de 2003. Disponível em: <https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2032.pdf>. Acesso em: 14 out. 2023.

CORREA, A. C. de S. **Avaliação das mudanças antrópicas na paisagem agrícola com cultivo de palma de óleo na sub-bacia da nascente do Rio Caeté**. Orientador: FERREIRA, F. N., 2024, f. TCC (Graduação em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis), UFRA, Capanema - Pará, 2024.

FABER, M. **A Importância dos rios para as primeiras civilizações**. História Livre.com, 2011.

FERREIRA, R. R. M.; PAIM, F. A. de P.; RODRIGUES, V. G. S.; CASTRO, G. S. A. **Análise de Cluster não supervisionado em R: agrupamento hierárquico**. Campinas, SP: Embrapa Territorial, 2020. 43p. (Documentos 133). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/217667/1/5360.pdf>. Acesso em 07 out. 2023.

FOLEY, J. A. *et al.* Global Consequences of Land Use. **Science**, [s. l.], v. 309, n. 5734, p. 570–574, 2005.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO), 2016.

FRITZSONS, E.; HINDI, E. C.; MONTOVANI, L. E.; RIZZI, N. E. Consequências da alteração da vazão sobre alguns parâmetros de qualidade de água fluvial. **Revista Floresta**. Dez., 2004.

GORAYEB, A.; LOMBARDO, M. A.; PEREIRA, L. C. C. Condições Ambientais em Áreas Urbanas da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, Amazônia Oriental, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada, Journal of Integrated Coastal Zone Management**, vol. 9, n. 2, 2009.

GUEDES, A. K. da S. **Análise da qualidade de água na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté**. Orientador: LIMA JUNIOR, J. A. de, 2022, f. TCC (Graduação em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis), UFRA, Capanema - Pará, 2022.

HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; OLIVEIRA JUNIOR, G. J. de. Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **Engineering and Science – Scientific Journal of FAET and ICET UFMT**, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Brasileiro de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/>. Acesso em 11 ago. 2023.

MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. O. **Estatística Básica**. 8 ed. Saraiva, 2017.

ORTEGA, D. J. P. **Avaliação dos Efeitos das Atividades Antrópicas na Bacia Hidrográfica do Córrego do Ipê, município de Ilha Solteira-SP**. Orientador: CARVALHO, S. L. de, 2011, f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Faculdade de Engenharia - UNESP, Ilha Solteira - São Paulo, 2011.

R CORE TEAM. **_R: a language and environment for statistical computing_**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2024. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em 06 mar. 2024.

SILVA, A. R. **Métodos de análise multivariada em R**. Piracicaba: FEALQ, 2016.

SOUZA, E. R. de. **Alterações físico-químicas no deflúvio de três sub-bacias hidrográficas decorrentes da atividade agrícola**. Orientador: OLIVEIRA FILHO, A. T. de, 1996, f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Instituto de Engenharia Florestal - UFLA, Lavras - Minas Gerais, 1996.

VILLA, M. E. C. D. **Variabilidade Espacial e Temporal do pH e do OD na Superfície do Reservatório Iraí-PR**. Orientador: SAMPAIO, T. V. M., 2016, f. Tese (Doutorado em Geografia), Instituto de Ciências da Terra - UFPR - Curitiba, 2016.

CAPÍTULO 3

5. ANÁLISE DA VAZÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAETÉ

RESUMO

A vazão é uma variável importante a ser estudada para o entendimento do comportamento de Bacias Hidrográficas, visto que o Brasil possui a maior reserva de água doce do mundo, com disponibilidade estimada em 12% de todo planeta. A pequena disponibilidade ou ausência de dados em determinadas regiões hidrográficas impacta a regulamentação do instrumento para a outorga do uso da água, visto que necessita do conhecimento da disponibilidade hídrica estabelecida a partir de características hidrológicas da bacia. Elas possuem função determinante para o equilíbrio ambiental e harmonia do planeta. Séries históricas com dados de vazão é de grande valia para o aperfeiçoamento e conhecimento. A Bacia Hidrográfica do Rio Caeté possui área de 2.141,96 km², 149 km de extensão do rio principal, drena parte de seis municípios na Mesorregião do Nordeste Paraense, possui a nascente em Bonito-PA e a foz em Bragança-PA. A vazão foi medida em 5 pontos no município de Bonito, através do Molinete Hidrométrico e Método do Flutuador. Com adição de um ponto em Bragança, com dados obtidos através da Estação Fluviométrica gerenciada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. As medições de dados primários de vazão foram realizadas entre os meses de janeiro de 2023 e janeiro de 2024, em 22 (vinte e duas) datas. Os dados da Estação Fluviométrica são de setembro de 1999 até junho de 2024. Foi realizado estudo descritivos dos dados da Estação Fluviométrica, em seguida o estudo descritivo com os dados do município de Bonito, comparando o comportamento com os resultados dos dados de Bragança. Por último foi realizado um estudo de Séries Temporais com os dados de Bragança, para identificação de sazonalidade, tendência e resíduos, além do estabelecimento do modelo e de estimativa.

Palavras-chave: Molinete Hidrométrico; Método do Flutuador; Estação Fluviométrica.

ABSTRACT

Flow is an important variable to study to understand the behavior of River Basins, given that Brazil has the largest freshwater reserve in the world, with availability estimated at 12% of the entire planet. The limited availability or absence of data in certain hydrographic regions has an impact on the regulation of the instrument for granting the use of water, since it requires knowledge of the water availability established based on the hydrological characteristics of the basin. They play a decisive role in the environmental balance and harmony of the planet. Historical series with flow data are of great value for improvement and knowledge. The Caeté River Basin has an area of 2,141.96 km², 149 km of main river length, drains part of six municipalities in the northeast mesoregion of Pará, has its source in Bonito-PA and its mouth in Bragança-PA. The flow was measured at 5 points in the municipality of Bonito, using the Hydrometric Windlass and the Float Method. With the addition of one point in Bragança, with data obtained from the Fluviometric Station managed by the National Water and Sanitation Agency. The primary flow data measurements were carried out between the months of January 2023 and January 2024, on 22 (twenty-two) dates. The data from the Fluviometric Station are from September 1999 to June 2024. A descriptive study of the data from the Fluviometric Station was carried out, followed by a descriptive study of the data from the municipality of Bonito, comparing its behavior with the results of the data from Bragança. Finally, a time series study was carried out with the data from Bragança, to identify seasonality, trends and residuals, as well as establishing the model and estimation.

Keywords: Hydrometric windlass; Float method; Fluviometric station.

5.1 Introdução (do Artigo)

As Bacias Hidrográficas são unidades importantes para o gerenciamento dos recursos hídricos. No Brasil, que possui dimensões continentais, muitas vezes o monitoramento dos rios acaba não abrangendo todas as áreas de interesse (Melati e Marcuzzo, 2016), o que acarreta desafios preponderantes na estimativa da disponibilidade de água superficial nas bacias hidrográficas (Bazzo *et al.*, 2017).

O planejamento hídrico é complexo, devido a diversos fatores como as dimensões continentais do Brasil e suas condições fisiográficas e climáticas, além da distribuição irregular de chuvas e vazão dos rios. O país desempenha diversas atividades socioeconômicas que demandam o uso da água (Lira e Cardoso, 2018). Atrelado a estes aspectos, a população brasileira apresenta distribuição desigual no território nacional na relação com a disponibilidade dos recursos hídricos superficiais.

Vale ressaltar que o Brasil possui a maior reserva de água doce do mundo, com disponibilidade estimada em 12% de todo planeta (ANA, 2019; BPBES, 2020). Com base no exposto, é importante e primordial o desenvolvimento de estudos hidrológicos que forneçam informações fluviométricas, condizentes com a importância, extensão e magnitude que os rios exercem no estado do Pará.

As Bacias Hidrográficas possuem função determinante para o equilíbrio ambiental e harmonia do planeta, sendo uma das referências nas tomadas de decisões para formular políticas públicas, com foco no planejamento e gestão territorial.

A vazão é uma variável importante a ser estudada para o entendimento do comportamento de Bacias Hidrográficas. A pequena disponibilidade de dados em determinadas regiões hidrográficas dificulta o estudo, o que torna importante a coleta regular de dados de forma mais abrangente, seja por algum órgão oficial do governo ou por algum grupo de pesquisa.

O comportamento da vazão em Bacias Hidrográficas apresenta-se importante em função da disponibilidade hídrica estabelecida a partir de características hidrológicas da bacia que incide a necessidade de regulamentar o instrumento para a outorga do uso da água (Souza *et al.*, 2012). A obtenção ou criação de séries históricas com dados de vazão é de grande valia para o aperfeiçoamento e conhecimento.

A análise de tendência em séries temporais de vazão é de extrema importância para a gestão de recursos hídricos, visto que pequenas flutuações associadas às condições climáticas provocam significativos impactos sociais e econômicos (Alves; Souza Filho; Silveira, 2011).

Diante do exposto, o trabalho caracteriza-se como um estudo observacional, planejado, com o objetivo de estabelecer e padronizar os locais de medição, a partir de especificações de localização na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté; realizar medição de vazão no Rio Caeté; analisar os dados primários, obtidos a partir das medições de vazão realizadas no Rio Caeté; analisar os dados secundários, obtidos a partir de Estação Fluviométrica disposta no Rio Caeté; determinar o comportamento da vazão, a partir de dados primários e dados secundários.

5.2 Materiais e métodos (do Artigo)

5.2.1 Caracterização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Caeté possui área de 2.141,96 km², 149 km de extensão do rio principal, drena parte de seis municípios na Mesorregião do Nordeste Paraense, Microrregião Bragantina e Guamá. A Bacia Hidrográfica do Rio Caeté faz parte da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental.

A nascente do Rio Caeté encontra-se no município de Bonito, percorrendo os municípios de Ourém, Capanema, Tracuateua, Santa Luzia do Pará e Bragança. Nestes municípios, a população total é de 272.918 habitantes, segundo o último Censo realizado no Brasil em 2022, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022).

5.2.2 Distribuição dos pontos de medição no Rio Caeté

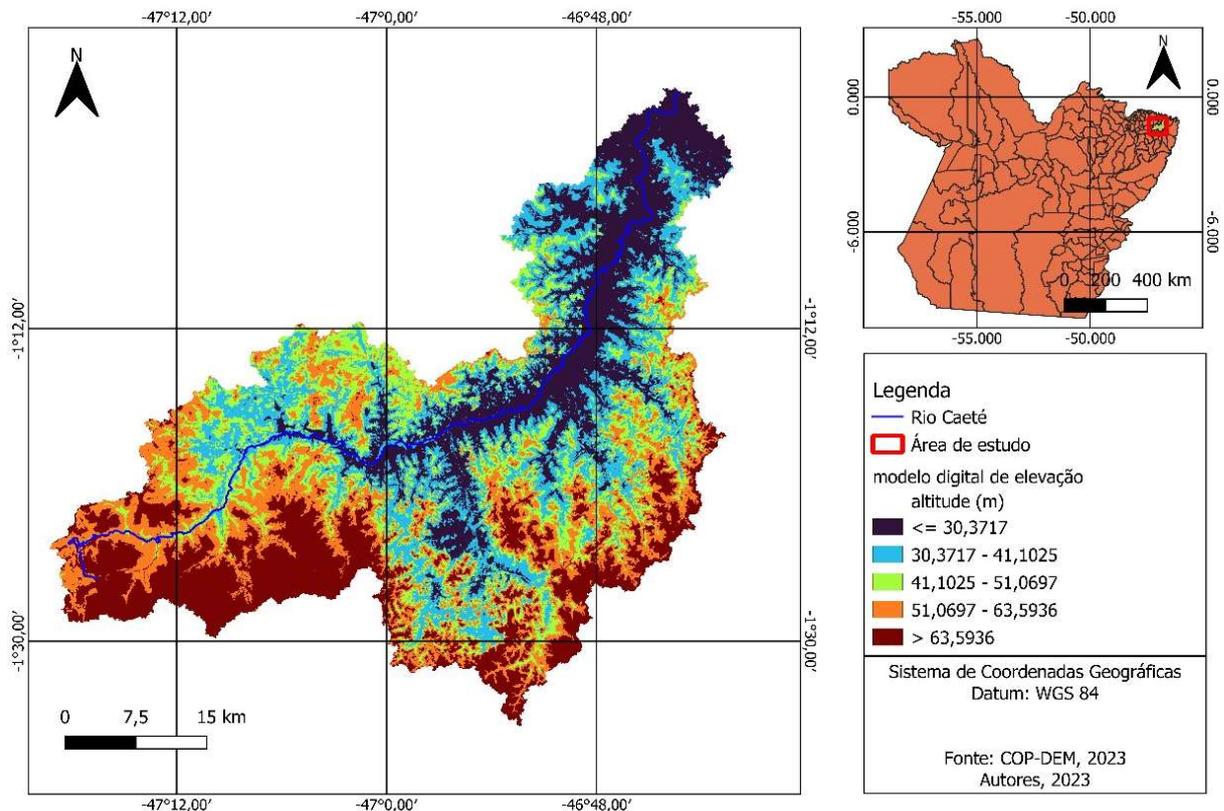
Os dados utilizados para o estudo de vazão são caracterizados como primários e secundários. A coleta de dados primários, para o estudo de vazão, está concentrada no município de Bonito, estado do Pará, em 5 (cinco) pontos, utilizando o método de

medição com o uso do Molinete Hidrométrico e o método medição através do Flutuador.

- 4 pontos de coleta no município de Bonito, próximos à nascente do Rio Caeté.
- 1 ponto de coleta no município de Bonito, na localidade do Arraial do Caeté.

A Figura 25 apresenta o mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté e as coordenadas geográficas da localização de medição de vazão, dos quais 5 pontos referentes a coleta de dados primários (Ponto 1, 2, 3, 4 e 6) e 1 ponto referente a obtenção de dados secundários (Ponto 12).

Figura 25 - Mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté e as Coordenadas Geográficas de medição de vazão



Localização de Coleta - Pará	Coordenadas Geográficas
Localização 1 Bonito	01° 26' 19,36" S 47° 16' 56,71" W
Localização 2 Bonito	01° 24' 23,47" S 47° 18' 10,66" W
Localização 3 Bonito	01° 27' 19,08" S 47° 17' 01,86" W

Localização de Coleta - Pará	Coordenadas Geográficas
Localização 4 Bonito	01° 27' 45,90" S 47° 17' 14,57" W
Localização 6 Bonito	01° 23' 38,90" S 47° 11' 16,91" W
Localização 12 Bragança	01° 16' 22,08" S 46° 53' 21,84" W

Fonte: Autor (2024).

Em toda a extensão da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, existe somente uma Estação Fluviométrica, situada na localidade de Nova Mocajuba, município de Bragança, estado do Pará, a qual está denominada de Ponto 12 neste trabalho.

Desta forma, complementar aos dados primários, foram analisados dados secundários, provenientes da Estação Fluviométrica disposta no Rio Caeté na localidade de Nova Mocajuba, município de Bragança, estado do Pará.

A Estação Fluviométrica citada acima possui dados diários de vazão disponíveis desde setembro de 1999 até junho de 2024.

As coletas de dados primários e medições constante neste trabalho foram realizadas entre os meses de janeiro de 2023 e janeiro de 2024, em 22 (vinte e duas) datas. A Figura 26 apresenta a equipe utilizando o Molinete Hidrométrico para medição de vazão do Rio Caeté no município de Bonito-PA, na localização dos pontos 1, 2, 3 e 4.

Figura 26 – Medição de vazão através do Molinete Hidrométrico, próximo à nascente do Rio Caeté (Pontos 1, 2, 3 e 4), em Bonito-PA



Fonte: Autor (2024).

A Figura 27 apresenta a equipe durante a realização de medição de vazão através do Método do Flutuador na localidade do Arraial do Caeté, município de Bonito-PA, no ponto 5. Esta localidade ocorre uma limitação do uso do Molinete Hidrométrico em função da profundidade em determinadas épocas do ano, da cheia do rio e da velocidade da água, que por questão de segurança da equipe impossibilitou a utilização do Molinete Hidrométrico de forma regular e contínua.

Figura 27 – Medição de vazão através do Método do Flutuador, no Arraial do Caeté (Ponto 6), em Bonito-PA



Fonte: Autor (2024).

5.2.3 Análise da vazão

A vazão foi medida a partir do Molinete Hidrométrico e do método do Flutuador. Em quatro localidades foi utilizado o Molinete Hidrométrico, visto que a localidade apresentou condições propícias para o uso deste equipamento, utilizado o Molinete Hidrométrico Universal da marca Newton. Em uma localidade foi utilizado o método do Flutuador, visto que as condições não foram favoráveis ao uso do Molinete Hidrométrico, por questão de segurança da equipe para realizar as medições.

a) Medição da vazão: Molinete Hidrométrico

A velocidade média (m/s), a partir do molinete hidrométrico utilizado, é calculada a partir da Equação 1 a seguir, obtida em processo de calibração específico para o molinete (Newton, 2022).

$$V = 0,01605430 + (0,27363199 * RPS)$$

Equação 1

Onde RPS (rotações por segundo) é obtido a partir dos dados de RPM (rotações por minuto) indicado no molinete hidrométrico, para cada subseção.

A posição da hélice do molinete e o número de posições é determinada a partir da Tabela 10, a seguir, tendo como fator determinante a profundidade da vertical de medição.

Tabela 10 - Posicionamento da haste do molinete hidrométrico em função da profundidade da vertical

Profundidade - h (m)	Nº de pontos de medição	Posição na vertical em relação à profundidade - h
$0,15 \leq h \leq 0,60$	1	0,6h
$0,60 < h \leq 1,20$	2	0,2h e 0,8h
$1,20 < h \leq 2,00$	3	0,2h e 0,6h e 0,8h
$2,00 < h \leq 4,00$	4	0,2h e 0,4h e 0,6h e 0,8h
$h > 4,00$	6	S e 0,2h e 0,4h e 0,6h e 0,8h e F

S - Superfície; F - Fundo

Fonte: Santos *et al.* (2001) e Back (2006, com adaptações).

A vazão é calculada por subseção, conforme a Equação 2 abaixo.

$$Q = V * A$$

Equação 2

Onde:

Q: vazão (m³/s)

V: velocidade média (m/s)

A: área da subseção molhada (m²)

A área de cada subseção molhada é calculada com os dados de profundidade e distância de cada vertical (ponto) medidos. É importante observar a característica dos dados e a natureza do local de medição para determinar a figura a ser utilizada para o cálculo da área em cada subseção.

Nos casos que para uma mesma vertical tiver sido realizado mais de uma medição, em função da profundidade, a vazão média para esta subseção deverá ser obtida conforme tabela a seguir.

Tabela 11 - Especificações para o cálculo da velocidade média, em função do posicionamento da haste do molinete hidrométrico e profundidade da vertical

Profundidade - h (m)	Nº de pontos de medição	Posição na vertical em relação à profundidade - h	Cálculo da velocidade média, na vertical
$0,15 \leq h \leq 0,60$	1	0,6h	$\bar{V} = V_{0,6}$
$0,60 < h \leq 1,20$	2	0,2h e 0,8h	$\bar{V} = (V_{0,2} + V_{0,8})/2$
$1,20 < h \leq 2,00$	3	0,2h e 0,6h e 0,8h	$\bar{V} = (V_{0,2} + 2V_{0,6} + V_{0,8})/4$
$2,00 < h \leq 4,00$	4	0,2h e 0,4h e 0,6h e 0,8h	$\bar{V} = (V_{0,2} + 2V_{0,4} + 2V_{0,6} + V_{0,8})/6$
$h > 4,00$	6	S e 0,2h e 0,4h e 0,6h e 0,8h e F	$\bar{V} = [V_S + 2(V_{0,2} + V_{0,4} + V_{0,6} + V_{0,8}) + V_F]/10$

S - Superfície; F - Fundo

Fonte: Santos *et al.* (2001) e Back (2006, com adaptações).

b) Medição da vazão: Método do Flutuador

A velocidade média (m/s), a partir do método do flutuador, é calculada a partir da Equação 3 a seguir. Para o cálculo da velocidade, é necessário medir a distância (m) a ser percorrida pelo objeto e medir o tempo percorrido pelo objeto flutuador, situação que foram realizadas 15 repetições.

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad \text{Equação 3}$$

A vazão é calculada, conforme a Equação 4 abaixo.

$$Q = V * A * C \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

Q: vazão (m³/s)

V: velocidade média do objeto flutuador (m/s)

A: área total da seção molhada (m²)

C: fator de correção

O fator de correção pode ser:

- 0,8, se o fundo do rio tiver uma característica no formato pedregoso
- 0,9, se o fundo do rio tiver uma característica no formato barrento

A área de cada subseção molhada é calculada com os dados de profundidade e distância de cada vertical (ponto) medidos. É importante observar a característica dos dados e a natureza do local de medição para determinar a figura a ser utilizada para o cálculo da área em cada subseção, para obter a área total.

5.2.4 Análise Estatística

a) Análise descritiva

A análise descritiva é utilizada para estudar e visualizar o comportamento dos dados, primários e secundários. Inicialmente, a Estatística Descritiva foi utilizada para apresentar um panorama geral a partir de cálculos de medidas estatísticas com os dados secundários, através da média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação percentual, máximo e mínimo. Para finalizar, foi utilizada para indicar comportamento semelhante a partir dos dados primários. Estes cálculos foram realizados no Excel. Todas os demais cálculos, gráficos e apoio para as análises foram realizadas no software R Core Team (2024). Destaca-se que a análise descritiva é importante para direcionar a escolha e aplicação de métodos estatísticos (Artes e Barroso, 2023).

b) Análise de séries temporais

Na sequência, foi realizado o estudo de Séries Temporais com os dados de vazão obtidos em intervalos regulares com periodicidade mensal. As Séries Temporais executam estudos de dados passados, que podem direcionar a previsão de fatos ou acontecimentos futuros. Série Temporal é uma sequência de observações registradas em intervalos de tempo regulares. Os dados podem ser empregados para previsões e análises (Oliveira; Albarracin; Silva, 2024). Vale destacar que a série temporal é um conjunto de dados ordenados no tempo, o que faz com que a vazão por ser uma medição sistemática ao longo do tempo, pode ser tratada como série temporal (Pinto; Lima e Zanetti, 2015).

A principal componente das séries temporais se refere à sazonalidade de dados, que implica a forma que a série se comporta em padrão sistemático em determinado período de tempo (Santana, 2003). Dentre as tarefas de uma série

temporal, pode-se destacar a previsão de valores futuros, a descrição do comportamento, a identificação de periodicidades relevantes ou de anomalias (Oliveira; Albarracin; Silva, 2024).

A metodologia compreende vários modelos, dentre eles os mais usais é o modelo ARIMA (*AutoRegressive Integrated Moving Average*) – Modelo Auto-Regressivo de Médias Móveis, o qual é baseado no domínio do tempo, em que os dados de vazão compõe uma série em função da variável tempo. O modelo SARIMA (*Seasonal AutoRegressive Integrated Moving Average*) – Modelo Auto-Regressivo de Médias Móveis com Sazonalidade, que é uma extensão do ARIMA para tratar especificamente da componente sazonal.

Os modelos ARIMA são capazes de estabelecer modelos para ampla gama de dados sazonais. Um modelo ARIMA sazonal é formado pela inclusão de termos sazonais adicionais, na forma $ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)_m$, em que o segundo componente faz referência à parte sazonal e m significa o número de períodos por estação, conforme destacado na Equação 5 a seguir:

$$\phi_p(L^S)\beta_p(L)(1-L^S)^D(1-L)^d y_t = c + \theta_q(L)\Theta_q(L^S)\varepsilon_t \quad \text{Equação 5}$$

Em uma série de dados, encontra-se a tendência, sazonalidade e resíduos. A tendência é o comportamento da série no longo prazo; a sazonalidade é o padrão sazonal da série com periodicidade ao longo do tempo; o resíduo é o restante, que em geral não é explicado, ou seja, é a componente aleatória (Oliveira; Albarracin; Silva, 2024).

c) Função de autocorrelação e autocorrelação parcial

A ACF – *Autocorrelation Function* (Função de autocorrelação) e a PACF – *Partial Autocorrelation Function* (Função de autocorrelação parcial) são ferramentas importantes dentro das séries temporais, para identificação da ordem do modelo (Pinto; Lima e Zanetti, 2015). São utilizadas para testar a aleatoriedade dos resíduos e identificar a sazonalidade (Martinez, Silva e Fabbro, 2011).

Para calcular a ACF – *Autocorrelation Function* (Função de autocorrelação), segue a Equação 6, conforme Enders (2004).

$$\rho_j = \frac{\sum_{t=j+1}^T (y_t - \bar{y})(y_{t-j} - \bar{y})}{\sum_{t=1}^T (y_t - \bar{y})^2} \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

t: índice no tempo da observação variável

T: tamanho da série temporal

y_t : valores individuais das observações em cada ponto do tempo t variável

\bar{y} : é a média amostral de y

Para calcular a PACF – *Partial Autocorrelation Function* (Função de autocorrelação parcial), utiliza-se a estimativa através de um conjunto de regressão de mínimos quadrados ordinários. Segue a Equação 7, conforme Hamilton (1994).

$$y_{t,j} = \phi_{j,1}y_{t-1} + \phi_{j,2}y_{t-2} + \dots + \phi_{j,j}y_{t-j} + \varepsilon_t \quad \text{Equação 7}$$

O coeficiente $\phi_{j,j}$ estimado através de mínimos quadrados ordinários com os coeficientes padronizados $\hat{\phi} = (X'X)^{-1}X'Y$.

O coeficiente $\hat{\phi}_{1,1}$ estimado através de mínimos quadrados ordinários:

$$\hat{\phi}_{1,1} = \frac{Cov(y_{t-1}, y_t)}{Var(y_t)} .$$

5.3 Resultados e discussões

5.3.1 Análise descritiva da vazão em Bragança-PA

Os resultados de vazão da Estação Fluviométrica (32350000) localizada no município de Bragança, estado do Pará, estão dispostos a seguir na Tabela 12 (ano de 2000 a 2003), Tabela 13 (ano de 2004 a 2007), Tabela 14 (ano de 2008 a 2011), Tabela 15 (ano de 2012 a 2015), Tabela 16 (ano de 2016 a 2019) e Tabela 17 (ano de 2020 a 2023), as quais apresentam os valores da média, mediana, desvio padrão,

coeficiente de variação percentual, máximo e mínimo com detalhamento mensal, calculados a partir dos dados diários, dentro de cada ano.

A Tabela 12 indica que nos anos de 2000, 2001 e 2002, o mês de abril apresentou maior vazão média, sendo que no ano de 2003, a maior vazão média ocorreu no mês de março. Nos anos de 2001, 2002 e 2003, o mês de dezembro apresentou a menor vazão média, sendo que no ano de 2000, a menor vazão média ocorreu no mês de novembro.

No ano de 2000, a vazão máxima diária ocorreu no mês de abril, assim como a maior variação absoluta da vazão diária, identificada através do desvio padrão. A vazão mínima diária ocorreu no mês de dezembro, mas a menor variação absoluta da vazão diária ocorreu no mês de novembro.

No ano de 2001, a vazão máxima diária ocorreu no mês de abril, mas a maior variação absoluta da vazão diária ocorreu no mês fevereiro, identificada através do desvio padrão. A vazão mínima diária ocorreu no mês de dezembro, assim como a menor variação absoluta da vazão diária.

No ano de 2002, a vazão máxima diária ocorreu no mês de abril, assim como a maior variação absoluta da vazão diária, identificada através do desvio padrão. A vazão mínima diária ocorreu no mês de janeiro, mas a menor variação absoluta da vazão diária ocorreu no mês de novembro.

No ano de 2003, a vazão máxima diária ocorreu no mês de março, mas a maior variação absoluta da vazão diária ocorreu no mês fevereiro, identificada através do desvio padrão. A vazão mínima diária ocorreu no mês de janeiro, mas a menor variação absoluta da vazão diária ocorreu no mês de dezembro.

Tabela 12 - Distribuição das medidas descritivas da vazão mensal, a partir de dados diários, nos anos de 2000 até 2003, referente a Estação Fluviométrica localizada em Bragança, estado do Pará

Ano 2000	Medidas de Vazão (m³/s)					
	Média	Mediana	Desv Pad	CV %	Máximo	Mínimo
Janeiro	28,45	26,66	9,6274	33,84%	54,08	15,42
Fevereiro	55,88	59,58	18,7963	33,64%	85,92	15,18
Março	68,90	61,87	15,4292	22,39%	101,08	48,86
Abril	84,73	80,17	21,6512	25,55%	131,09	53,01
Maio	79,99	79,17	10,9718	13,72%	98,09	57,35
Junho	62,63	61,87	9,3551	14,94%	84,55	47,86
Julho	55,36	55,16	4,6191	8,34%	66,57	45,87
Agosto	38,41	37,08	10,3318	26,90%	65,98	22,38
Setembro	21,38	20,52	3,9104	18,29%	31,66	14,94
Outubro	11,77	11,99	2,0208	17,17%	14,94	8,45
Novembro	6,70	6,43	0,8558	12,78%	8,81	5,82
Dezembro	6,85	5,52	2,7453	40,05%	13,54	4,82

Ano 2001	Medidas de Vazão (m³/s)					
	Média	Mediana	Desv Pad	CV %	Máximo	Mínimo
Janeiro	27,38	26,03	19,0159	69,45%	70,23	4,96
Fevereiro	77,53	72,10	33,2223	42,85%	160,50	29,61
Março	88,11	85,92	15,6172	17,73%	123,40	59,02
Abril	121,32	113,94	25,2698	20,83%	187,86	93,69
Maio	79,21	79,17	16,3866	20,69%	115,15	51,96
Junho	52,84	51,44	5,1958	9,83%	69,61	45,38
Julho	51,10	50,92	8,0754	15,80%	64,20	36,64
Agosto	26,06	25,09	5,9992	23,02%	40,20	16,66
Setembro	16,75	16,03	4,9622	29,63%	32,01	10,94
Outubro	8,67	8,27	1,4109	16,28%	11,99	7,24
Novembro	6,39	5,97	1,4629	22,90%	10,74	4,96
Dezembro	4,52	4,42	0,4076	9,02%	5,38	4,04

Ano 2002	Medidas de Vazão (m³/s)					
	Média	Mediana	Desv Pad	CV %	Máximo	Mínimo
Janeiro	20,26	21,80	9,9249	48,98%	39,74	4,16
Fevereiro	48,70	51,18	13,0225	26,74%	69,00	25,71
Março	74,27	75,27	15,1450	20,39%	109,56	44,90
Abril	90,42	86,96	15,2126	16,83%	122,56	67,78
Maio	81,10	78,52	7,3507	9,06%	99,58	72,73
Junho	72,89	72,73	7,1431	9,80%	88,01	56,25
Julho	46,59	42,99	8,1412	17,47%	61,29	36,64
Agosto	29,81	30,29	3,7948	12,73%	35,78	22,38
Setembro	15,92	16,16	3,3536	21,06%	22,97	10,94
Outubro	9,10	9,18	1,0506	11,55%	10,94	7,40
Novembro	6,37	6,43	0,5724	8,98%	7,24	5,23
Dezembro	6,00	5,52	0,9695	16,17%	8,27	4,96

Ano 2003	Medidas de Vazão (m³/s)					
	Média	Mediana	Desv Pad	CV %	Máximo	Mínimo
Janeiro	13,63	5,82	16,0293	117,58%	59,58	4,29
Fevereiro	88,51	90,12	23,6994	26,78%	133,71	34,15
Março	104,12	93,69	23,2379	22,32%	165,39	78,52
Abril	103,49	98,09	15,5194	15,00%	139,93	83,19
Maio	86,55	83,19	16,3880	18,94%	124,24	65,98
Junho	68,07	69,92	8,4204	12,37%	82,51	48,36
Julho	50,26	47,86	7,6662	15,25%	70,23	38,40
Agosto	33,09	31,32	6,6174	20,00%	45,87	24,97
Setembro	20,14	19,82	3,0364	15,08%	25,59	14,99
Outubro	13,23	13,30	1,5272	11,54%	17,05	11,02
Novembro	9,47	9,17	1,0527	11,12%	11,75	7,96
Dezembro	8,38	8,25	0,9229	11,01%	10,84	7,26

Fonte: Autor (2024).

A Tabela 13 indica que nos anos de 2004, 2005, 2006 e 2007, o mês de abril apresentou maior vazão média. Nos anos de 2004 e 2006, o mês de dezembro apresentou a menor vazão média, sendo que no ano de 2005, a menor vazão média ocorreu no mês de novembro e no ano de 2007, a menor vazão média ocorreu no mês de janeiro.

No ano de 2004, a vazão máxima diária ocorreu no mês de março, assim como a maior variação absoluta da vazão diária, identificada através do desvio padrão. A vazão mínima diária ocorreu no mês de dezembro, assim como a menor variação absoluta da vazão diária.

No ano de 2005, a vazão máxima diária ocorreu no mês de abril, mas a maior variação absoluta da vazão diária ocorreu no mês junho, identificada através do desvio padrão. A vazão mínima diária ocorreu no mês de janeiro, mas a menor variação absoluta da vazão diária ocorreu no mês de novembro.

No ano de 2006, a vazão máxima diária ocorreu no mês de março, assim como a maior variação absoluta da vazão diária, identificada através do desvio padrão. A

vazão mínima diária ocorreu no mês de dezembro, assim como a menor variação absoluta da vazão diária.

No ano de 2007, a vazão máxima diária ocorreu no mês de abril, assim como a maior variação absoluta da vazão diária, identificada através do desvio padrão. A vazão mínima diária ocorreu no mês de janeiro, mas a menor variação absoluta da vazão diária ocorreu no mês de novembro.

Tabela 13 - Distribuição das medidas descritivas da vazão mensal, a partir de dados diários, nos anos de 2004 até 2007, referente a Estação Fluviométrica localizada em Bragança, estado do Pará

Ano 2004	Medidas de Vazão (m ³ /s)					
	Média	Mediana	Desv Pad	CV %	Máximo	Mínimo
Janeiro	10,70	10,15	2,5961	24,27%	15,89	7,13
Fevereiro	60,75	65,42	17,9998	29,63%	83,19	16,35
Março	90,75	91,54	24,0352	26,48%	138,14	45,13
Abril	92,20	89,77	15,5124	16,83%	129,36	71,47
Maio	70,49	63,67	14,7187	20,88%	97,35	54,39
Junho	49,38	48,89	5,8976	11,94%	62,53	41,13
Julho	38,23	39,44	12,1624	31,81%	60,84	15,43
Agosto	47,21	45,58	14,8243	31,40%	80,50	25,90
Setembro	23,80	25,28	4,9074	20,62%	33,87	16,11
Outubro	15,01	13,92	3,6728	24,46%	23,46	11,38
Novembro	9,58	8,70	2,1308	22,24%	15,66	7,54
Dezembro	7,67	7,13	2,0988	27,37%	15,89	6,73

Ano 2005	Medidas de Vazão (m ³ /s)					
	Média	Mediana	Desv Pad	CV %	Máximo	Mínimo
Janeiro	10,11	8,40	5,7218	56,61%	26,86	5,30
Fevereiro	19,88	20,09	11,0330	55,49%	44,67	7,13
Março	71,66	70,85	18,1313	25,30%	98,83	30,23
Abril	92,87	92,26	16,2478	17,49%	142,64	72,73
Maio	68,50	66,59	11,6688	17,03%	101,08	53,87
Junho	70,41	68,39	19,7220	28,01%	101,83	39,44
Julho	42,81	40,28	12,3370	28,82%	66,00	26,22
Agosto	25,80	24,05	6,9513	26,94%	46,51	17,78
Setembro	11,67	11,02	1,9570	16,77%	17,29	9,49
Outubro	9,10	9,01	1,1063	12,16%	11,02	7,26
Novembro	6,86	6,61	0,9557	13,92%	9,81	5,87
Dezembro	14,50	12,70	8,2960	57,22%	32,02	5,64

Ano 2006	Medidas de Vazão (m ³ /s)					
	Média	Mediana	Desv Pad	CV %	Máximo	Mínimo
Janeiro	25,85	20,90	13,8654	53,63%	64,25	12,32
Fevereiro	34,10	36,78	16,2080	47,53%	66,59	10,32
Março	71,51	68,39	24,5120	34,28%	131,09	36,19
Abril	82,88	80,17	16,1529	19,49%	122,56	63,67
Maio	76,17	72,73	9,6595	12,68%	95,15	63,10
Junho	46,90	46,75	7,7273	16,48%	64,83	33,12
Julho	36,54	35,79	7,3671	20,16%	54,39	26,22
Agosto	25,67	24,66	6,2251	24,25%	42,00	16,58
Setembro	13,39	13,51	2,6472	19,77%	19,30	9,17
Outubro	8,30	7,82	1,2336	14,87%	11,93	6,99
Novembro	7,59	7,33	0,7257	9,56%	9,33	6,35
Dezembro	5,43	5,42	0,4272	7,86%	6,73	4,88

Ano 2007	Medidas de Vazão (m ³ /s)					
	Média	Mediana	Desv Pad	CV %	Máximo	Mínimo
Janeiro	4,75	4,57	0,8079	16,99%	6,99	3,65
Fevereiro	26,28	23,16	16,8334	64,07%	71,47	4,19
Março	58,96	60,28	15,4835	26,26%	88,71	24,36
Abril	87,58	87,66	18,1983	20,78%	121,72	59,73
Maio	79,32	79,84	17,7726	22,41%	117,59	54,39
Junho	56,22	53,10	12,0628	21,46%	88,71	36,98
Julho	44,83	46,51	9,2814	20,70%	68,39	30,23
Agosto	31,36	31,65	8,2668	26,36%	48,40	20,35
Setembro	15,69	13,61	4,6841	29,85%	25,90	10,32
Outubro	9,40	9,81	0,9795	10,43%	10,84	7,54
Novembro	6,46	6,29	0,5282	8,17%	7,54	5,76
Dezembro	8,88	7,54	3,2936	37,08%	20,09	5,76

Fonte: Autor (2024).

A Tabela 14 indica que nos anos de 2008 e 2009, o mês de maio apresentou maior vazão média, sendo que nos anos de 2010 e 2011, a maior vazão média ocorreu no mês de abril. Nos anos de 2009 e 2011, o mês de dezembro apresentou a menor vazão média, sendo que no ano de 2008 a menor vazão média ocorreu no mês de novembro e no ano de 2010, a menor vazão média ocorreu no mês de outubro.

No ano de 2008, a vazão máxima diária ocorreu no mês de maio, assim como a maior variação absoluta da vazão diária, identificada através do desvio padrão. A vazão mínima diária ocorreu no mês de dezembro, mas a menor variação absoluta da vazão diária ocorreu no mês de novembro.

No ano de 2009, a vazão máxima diária ocorreu no mês de maio, assim como a maior variação absoluta da vazão diária, identificada através do desvio padrão. A vazão mínima diária ocorreu no mês de dezembro, mas a menor variação absoluta da vazão diária ocorreu no mês de novembro.

No ano de 2010, a vazão máxima diária ocorreu no mês de abril, mas a maior variação absoluta da vazão diária ocorreu no mês março, identificada através do desvio padrão. A vazão mínima diária ocorreu no mês de outubro, mas a menor variação absoluta da vazão diária ocorreu no mês de novembro.

No ano de 2011, a vazão máxima diária ocorreu no mês de março, assim como a maior variação absoluta da vazão diária, identificada através do desvio padrão. A vazão mínima diária ocorreu no mês de dezembro, assim como a menor variação absoluta da vazão diária.

Tabela 14 - Distribuição das medidas descritivas da vazão mensal, a partir de dados diários, nos anos de 2008 até 2011, referente a Estação Fluviométrica localizada em Bragança, estado do Pará

Ano 2008	Medidas de Vazão (m³/s)					
	Média	Mediana	Desv Pad	CV %	Máximo	Mínimo
Janeiro	37,95	36,98	23,9085	63,00%	81,84	9,65
Fevereiro	46,79	46,98	14,8679	31,78%	83,19	19,04
Março	79,69	79,17	16,0426	20,13%	104,89	51,34
Abril	95,27	96,24	16,5940	17,42%	126,78	67,79
Maio	99,35	90,12	27,0117	27,19%	158,57	65,42
Junho	84,21	80,83	16,0142	19,02%	132,83	61,40
Julho	53,92	52,34	9,8665	18,30%	71,47	39,02
Agosto	32,64	32,75	8,5270	26,12%	60,28	23,46
Setembro	20,17	19,95	4,0011	19,83%	31,29	13,71
Outubro	11,78	11,75	3,1444	26,69%	17,05	6,23
Novembro	6,17	5,53	1,4718	23,85%	9,33	4,38
Dezembro	6,75	4,67	3,7547	55,62%	15,43	4,09

Ano 2009	Medidas de Vazão (m³/s)					
	Média	Mediana	Desv Pad	CV %	Máximo	Mínimo
Janeiro	16,26	14,99	7,7105	47,43%	38,61	6,23
Fevereiro	53,73	39,44	28,4580	52,96%	112,73	26,22
Março	93,23	91,54	18,6408	20,00%	123,40	63,10
Abril	98,95	91,18	21,6816	21,91%	151,90	69,00
Maio	125,55	120,06	33,2755	26,50%	225,69	85,92
Junho	109,45	106,04	24,0058	21,93%	172,37	77,86
Julho	63,28	60,84	12,7722	20,18%	83,87	46,05
Agosto	34,12	33,87	7,5853	22,23%	49,37	24,36
Setembro	18,06	17,41	3,1642	17,52%	26,22	13,71
Outubro	11,50	11,75	1,2430	10,80%	13,92	9,65
Novembro	8,15	8,10	0,6943	8,52%	9,49	7,13
Dezembro	6,83	6,73	0,7154	10,47%	9,98	5,99

Ano 2010	Medidas de Vazão (m³/s)					
	Média	Mediana	Desv Pad	CV %	Máximo	Mínimo
Janeiro	14,85	9,17	8,9782	60,45%	33,12	6,99
Fevereiro	19,11	13,92	12,1440	63,56%	53,36	9,65
Março	20,75	12,90	15,4567	74,50%	55,43	8,55
Abril	68,87	69,62	11,0873	16,10%	90,12	47,45
Maio	50,65	47,45	11,5834	22,87%	73,99	34,63
Junho	37,59	36,99	6,9425	18,47%	52,34	26,54
Julho	30,71	30,23	6,3834	20,79%	42,00	22,29
Agosto	21,20	21,73	5,9938	28,27%	44,67	13,30
Setembro	10,00	9,81	2,4101	24,10%	14,77	6,99
Outubro	7,01	6,48	1,6783	23,94%	11,09	5,64
Novembro	7,66	7,28	1,2913	16,85%	10,55	6,00
Dezembro	10,55	9,86	3,9061	37,03%	22,48	6,25

Ano 2011	Medidas de Vazão (m³/s)					
	Média	Mediana	Desv Pad	CV %	Máximo	Mínimo
Janeiro	47,37	38,41	28,6822	60,56%	103,35	13,82
Fevereiro	64,60	65,25	24,5339	37,98%	122,56	31,98
Março	99,34	88,71	42,9437	43,23%	230,39	37,29
Abril	107,71	106,43	14,6243	13,58%	141,74	85,92
Maio	86,88	89,41	12,1626	14,00%	114,34	66,53
Junho	63,30	63,96	6,1040	9,64%	72,73	51,57
Julho	58,52	57,10	6,3797	10,90%	72,73	48,07
Agosto	42,18	41,10	8,5742	20,33%	60,97	29,35
Setembro	23,05	22,90	3,6612	15,88%	31,31	16,66
Outubro	17,07	14,45	6,7466	39,53%	37,66	11,27
Novembro	11,95	10,46	3,0057	25,14%	20,61	9,52
Dezembro	7,41	7,21	0,7204	9,72%	9,86	6,52

Fonte: Autor (2024).

A Tabela 15 indica que nos anos de 2012 e 2015, o mês de abril apresentou maior vazão média, sendo que nos anos de 2013 e 2014, a maior vazão média ocorreu no mês de maio. Nos anos de 2012, 2014 e 2015, o mês de dezembro apresentou a

menor vazão média, sendo que no ano de 2013 a menor vazão média ocorreu no mês de janeiro.

No ano de 2012, a vazão máxima diária ocorreu no mês de abril, assim como a maior variação absoluta da vazão diária, identificada através do desvio padrão. A vazão mínima diária ocorreu no mês de dezembro, assim como a menor variação absoluta da vazão diária.

No ano de 2013, a vazão máxima diária ocorreu no mês de abril, assim como a maior variação absoluta da vazão diária, identificada através do desvio padrão. A vazão mínima diária ocorreu no mês de janeiro, mas a menor variação absoluta da vazão diária ocorreu no mês de novembro.

No ano de 2014, a vazão máxima diária ocorreu no mês de maio, assim como a maior variação absoluta da vazão diária, identificada através do desvio padrão. A vazão mínima diária ocorreu no mês de dezembro, mas a menor variação absoluta da vazão diária ocorreu no mês de novembro.

No ano de 2015, a vazão máxima diária ocorreu no mês de abril, mas a maior variação absoluta da vazão diária ocorreu no mês março, identificada através do desvio padrão. A vazão mínima diária ocorreu no mês de dezembro, assim como a menor variação absoluta da vazão diária.

Tabela 15 - Distribuição das medidas descritivas da vazão mensal, a partir de dados diários, nos anos de 2012 até 2015, referente a Estação Fluviométrica localizada em Bragança, estado do Pará

Ano 2012	Medidas de Vazão (m ³ /s)					
	Média	Mediana	Desv Pad	CV %	Máximo	Mínimo
Janeiro	7,74	7,49	1,5468	19,98%	11,09	5,26
Fevereiro	11,79	10,91	5,7306	48,62%	29,67	6,00
Março	37,30	36,19	8,4707	22,71%	54,30	25,04
Abril	57,00	52,27	17,4298	30,58%	92,25	33,35
Maio	53,22	54,76	10,1962	19,16%	69,68	31,65
Junho	45,34	45,95	9,4321	20,80%	62,96	31,65
Julho	47,57	46,37	9,2188	19,38%	64,98	32,66
Agosto	27,71	26,84	5,0315	18,16%	38,79	20,61
Setembro	13,97	12,41	4,7496	34,00%	24,46	9,19
Outubro	8,12	8,24	1,0336	12,73%	9,69	6,12
Novembro	5,84	5,62	0,9291	15,92%	8,71	4,80
Dezembro	5,05	4,80	0,7818	15,47%	7,64	4,37

Ano 2013	Medidas de Vazão (m ³ /s)					
	Média	Mediana	Desv Pad	CV %	Máximo	Mínimo
Janeiro	6,74	6,25	1,6693	24,76%	11,83	5,03
Fevereiro	8,67	8,95	2,8595	32,97%	15,31	5,50
Março	20,68	18,82	8,2903	40,09%	35,83	8,39
Abril	68,88	64,98	22,8301	33,14%	116,77	34,76
Maio	87,03	85,92	10,8074	12,42%	103,35	61,96
Junho	39,00	39,17	4,8256	12,37%	53,38	31,31
Julho	35,23	32,66	10,8288	30,74%	67,05	19,83
Agosto	33,57	31,98	6,4776	19,30%	46,37	23,32
Setembro	19,85	18,48	8,6177	43,42%	42,28	9,35
Outubro	10,70	9,86	2,2609	21,14%	18,09	8,55
Novembro	8,83	8,87	0,7553	8,56%	10,03	7,79
Dezembro	12,11	11,83	1,1666	9,63%	14,45	9,52

Ano 2014	Medidas de Vazão (m ³ /s)					
	Média	Mediana	Desv Pad	CV %	Máximo	Mínimo
Janeiro	12,28	11,64	2,7024	22,01%	17,13	7,49
Fevereiro	35,65	30,98	16,5813	46,52%	76,56	14,02
Março	61,97	62,96	14,9784	24,17%	103,35	36,92
Abril	86,51	86,96	15,2854	17,67%	136,35	62,96
Maio	96,79	92,25	16,9154	17,48%	145,39	79,17
Junho	76,31	75,27	4,7332	6,20%	84,55	70,23
Julho	57,09	59,50	8,8590	15,52%	77,21	43,08
Agosto	37,86	38,79	6,3745	16,84%	48,07	26,23
Setembro	24,90	21,00	10,2142	41,02%	48,50	13,82
Outubro	12,15	12,02	1,7721	14,59%	15,09	9,19
Novembro	7,98	7,86	0,5193	6,51%	8,87	7,35
Dezembro	6,91	6,52	1,0849	15,69%	9,86	5,62

Ano 2015	Medidas de Vazão (m ³ /s)					
	Média	Mediana	Desv Pad	CV %	Máximo	Mínimo
Janeiro	6,04	5,62	0,9644	15,96%	8,24	5,03
Fevereiro	6,36	6,32	0,8596	13,51%	8,71	5,03
Março	44,36	30,98	35,0680	79,06%	106,43	7,07
Abril	86,28	83,98	11,6862	13,54%	120,06	64,47
Maio	66,66	64,47	13,5832	20,38%	88,56	48,91
Junho	49,94	49,40	8,0864	16,19%	67,80	33,08
Julho	48,01	47,93	13,3091	27,72%	76,99	29,72
Agosto	28,31	26,01	9,1000	32,15%	51,88	16,85
Setembro	11,68	10,43	2,4924	21,34%	16,64	9,17
Outubro	7,70	7,92	0,8885	11,53%	9,01	6,19
Novembro	5,43	5,40	0,4495	8,27%	6,19	4,78
Dezembro	4,36	4,42	0,3208	7,35%	4,90	3,85

Fonte: Autor (2024).

A Tabela 16 indica que nos anos de 2016, 2017, 2018 e 2019, o mês de abril apresentou maior vazão média. Nos anos de 2016 e 2018, o mês de novembro apresentou a menor vazão média, sendo que no ano de 2015 e 2017 a menor vazão média ocorreu no mês de dezembro.

No ano de 2016, a vazão máxima diária ocorreu no mês de abril, mas a maior variação absoluta da vazão diária ocorreu no mês março, identificada através do desvio padrão. A vazão mínima diária ocorreu no mês de janeiro, mas a menor variação absoluta da vazão diária ocorreu no mês de novembro.

No ano de 2017, a vazão máxima diária ocorreu no mês de abril, assim como a maior variação absoluta da vazão diária, identificada através do desvio padrão. A vazão mínima diária ocorreu no mês de dezembro, mas a menor variação absoluta da vazão diária ocorreu no mês de novembro.

No ano de 2018, a vazão máxima diária ocorreu no mês de fevereiro, assim como a maior variação absoluta da vazão diária, identificada através do desvio padrão. A vazão mínima diária ocorreu no mês de janeiro, mas a menor variação absoluta da vazão diária ocorreu no mês de outubro.

No ano de 2019, a vazão máxima diária ocorreu no mês de abril, mas a maior variação absoluta da vazão diária ocorreu no mês fevereiro, identificada através do desvio padrão. A vazão mínima diária ocorreu no mês de dezembro, mas a menor variação absoluta da vazão diária ocorreu no mês de outubro.

Tabela 16 - Distribuição das medidas descritivas da vazão mensal, a partir de dados diários, nos anos de 2016 até 2019, referente a Estação Fluviométrica localizada em Bragança, estado do Pará

Ano 2016	Medidas de Vazão (m³/s)					
	Média	Mediana	Desv Pad	CV %	Máximo	Mínimo
Janeiro	7,86	4,54	7,2239	91,94%	25,50	3,74
Fevereiro	48,94	33,36	28,8866	59,03%	109,59	23,01
Março	76,87	72,33	19,6097	25,51%	124,32	50,39
Abril	90,00	92,86	21,5821	23,98%	143,58	53,90
Maio	68,88	72,91	10,2569	14,89%	83,98	51,88
Junho	52,37	54,16	9,5798	18,29%	67,24	36,88
Julho	46,25	40,89	14,5161	31,38%	73,48	28,10
Agosto	21,62	22,04	4,8371	22,38%	33,08	15,19
Setembro	10,67	10,09	2,3558	22,08%	15,40	8,07
Outubro	7,30	7,47	0,6683	9,15%	8,22	5,92
Novembro	4,83	4,90	0,4699	9,72%	5,79	4,08
Dezembro	6,72	6,19	2,1769	32,39%	12,66	3,85

Ano 2017	Medidas de Vazão (m³/s)					
	Média	Mediana	Desv Pad	CV %	Máximo	Mínimo
Janeiro	37,18	34,23	19,4014	52,18%	73,48	8,85
Fevereiro	70,81	67,24	21,6888	30,63%	114,70	32,22
Março	69,22	68,92	9,3466	13,50%	83,98	50,88
Abril	96,19	84,74	30,3426	31,54%	162,98	59,62
Maio	89,38	87,79	15,1602	16,96%	121,67	67,80
Junho	58,43	53,65	14,8600	25,43%	112,13	44,12
Julho	36,32	32,51	12,3667	34,05%	59,62	23,25
Agosto	19,29	18,36	3,5049	18,17%	26,53	13,61
Setembro	10,80	10,94	1,4094	13,06%	13,23	8,69
Outubro	7,84	7,92	0,7790	9,93%	9,34	6,47
Novembro	5,20	5,09	0,6046	11,62%	6,47	4,42
Dezembro	4,81	4,42	1,1433	23,75%	7,77	3,64

Ano 2018	Medidas de Vazão (m³/s)					
	Média	Mediana	Desv Pad	CV %	Máximo	Mínimo
Janeiro	10,80	7,03	9,4627	87,63%	41,80	4,08
Fevereiro	54,61	41,34	37,4721	68,62%	154,12	21,33
Março	46,70	36,88	24,5870	52,65%	95,63	22,52
Abril	90,04	88,95	8,1138	9,01%	111,28	74,06
Maio	87,50	83,22	9,5329	10,90%	111,28	77,58
Junho	62,87	63,93	9,0688	14,42%	80,98	42,72
Julho	44,37	42,26	9,3077	20,98%	65,02	32,51
Agosto	30,93	31,10	10,3703	33,53%	52,38	18,81
Setembro	14,83	13,33	3,4961	23,58%	22,76	10,34
Outubro	7,94	7,92	1,1954	15,05%	10,34	5,92
Novembro	6,04	5,53	2,4612	40,73%	17,71	4,78
Dezembro	39,33	34,52	14,6993	37,37%	67,80	23,01

Ano 2019	Medidas de Vazão (m³/s)					
	Média	Mediana	Desv Pad	CV %	Máximo	Mínimo
Janeiro	34,54	33,65	12,9884	37,61%	63,38	17,06
Fevereiro	77,35	85,11	30,5359	39,48%	137,96	24,49
Março	111,93	107,07	27,6759	24,73%	181,30	80,98
Abril	116,68	111,28	23,5734	20,20%	187,59	89,34
Maio	100,87	97,23	10,6045	10,51%	125,21	83,98
Junho	78,94	78,47	11,3340	14,36%	102,92	60,68
Julho	67,94	62,84	19,8281	29,19%	130,61	51,88
Agosto	48,15	43,65	15,5771	32,35%	80,98	30,55
Setembro	25,22	24,62	3,6988	14,66%	32,79	20,40
Outubro	14,33	14,19	1,9085	13,32%	19,26	11,03
Novembro	11,05	10,43	2,0874	18,89%	15,40	8,38
Dezembro	9,52	8,38	2,9397	30,86%	19,03	7,03

Fonte: Autor (2024).

A Tabela 17 indica que nos anos de 2020 e 2021, o mês de março apresentou maior vazão média, sendo que no ano de 2022 a maior vazão média ocorreu no mês de maio e no ano de 2023 a maior vazão ocorreu no mês de abril. No ano de 2020, 2021 e 2022, o mês de outubro apresentou a menor vazão média, sendo que no ano de 2023 a menor vazão média ocorreu no mês de novembro.

No ano de 2020, a vazão máxima diária ocorreu no mês de março, mas a maior variação absoluta da vazão diária ocorreu no mês março, assim como a maior variação absoluta da vazão diária. A vazão mínima diária ocorreu no mês de outubro, assim como a menor variação absoluta da vazão diária.

No ano de 2021, a vazão máxima diária ocorreu no mês de junho, mas a maior variação absoluta da vazão diária ocorreu no mês fevereiro. A vazão mínima diária

ocorreu no mês de janeiro, mas a menor variação absoluta da vazão diária ocorreu no mês de novembro.

No ano de 2022, a vazão máxima diária ocorreu no mês de maio, assim como a maior variação absoluta da vazão diária. A vazão mínima diária ocorreu no mês de outubro, assim como a menor variação absoluta da vazão diária.

No ano de 2023, a vazão máxima diária ocorreu no mês de abril, assim como a maior variação absoluta da vazão diária. A vazão mínima diária ocorreu no mês de dezembro, mas a menor variação absoluta da vazão diária ocorreu no mês de novembro.

Tabela 17 - Distribuição das medidas descritivas da vazão mensal, a partir de dados diários, nos anos de 2016 até 2019, referente a Estação Fluviométrica localizada em Bragança, estado do Pará

Ano 2020	Medidas de Vazão (m³/s)					
	Média	Mediana	Desv Pad	CV %	Máximo	Mínimo
Janeiro	37,41	31,66	17,3943	46,50%	76,40	13,42
Fevereiro	81,48	78,77	15,2623	18,73%	110,43	51,88
Março	109,23	109,59	22,4858	20,59%	159,02	79,49
Abril	86,89	81,72	10,3050	11,86%	114,70	77,58
Maio	86,47	87,02	10,0508	11,62%	107,90	66,68
Junho	62,95	63,93	10,5129	16,70%	84,73	45,06
Julho	35,82	36,88	6,0165	16,80%	45,06	23,49
Agosto	17,28	16,64	2,8647	16,58%	23,25	12,85
Setembro	11,67	12,02	1,9474	16,68%	15,60	8,54
Outubro	8,29	7,92	1,4293	17,23%	12,47	6,75
Novembro	15,31	14,99	5,8311	38,10%	28,64	7,18
Dezembro	9,89	9,50	2,4074	24,34%	18,81	7,77

Ano 2021	Medidas de Vazão (m³/s)					
	Média	Mediana	Desv Pad	CV %	Máximo	Mínimo
Janeiro	16,02	9,66	13,9126	86,86%	55,95	6,89
Fevereiro	42,54	34,09	29,0409	68,27%	107,90	10,51
Março	77,78	76,40	11,2567	14,47%	106,23	58,04
Abril	71,83	72,05	12,9590	18,04%	95,63	48,91
Maio	70,79	67,80	13,6025	19,22%	95,63	52,38
Junho	70,97	62,30	18,2718	25,74%	110,43	54,41
Julho	62,60	59,62	8,6198	13,77%	83,22	50,88
Agosto	44,23	39,53	14,8609	33,60%	77,58	26,53
Setembro	19,66	19,37	3,8423	19,54%	26,79	14,19
Outubro	12,13	12,11	2,0606	16,98%	17,49	8,85
Novembro	14,60	14,00	1,5640	10,72%	19,71	12,66
Dezembro	13,69	11,92	5,3367	38,97%	29,18	8,38

Ano 2022	Medidas de Vazão (m³/s)					
	Média	Mediana	Desv Pad	CV %	Máximo	Mínimo
Janeiro	42,66	42,31	20,9306	49,06%	87,40	8,15
Fevereiro	48,20	40,99	16,5678	34,37%	77,20	27,10
Março	80,15	80,30	14,0486	17,53%	102,06	52,52
Abril	89,27	86,90	10,7839	12,08%	115,44	72,70
Maio	125,61	109,58	45,8661	36,51%	247,85	82,52
Junho	69,35	63,29	12,6986	18,31%	95,60	55,92
Julho	55,77	56,42	10,7224	19,23%	77,81	36,78
Agosto	38,54	34,57	9,9789	25,89%	60,24	25,23
Setembro	15,20	14,73	4,0164	26,43%	24,33	10,49
Outubro	9,71	9,08	2,1540	22,18%	16,74	7,23
Novembro	10,53	10,17	2,5513	24,24%	16,86	7,48
Dezembro	12,99	11,25	4,8610	37,42%	28,13	7,88

Ano 2023	Medidas de Vazão (m³/s)					
	Média	Mediana	Desv Pad	CV %	Máximo	Mínimo
Janeiro	18,86	15,96	9,5763	50,79%	47,24	8,57
Fevereiro	70,10	62,35	25,4980	36,38%	125,25	41,49
Março	99,55	96,83	25,8299	25,95%	155,10	68,08
Abril	103,35	90,32	33,2065	32,13%	186,53	69,20
Maio	73,25	72,91	10,6887	14,59%	98,84	58,04
Junho	66,73	64,34	10,8299	16,23%	92,46	56,99
Julho	50,39	46,97	12,4909	24,79%	78,77	30,68
Agosto	26,27	28,10	6,5423	24,90%	37,32	15,60
Setembro	12,47	13,04	1,7193	13,79%	15,19	9,17
Outubro	8,57	8,22	1,5297	17,85%	13,61	6,82
Novembro	5,91	5,82	0,4051	6,85%	6,75	5,27
Dezembro	6,41	5,59	1,9977	31,16%	11,38	4,78

Fonte: Autor (2024).

De uma forma geral, o comportamento observado nos 24 anos apresentados nas Tabelas 12 a 17, identifica-se que:

- a maior vazão média ocorreu no mês de abril em 16 anos, no mês de maio em 5 anos e no mês de março em 3 anos.
- a vazão máxima diária ocorreu no mês de abril em 13 anos, no mês de março em 5 anos, no mês de maio em 4 anos e nos meses de fevereiro e junho em 1 ano.

- A menor vazão média ocorreu no mês de dezembro em 12 anos, no mês de novembro em 6 anos, no mês de outubro em 4 anos e no mês de janeiro em 2 anos.
- a vazão mínima diária ocorreu no mês de dezembro em 13 anos, no mês de janeiro em 8 anos e no mês de outubro em 3 anos.

Os resultados apresentados e discutidos, juntamente com o resumo apresentado direciona para o indicativo de comportamentos semelhantes ao longo dos anos, com direcionamento para o fator sazonalidade, o qual será discorrido no tópico a seguir.

5.3.2 Análise descritiva da vazão em Bonito-PA

Foi realizada medição de vazão em 5 localidades do município de Bonito-PA. O Molinete Hidrométrico foi utilizado em 4 localidades e o Método do Flutuador em 1 localidade, de acordo com as condições de cada localidade para definição do método de medição. A Tabela 18 apresenta os resultados obtidos no período de janeiro de 2023 a janeiro de 2024. Existem limitações de dados ocorridas em determinados momentos, conforme detalhadas a seguir.

- Ponto 1: as medições neste ponto iniciaram em março de 2023. No entanto, nos meses de abril e maio de 2023, o grande volume de chuva na região impossibilitou o acesso ao local para realizar a medição de vazão. A partir de setembro de 2023, a população local modificou o ambiente, para criação de peixes, o que inviabilizou a medição de vazão.
- Ponto 2: nos meses de abril e maio de 2023, o grande volume de chuva na região impossibilitou o acesso ao local para realizar a medição de vazão. A partir de setembro de 2023, a população local modificou o ambiente, para criação de peixes, o que inviabilizou a medição de vazão, com exceção do mês de outubro de 2023.
- Ponto 3 e Ponto 4: estas localizações só apresentam fluxo de água suficiente para efetuar a medição de vazão em meses com maior volume de chuva.

- Ponto 6: as medições neste ponto iniciaram em maio de 2023, visto que nos meses de março e abril de 2023, o grande volume de chuva na região impossibilitou o acesso ao local para realizar a medição de vazão.

O comportamento das medições de vazão em todos os pontos, para cada mês possível de realizar as medições, conforme observado na Tabela 18, apresentaram semelhança em relação ao comportamento dos dados de medição de vazão na questão de crescimento e queda de vazão ao longo do ano. As localidades do ponto 1 ao ponto 4 são próximas a nascente do Rio Caeté, em áreas pequenas que apresentam vazões menores quando comparadas com o ponto 6. O ponto 6 já é uma área bem maior do Rio Caeté, localizado muito próximo da divisa entre os municípios de Bonito e Ourém.

Os resultados de medições de vazão no Ponto 1 apresentaram queda entre março e junho de 2023, com crescimento para julho e agosto de 2023.

Os resultados das medições de vazão no Ponto 2 apresentaram crescimento nos meses de janeiro a março de 2023, ainda apresentaram crescimento nos meses de junho a agosto de 2023, com queda acentuada no mês de outubro de 2023, característica observada para os dados de vazão de Bragança-PA.

Os resultados das medições de vazão nos Pontos 3 e 4 apresentam crescimento nos meses de maio e junho de 2023, com queda nos meses de julho e agosto de 2023. Comportamento semelhante ao encontrado nos tópicos 5.3.1 e 5.3.3, com indicação do crescimento e queda, além da sazonalidade.

Os resultados das medições de vazão no Ponto 6 indicam crescimento até o mês de junho de 2023, com queda de vazão a partir de julho de 2023 e retomada efetiva do crescimento da vazão a partir de janeiro de 2024. Este fluxo do comportamento da vazão se assemelha ao observado nos dados de vazão em Bragança, relacionados ao fluxo de crescimento e queda da vazão, atrelada à sazonalidade, apresentados nos tópicos 5.3.1 e 5.3.3.

Tabela 18 - Medição de vazão na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, município de Bonito-PA, no período de janeiro de 2023 a janeiro de 2024

Período	Medição de vazão (L/s)				
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 6
Janeiro de 2023	-	21,26	-	-	-
Fevereiro de 2023	-	50,13	-	-	-
Março de 2023	35,18	91,07	-	-	-
Abril de 2023	-	-	-	-	-
Mai de 2023	-	-	27,67	78,10	4611,78
Junho de 2023	17,36	64,69	30,79	77,25	4891,89
Julho de 2023	34,84	105,83	15,91	42,01	4258,15
Agosto de 2023	37,14	116,00	9,68	27,24	3379,93
Setembro de 2023	-	-	-	-	1974,72
Outubro de 2023	-	13,84	-	-	2692,53
Novembro de 2023	-	-	-	-	1001,15
Dezembro de 2023	-	-	-	-	1095,66
Janeiro de 2024	-	-	-	-	2211,47

Fonte: Autor (2024).

5.3.3 Análise de séries temporais da vazão em Bragança-PA

A Figura 28 (a) apresenta o comportamento real observado da vazão, com dados mensais de vazão média, no período de setembro de 1999 até junho de 2024. É possível observar o comportamento sazonal da série com periodicidade de 12 meses. A partir da visualização de padrão sazonal da série com periodicidade ao longo do tempo, padrão sistemático em determinado período de tempo, observa-se o crescimento e a queda de vazão no ciclo de 12 meses.

Em determinados momentos, o pico anual de crescimento da vazão é maior, sendo mais acentuadas estas diferenças nas vazões mais elevadas ao longo do ano quando comparadas com as vazões de menor valor, identificadas nos momentos de queda da vazão dentro do ciclo anual, visto que existe uma uniformidade maior das menores vazões ao longo dos anos.

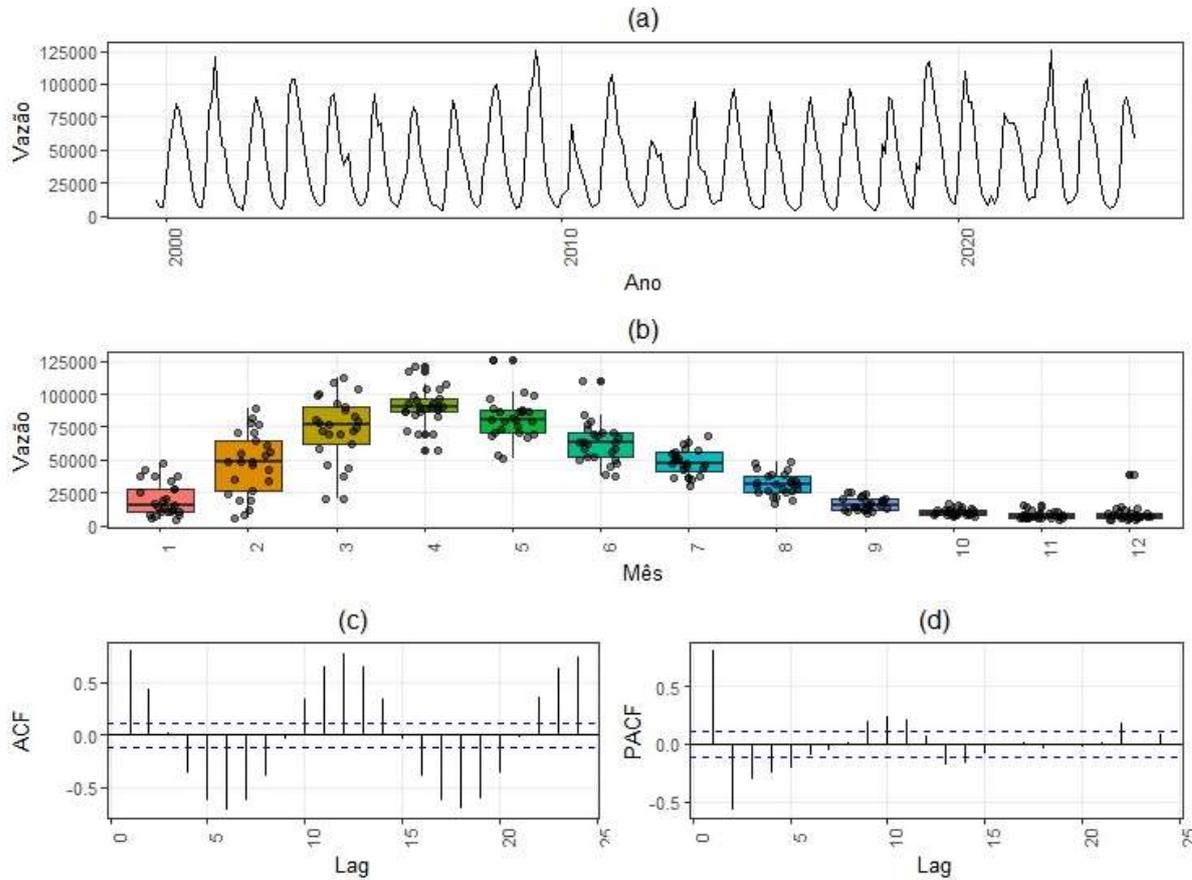
A Figura 28 (b) apresenta o *Box plot* tendo cada mês como fator de estudo, dentro dos 24 anos. Os meses de outubro, novembro e dezembro apresentam menor dispersão. O mês de fevereiro é o que apresenta maior dispersão, seguido do mês de

março. O mês de abril, característico por ser o mês que apresenta as maiores vazões média ao longo dos anos, apresenta uma pequena dispersão quando comparado com os meses que também possuem altos valores de vazão. Observa-se outliers em todos os meses da série histórica.

A Figura 28 (c) e (d) apresentam o gráfico de autocorrelação e autocorrelação parcial, respectivamente. Nelas é possível verificar que a série é estacionária e não necessita de diferenciação. A autocorrelação decrescente sugere um indicativo de médias móveis zero e uma correlação significativa no lag 1 e 2, seguido por uma onda decrescente que alterna entre correlações positivas e negativas. Isto sugere um padrão característico de um termo auto-regressivo de ordem superior aos dados. Para determinar a ordem do termo auto-regressivo, deve-se utilizar o PACF (*partial autocorrelation function*) – Função de Autocorrelação Parcial.

Pela PACF nota-se um grande pico no lag 1 seguido por uma onda minimizada que alterna entre correlações positivas e negativas. Como temos o lag 2 com aparente forte autocorrelação parcial, isto pode ser um indício de lag 2 no parâmetro de sazonalidade. A partir destas abordagens, segue o teste de vários modelos para verificar qual modelo apresenta melhor ajuste, seguindo estes direcionamentos das figuras.

Figura 28 - Vazão média mensal, *Box plot* e ACF (*autocorrelation function*) com dados de vazão no período de setembro de 1999 a junho de 2024 na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, município de Bragança, estado do Pará



Fonte: Autor (2024).

A Tabela 19 apresenta os modelos ajustados e os respectivos AIC – *Akaike Information Criterion* (Critério de informação Akaike), para escolha do modelo mais adequado. É possível observar que o modelo ajustado pela sugestão do algoritmo da função ARIMA() do pacote *fable*, realizado no software R Core Team (2024), foi que o apresentou menor critério, sendo o mais adequado.

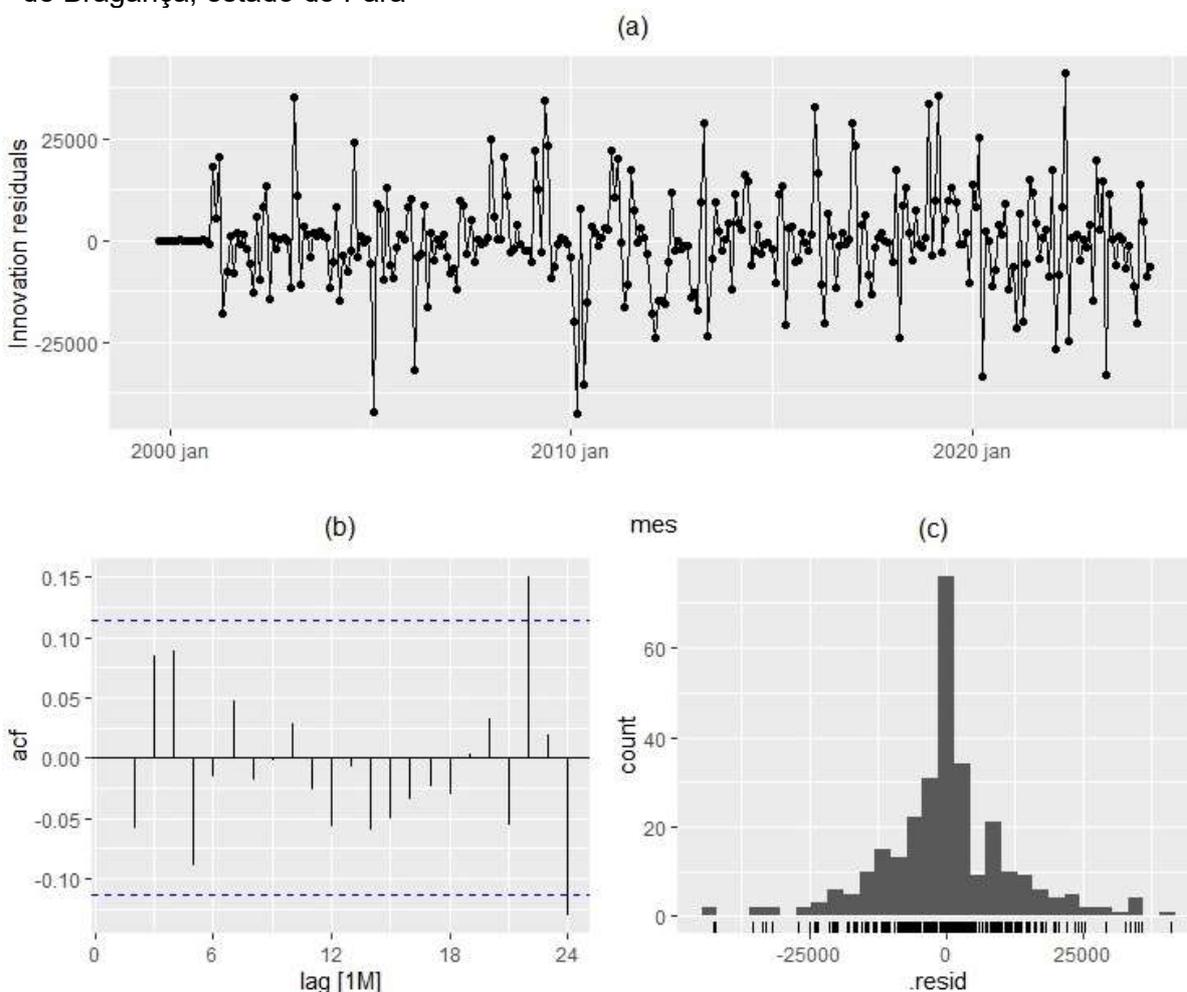
Tabela 19 - Modelos adotados e valores dos critérios para comparação dos modelos

Modelos	AIC	AICc	BIC
SARIMA(1,0,0)(1,0,0)12	6546	6546	6557
SARIMA(1,0,0)(2,0,0)12	6493	6494	6508
SARIMA(1,0,0)(3,0,0)12	6467	6467	6485
SARIMA(2,0,0)(1,0,0)12	6548	6548	6563
SARIMA(1,0,0)(2,1,0)12	6192	6192	6206

Fonte: Autor (2024).

Escolhido o modelo, então uma análise de resíduos deve ser realizada para validação dele. A Figura 29 apresenta gráficos para análise dos resíduos. Nela é possível verificar que em (a) os resíduos apresentam comportamento semelhante ao ruído branco, em (b) não apresenta correlação nos lags iniciais e, em (c), o comportamento está semelhante à distribuição Normal. O próximo passo foi realizar o teste de Lung Box para confirmação de que não existe autocorrelação residual. O pacote fabletools oferece o teste e com o p-valor de 0,246, não rejeita-se a hipótese nula, ou seja, os resíduos não são autocorrelacionados.

Figura 29 – Análise de resíduos do modelo SARIMA(1,0,0)(2,1,0)₁₂ ajustado à vazão no período de setembro de 1999 a junho de 2024 na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, município de Bragança, estado do Pará

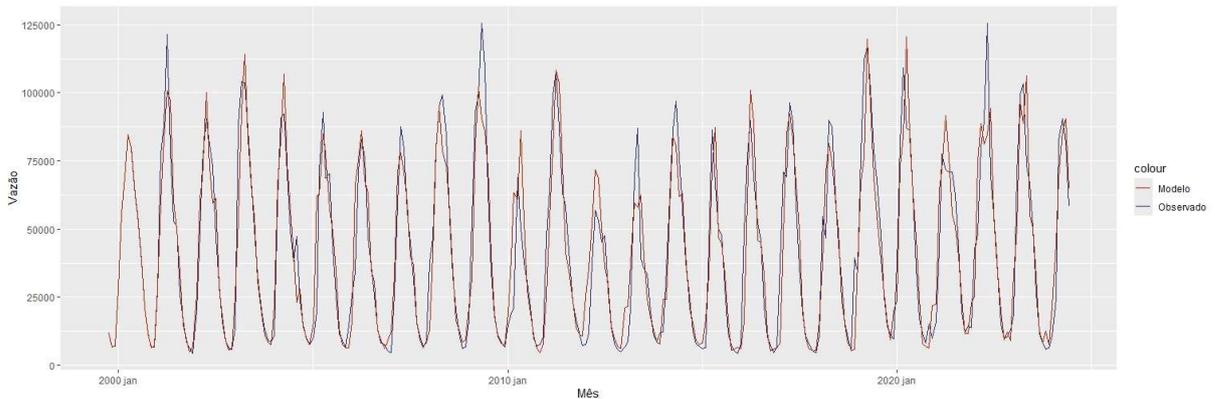


Fonte: Autor (2024).

Logo, sendo o modelo adequado, pode-se dispor os valores reais e os valores estimados pelo modelo (Figura 30), bem como fazer previsões para dados não coletados como apresentado na Figura 31.

A Figura 30 apresenta o comportamento observado da vazão e o modelo estimado da vazão. Verifica-se que o valor estimado pelo modelo é bem próximo do valor observado, descrevendo a série de forma satisfatória.

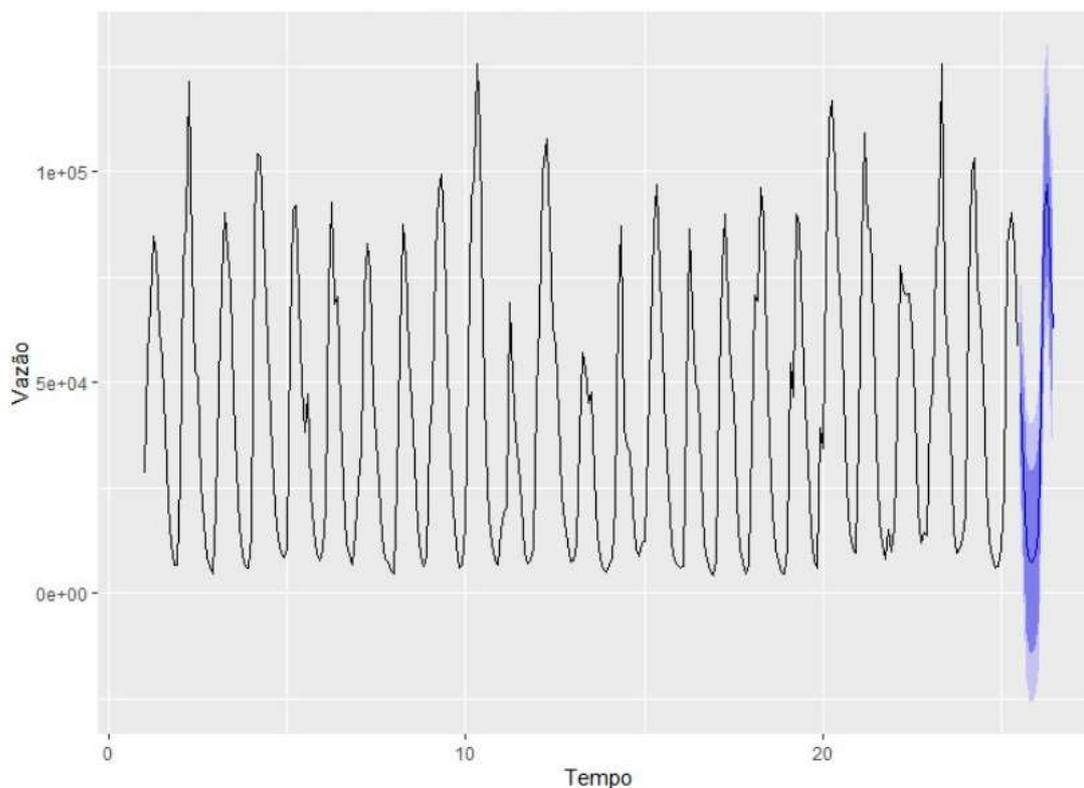
Figura 30 - Comportamento observado *versus* estimado da vazão (L/s) na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, município de Bragança, no período de setembro de 1999 a junho de 2024



Fonte: Autor (2024).

A Figura 31 apresenta a previsão obtida a partir do modelo SARIMA(1,0,0)(2,1,0)12, visto que foi identificada a componente sazonal neste estudo com dados de vazão, estabelecido com sazonalidade de 12 meses. Pode-se verificar o comportamento da previsão para os próximos meses à frente e seu respectivo intervalo de previsão destacado em azul. Como esperado, o modelo consegue fazer previsões semelhantes ao que pode ser observado nos valores passados e o intervalo de previsão não aparenta ser tão grande.

Figura 31 - Comportamento observado e previsão estimada da vazão (L/s) na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, município de Bragança, no período de setembro de 1999 a junho de 2024



Fonte: Autor (2024).

5.4 Conclusões (do Artigo)

O estudo dos dados secundários obtidos na Estação Fluviométrica localizada em Bragança-PA apresentou componente de sazonalidade, com fator de 12 meses, ao longo 24 anos com dados diários e mensais de vazão. Este é a única localidade da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté com medição oficial no Brasil, fator que é grande limitador, visto o tamanho e abrangência da bacia. Os dados coletados em outras 5 localidades do município de Bonito apresentaram comportamento sazonal semelhante ao avaliado em Bragança.

Diante do exposto, é importante destacar a importância e necessidade de existir mais pontos para medição de vazão ao longo da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté. Sugere-se que seja estabelecido ao menos uma localidade em cada município que compõe a Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, fazendo com que existam 6 pontos de medição de vazão.

5.5 Referências (do Artigo)

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília, Distrito Federal, 2019.

ALVES, B. C. C.; SOUZA FILHO, F. de A. de; SILVEIRA, C. da S. Análise de tendências e padrões de variação das séries históricas de vazão do operador nacional do sistema (ONS). *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19, 2011. Maceió/AL, **Anais [...]**. Maceió/AL: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2011, p. 1-17.

ARTES, R.; BARROSO, L. P. **Métodos Multivariados de Análise Estatística**. São Paulo: Blucher, 2023.

BACK, A. J. **Hidráulica e Hidrometria aplicada**. Florianópolis-SC: Epagri, 2006.

BAZZO, K. R.; GUEDES, H. A. S.; CASTRO, A. S.; SIQUEIRA, T. M.; GANDRA, C. F. A. T. Regionalização da vazão Q95: Comparação de métodos para a bacia hidrográfica do Taquari-Antas, RS. **Ambiente e Água**, v. 12, n. 5, p. 855-870, 2017. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.4136/1980-993X>. Acesso em: 26 nov. 2023.

BPBES. PLATAFORMA BRASILEIRA DE BIODIVERSIDADE E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS. **Relatório temática água: biodiversidade, serviços ecossistêmicos e bem-estar humano no Brasil**, 2020.

ENDERS, W. **Applied Econometric Time Series**. Iowa: John Wiley & Sons, 2004.

HAMILTON, J. D. **Time Series Analysis**. New Jersey: Princeton University Press, 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Brasileiro de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/>>. Acesso em 08 ago. 2023.

LIRA, F. A.; CARDOSO, A. de O. Estudo de tendência de vazões de rios das principais Bacias Hidrográficas brasileiras. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 48, p. 21-37, 2018, Disponível em: DOI: 10.5327/Z2176-947820180273. Acesso em: 09 out. 2024.

MARTINEZ, E. Z.; SILVA, E. A. S. da; FABBRO, A. L. D. A SARIMA forecasting model to predict the number of cases of dengue in Campinas, State of São Paulo, Brazil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 44, p. 436-440, 2011.

MELATI, M. D.; MARCUZZO, F. F. N. Regressões simples e robusta na regionalização da vazão Q95 na Bacia Hidrográfica do Taquari-Antas. **Ciência e Natura**, v. 38, p. 722–739, 2016. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.5902/2179-460X19116>. Acesso em: 16 set. 2024.

NEWTON. **Manual de Calibração Molinete Hidrométrico Universal Newton**. Rio de Janeiro: Newton, 2022.

OLIVEIRA, R. de; ALBARRACIN, O. Y. E.; SILVA, G. R. **Introdução às séries temporais: uma abordagem prática em Python**. São Paulo: Editora Mackenze, 2024.

PINTO, W. de P.; LIMA, G. B.; ZANETTI, J. B. Análise comparativa de modelos de séries temporais para modelagem e previsão de regimes de vazões médias mensais do Rio Doce, Colatina, Espírito Santo. **Ciência e Natura**, v. 37, p. 1-11, 2015. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.5902/2179460X17143>. Acesso em: 02 out. 2024.

R CORE TEAM. **_R: a language and environment for statistical computing_**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2024. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em 06 mar. 2024.

SANTANA, A. C. de. **Métodos Quantitativos em Economia: elementos e aplicações**. Belém: UFRA, 2003. ISBN: 85-902599-3-5.

SANTOS, I. dos; FILL, H. D.; SUGAI, M. R. V. B.; BUBA, H.; KISHI, R. T.; MARONE, E.; LAUTERT, L. F. **Hidrometria aplicada**. Curitiba-PR: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001.

SOUZA, F. A. O.; SILVA, C. L. da; MAGGIOTTO, S. R.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. P. de. Caracterização das vazões em uma pequena Bacia Hidrográfica do Distrito Federal, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 10-17, 2012

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo observacional ao longo da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté que ocorreu no intervalo de 12 meses, durante 22 datas (25 de janeiro de 2023 a 16 de janeiro de 2024), possibilitou observar as modificações ao longo deste período. O estabelecimento de padronização e regularidade para as coletas foi de fundamental importância para o sucesso no desenvolvimento da pesquisa.

O estudo *in loco* realizado na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, a partir da coleta de água com a medição de variáveis físico-químicas, ocorrida em 22 especificações de localização e profundidade, complementado com a medição de vazão, ocorrida em 5 localidades, além da obtenção dos dados secundários de vazão caracterizaram o monitoramento hídrico pretendido, responsáveis por resultados inéditos, com grande abrangência na questão temporal, visto que foi realizado em um ano de pesquisa *in loco*; área coberta pelo estudo, visto que abrangeu de Bonito até Bragança; e por último a amplitude das variáveis estudadas, visto que foram 14 variáveis físico-químicas e vazão.

O comportamento das variáveis físico-químicas apresentou maiores variações nas coletas e medições realizadas com água da superfície quando comparadas com água na profundidade de 1,00m e 1,50m. Foram identificadas as relações positivas e negativas entre as variáveis, além de destacar as maiores e menores variabilidades, complementadas pelos altos e baixos valores associados a especificações dos pontos de medições e variáveis. Para finalizar esta etapa, foram apresentadas a formação de grupos semelhantes associados a especificações das medições com relação ao conjunto de variáveis medidas, tendo como fatores as especificações de localização e profundidade, próximos entre si.

O comportamento da vazão apresentou componente de sazonalidade, com fator de 12 meses, resultado obtido a partir dos dados secundários da Estação Fluviométrica de Bragança. A partir dos dados primários de Bonito, foi observado comportamento semelhante para aumento e queda de vazão ao longo do ano de coleta de dados.

A análise e discussão apresentadas no CAPÍTULO 1 denota a importância que as Bacias Hidrográficas apresentam para a humanidade, a partir da relação das Bacias Hidrográficas com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). É de

fundamental importância o olhar criterioso para estabelecimento de políticas públicas para o desenvolvimento e crescimento local da região do Nordeste do estado do Pará.

A análise estatística, descritiva e multivariada, com as variáveis físico-químicas, assim como a análise estatística, descritiva e de séries temporais, com a variável vazão, foram importantes para apresentar um panorama da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, conforme discutido no CAPÍTULO 2 e CAPÍTULO 3.

Este trabalho é o início do desbravamento do estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, que se apresenta com potencial para crescimento da pesquisa. O crescimento pode ocorrer tanto com o envolvimento de profissionais, professores e alunos de outras áreas do conhecimento, assim como o incremento de profissionais de outras instituições públicas e empresas privadas.

REFERÊNCIAS GERAIS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília, Distrito Federal, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília, Distrito Federal, 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2021**. Brasília, Distrito Federal, 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2022**. Brasília, Distrito Federal, 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2023**. Brasília, Distrito Federal, 2024.

ALVES, B. C. C.; SOUZA FILHO, F. de A. de; SILVEIRA, C. da S. Análise de tendências e padrões de variação das séries históricas de vazão do operador nacional do sistema (ONS). *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19, 2011. Maceió/AL, **Anais [...]**. Maceió/AL: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2011, p. 1-17.

ARTES, R.; BARROSO, L. P. **Métodos Multivariados de Análise Estatística**. São Paulo: Blucher, 2023.

AtlasBR, Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. **Evolução do IDHM para as UFs entre 1991 e 2021**. Disponível em: www.atlasbrasil.org.br. Acesso em 08 dez. 2024.

BACK, A. J. **Hidráulica e Hidrometria aplicada**. Florianópolis-SC: Epagri, 2006.

BAZZO, K. R.; GUEDES, H. A. S.; CASTRO, A. S.; SIQUEIRA, T. M.; GANDRA, C. F. A. T. Regionalização da vazão Q95: Comparação de métodos para a bacia hidrográfica do Taquari-Antas, RS. **Ambiente e Água**, v. 12, n. 5, p. 855-870, 2017. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.4136/1980-993X>. Acesso em: 26 nov. 2023.

BEGOSSI, A.; SALIVONCHYK, S. V.; SILVANO, R. A. M. A segurança alimentar de comunidades pesqueiras do Sudeste do Brasil: dimensões complementares e um exemplo com o robalo. **Segurança Alimentar e Nutricional**, 21/1, p. 404-416, 2014.

BERNARDI, E. C. S.; PANZIERA, A. G.; BURIOL, G. A.; SWAROWSKY, A. Bacia Hidrográfica como unidade de gestão ambiental. **Ciências Naturais e Tecnológicas**, v. 13, n. 2, p. 159-168, 2013.

BIASSI, B. A.; BEHR, E. R.; DELLAZZANA, D. A.; AROCHA, N. M. ANÁLISE ETNOICHTIOLÓGICA DA PESCA ARTESANAL NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS URUGUAI E JACUÍ, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL. **B. Inst. Pesca**,

São Paulo, 43(3), p. 358-372, 2017. Disponível em Doi: 10.20950/1678-2305.2017v43n3p358. Acesso em: 16 ago. 2024.

BORELLI, E. Bacias Hidrográficas e Desenvolvimento Sustentável na Região Metropolitana de São Paulo. **Estudos de Sociologia**, UFPE. v. 12, n. 2, p. 159-170, 2006.

BPBES: PLATAFORMA BRASILEIRA DE BIODIVERSIDADE E SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS. **Relatório temática água: biodiversidade, serviços ecossistêmicos e bem-estar humano no Brasil**, 2020.

BRASIL, 1997. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em 14 set. 2024.

BRONZATTO, L. A.; SOARES, D. N.; DOS SANTOS, G. R.; KUWAJIMA, J. I.; CUCIO, M. S. O Objetivo do Desenvolvimento Sustentável 6 – Água e Saneamento – Desafios da Gestão e a busca de convergências. **IPEA, Boletim Regional Urbano e Ambiental**, v. 18, p. 119-128, 2018.

CINNER, J.E.; DAW, T.; MCCLANAHAN, T.R. Socioeconomic Factors that Affect Artisanal Fishers' Readiness to Exit a Declining Fishery. **Conservation Biology, Society for Conservation Biology**, n. 23, v. 1, p. 124–130, 2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº. 357**, de 17 de março de 2005. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acesso em: 05 fev. 2024.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CNRH). Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 32**, de 15 de outubro de 2003. Disponível em: <https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2032.pdf>. Acesso em: 14 out. 2023.

CORREA, A. C. de S. **Avaliação das mudanças antrópicas na paisagem agrícola com cultivo de palma de óleo na sub-bacia da nascente do Rio Caeté**. Orientador: FERREIRA, F. N., 2024, f. TCC (Graduação em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis), UFRA, Capanema - Pará, 2024.

DIEGUES, A. C. S.; ARRUDA, R. S. V.; SILVA, V. C. F.; FIGOLS, F. A.; ANDRADE, D. **Os saberes tradicionais e a biodiversidade no Brasil**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2000. 48p.

ENDERS, W. **Applied Econometric Time Series**. Iowa: John Wiley & Sons, 2004.

FABER, M. **A Importância dos rios para as primeiras civilizações**. História Livre.com, 2011.

FERREIRA, R. R. M.; PAIM, F. A. de P.; RODRIGUES, V. G. S.; CASTRO, G. S. A. **Análise de Cluster não supervisionado em R: agrupamento hierárquico**. Campinas, SP: Embrapa Territorial, 2020. 43p. (Documentos 133). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/217667/1/5360.pdf>. Acesso em 07 out. 2023.

FIRMIANO, M. R. **Relatório ODS. Os objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as Ações do Governo do Ceará: ODS 6: água potável e saneamento**. Fortaleza (CE), IPECE, n. 6, 2022a.

FIRMIANO, M. R. **Relatório ODS. Os objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as Ações do Governo do Ceará: ODS 7: energia limpa e acessível**. Fortaleza (CE), IPECE, n. 7, 2022b.

FIRMIANO, M. R. **Relatório ODS. Os objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as Ações do Governo do Ceará: ODS 8: trabalho decente e crescimento econômico**. Fortaleza (CE), IPECE, n. 8, 2022c.

FIRMIANO, M. R.; LÓCIO, A. B. **Relatório ODS. Os objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as Ações do Governo do Ceará: ODS 1: erradicação da pobreza**. Fortaleza (CE), IPECE, n. 1, 2022a.

FIRMIANO, M. R.; LÓCIO, A. B. **Relatório ODS. Os objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as Ações do Governo do Ceará: ODS 2: fome zero e agricultura sustentável**. Fortaleza (CE), IPECE, n. 2, 2022b.

FIRMIANO, M. R.; LÓCIO, A. B. **Relatório ODS. Os objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as Ações do Governo do Ceará: ODS 3: saúde e bem-estar**. Fortaleza (CE), IPECE, n. 3, 2022c.

FOLEY, J. A. *et al.* Global Consequences of Land Use. **Science**, [s. l.], v. 309, n. 5734, p. 570–574, 2005.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO), 2016.

FRITZSONS, E.; HINDI, E. C.; MONTOVANI, L. E.; RIZZI, N. E. Consequências da alteração da vazão sobre alguns parâmetros de qualidade de água fluvial. **Revista Floresta**. Dez., 2004.

FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A INFÂNCIA (UNICEF). **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: ainda é possível mudar 2030**. ONU, 2023. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em: 21 set. 2023.

GORAYEB, A. **Análise integrada da paisagem na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté - Amazônia Oriental - Brasil**. Orientador: LOMBARDO, M. A., 2008, f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual Paulista - UNESP - Rio Claro-SP, 2008.

GORAYEB, A.; LOMBARDO, M. A.; PEREIRA, L. C. C. Condições Ambientais em Áreas Urbanas da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, Amazônia Oriental, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada, Journal of Integrated Coastal Zone Management**, vol. 9, n. 2, 2009.

GUEDES, A. K. da S. **Análise da qualidade de água na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté**. Orientador: LIMA JUNIOR, J. A. de, 2022, f. TCC (Graduação em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis), UFRA, Capanema - Pará, 2022.

HAMILTON, J. D. **Time Series Analysis**. New Jersey: Princeton University Press, 1994.

HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; OLIVEIRA JUNIOR, G. J. de. Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **Engineering and Science – Scientific Journal of FAET and ICET UFMT**, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Brasileiro de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/>. Acesso em 11 ago. 2023.

LIMA, Â. J. R.; NERY, J. T. Revisitando o conceito de Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento e gestão e a governança das águas. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, 2017. Disponível em: DOI: 10.20396/sbgfa.vli2017.1846. Acesso em: 21 ago.2024.

LIRA, F. A.; CARDOSO, A. de O. Estudo de tendência de vazões de rios das principais Bacias Hidrográficas brasileiras. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 48, p. 21-37, 2018, Disponível em: DOI: 10.5327/Z2176-947820180273. Acesso em: 09 out. 2024.

MARTINEZ, E. Z.; SILVA, E. A. S. da; FABBRO, A. L. D. A SARIMA forecasting model to predict the number of cases of dengue in Campinas, State of São Paulo, Brazil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 44, p. 436-440, 2011.

MARTINS, F. M. V. **Relatório ODS. Os objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as Ações do Governo do Ceará: ODS 11: cidades e comunidades sustentáveis**. Fortaleza (CE), IPECE, n. 2, 2022a.

MARTINS, F. M. V. **Relatório ODS. Os objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as Ações do Governo do Ceará: ODS 12: consumo e produção responsáveis**. Fortaleza (CE), IPECE, n. 2, 2022b.

MARTINS, F. M. V. **Relatório ODS. Os objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as Ações do Governo do Ceará: ODS 13: ação contra a mudança global do clima**. Fortaleza (CE), IPECE, n. 2, 2022c.

MARTINS, F. M. V. **Relatório ODS. Os objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as Ações do Governo do Ceará: ODS 15: vida terrestre**. Fortaleza (CE), IPECE, n. 2, 2022d.

MELATI, M. D.; MARCUZZO, F. F. N. Regressões simples e robusta na regionalização da vazão Q95 na Bacia Hidrográfica do Taquari-Antas. **Ciência e Natura**, v. 38, p. 722–739, 2016. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.5902/2179-460X19116>. Acesso em: 16 set. 2024.

MENDONÇA, G. H. **Bacia Hidrográfica**. Publicação do Mundo Educação Uol – Brasil Escola. [2021]. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/bacia-hidrografica.htm#:~:text=As%20bacias%20hidrogr%C3%A1ficas%20s%C3%A3o%20%C3%A1reas,direcionadas%20pela%20topografia%20do%20terreno>. Acesso em 23 nov. 2023.

MENDONÇA, S. B. de; SCHMIDT, N. S. **O contexto do crescimento econômico sustentável**. EMBRAPA, 2018.

MMA. **GEO Brasil: Recursos Hídricos**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2007.

MONTENEGRO, J. F. B. **Relatório ODS. Os objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as Ações do Governo do Ceará – 2022**. Fortaleza, Ceará: IPECE, 2023.

MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. O. **Estatística Básica**. 8 ed. Saraiva, 2017.

NEWTON. **Manual de Calibração Molinete Hidrométrico Universal Newton**. Rio de Janeiro: Newton, 2022.

OLIVEIRA, R. de; ALBARRACIN, O. Y. E.; SILVA, G. R. **Introdução às séries temporais: uma abordagem prática em Python**. São Paulo: Editora Mackenze, 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Como as Nações Unidas apoiam os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. 2015. Plataforma Agenda 2030. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em 02 dez. 2023.

ORTEGA, D. J. P. **Avaliação dos Efeitos das Atividades Antrópicas na Bacia Hidrográfica do Córrego do Ipê, município de Ilha Solteira-SP**. Orientador: CARVALHO, S. L. de, 2011, f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Faculdade de Engenharia - UNESP, Ilha Solteira - São Paulo, 2011.

PENA, R. F. **A Escassez hídrica e segurança alimentar**. Publicação do Mundo Educação Uol – Brasil Escola, [2024]. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/escassez-hidrica-seguranca-alimentar.htm#:~:text=H%C3%A1%20uma%20direta%20rela%C3%A7%C3%A3o%20entre,o%20seu%20acesso%20pela%20popula%C3%A7%C3%A3o.&text=Existe%20uma%20rela%C3%A7%C3%A3o%20nem%20sempre,e%20a%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20alimentos>. Acesso em 12 set. 2024.

PINTO, W. de P.; LIMA, G. B.; ZANETTI, J. B. Análise comparativa de modelos de séries temporais para modelagem e previsão de regimes de vazões médias mensais do Rio Doce, Colatina, Espírito Santo. **Ciência e Natura**, v. 37, p. 1-11, 2015. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.5902/2179460X17143>. Acesso em: 02 out. 2024.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de Bacias Hidrográficas. **Dossiê Água – Estudos Avançados 22**, n. 63, p. 43-60. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200004>. Acesso em 28 set. 2024.

R CORE TEAM. **_R: a language and environment for statistical computing_**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2024. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em 06 mar. 2024.

SANTANA, A. C. de. **Métodos Quantitativos em Economia: elementos e aplicações**. Belém: UFRA, 2003. ISBN: 85-902599-3-5.

SANTOS, I. dos; FILL, H. D.; SUGAI, M. R. V. B.; BUBA, H.; KISHI, R. T.; MARONE, E.; LAUTERT, L. F. **Hidrometria aplicada**. Curitiba-PR: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001.

SILVA, A. R. **Métodos de análise multivariada em R**. Piracicaba: FEALQ, 2016.

SILVA, C. H. R. T. **Recursos Hídricos e Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Núcleo de Estudos e Pesquisas, Consultoria Legislativa. Senado Federal. Brasília-DF, 2012.

SILVANO, R.A.; BEGOSSI, A. Seasonal dynamics of fishery at the Piracicaba River (Brazil). **Fisheries Research**, 51(1): p. 69-86, 2001.

SOUZA, E. R. de. **Alterações físico-químicas no deflúvio de três sub-bacias hidrográficas decorrentes da atividade agrícola**. Orientador: OLIVEIRA FILHO, A. T. de, 1996, f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Instituto de Engenharia Florestal - UFLA, Lavras - Minas Gerais, 1996.

SOUZA, F. A. O.; SILVA, C. L. da; MAGGIOTTO, S. R.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. P. de. **Caracterização das vazões em uma pequena Bacia Hidrográfica do Distrito Federal, Brasil**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 16, n. 1, p. 10-17, 2012

TEODORO, V. L. L.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O Conceito de Bacia Hidrográfica e a importância de caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, n. 20, p. 137-156, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236>. Acesso em 26 jul. 2024.

VASCO, G.; SILVA, F. S.; CARVALHO, V. S. de; DUTRA, M. T. D.; BARBOSA, I. M. B. R. Uma leitura do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco à luz dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030.

Research, Society and Development, v. 11, n. 13, 2022. Disponível em:
<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i13.34354>. Acesso em 03 dez. 2023.

VILLA, M. E. C. D. **Variabilidade Espacial e Temporal do pH e do OD na Superfície do Reservatório Iraí-PR**. Orientador: SAMPAIO, T. V. M., 2016, f. Tese (Doutorado em Geografia), Instituto de Ciências da Terra - UFPR - Curitiba, 2016.