



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E
MEIO AMBIENTE



JONATHAN ANTUNES PONTE CAVALCANTE LEITE

**INVESTIGAÇÃO SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA DE TRÊS RESERVATÓRIOS
FLUVIAIS NA REGIÃO GEOGRÁFICA INTERMEDIÁRIA DE JOÃO PESSOA - PB**

JOÃO PESSOA

JULHO - 2020

JONATHAN ANTUNES PONTE CAVALCANTE LEITE

**INVESTIGAÇÃO SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA DE TRÊS RESERVATÓRIOS
FLUVIAIS NA REGIÃO GEOGRÁFICA INTERMEDIÁRIA DE JOÃO PESSOA - PB**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal da Paraíba, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: TARCISO CABRAL DA SILVA

JOÃO PESSOA

JULHO - 2020



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**

ATA Nº 8 / 2020 - PRODEMA - MEST (11.01.14.50)

Nº do Protocolo: 23074.053717/2020-55

João Pessoa-PB, 23 de Julho de 2020

Ata da 532ª Sessão Pública de Defesa de Dissertação de **Jonathan Antunes Ponte Cavalcante Leite** do Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, do Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, na área de Gerenciamento Ambiental. Aos trinta dias de julho de dois mil e vinte às 09h00min, via videoconferência, reuniu-se, na forma e termos do art. 82 do Regulamento Geral dos Cursos e Programas de Pós- Graduação “stricto sensu” da UFPB, anexo à Resolução CONSEPE no 79/2013, a Banca Examinadora, composta pelos professores doutores Tarciso Cabral da Silva - PRODEMA/UFPB, na qualidade presidente/orientador, Maria Cristina Basílio Crispim, na qualidade de membro interno/UFPB e Gilson Barbosa Athayde Junior na qualidade de membro externo/UFPB/CT para julgamento da dissertação de mestrado da aluna, Jonathan Antunes Ponte Cavalcante Leite intitulada **“INVESTIGAÇÃO SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA DE TRÊS RESERVATÓRIOS FLUVIAIS NA REGIÃO INTERMEDIÁRIA DE JOÃO PESSOA-PB”**. A sessão pública foi aberta pela coordenadora do Programa Profa. Dra. Denise Dias da Cruz, que posteriormente passou a presidência para o Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva. Após a apresentação dos integrantes da banca examinadora, a mestranda iniciou a exposição de seu trabalho. Em seguida o Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva passou à palavra ao examinador externo o Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Junior, que iniciou arguição. Na sequência, a Profa. Dra. Maria Cristina Basílio Crispim fez os seus comentários e o processo de arguição foi finalizado pelo Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva. O presidente da banca examinadora solicitou a retirada da plateia para que a banca pudesse proceder com a avaliação da discente em sessão secreta. Após a análise da banca examinadora foi atribuído o conceito (Aprovado), conforme o art. 83 do anexo à Resolução CONSEPE-UFPB no 79/2013. Nada mais havendo a tratar, eu, Sisnande Uchôa Borges, secretário, lavrei a presente Ata, que lida e aprovada, assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva
Presidente/Orientador

Profa. Dra. Maria Cristina Basílio Crispim
Avaliador interno

Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Junior
Avaliador externo

Sisnande Uchôa Borges
Secretário

(Assinado digitalmente em 30/07/2020 12:38)
GILSON BARBOSA ATHAYDE JUNIOR
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
Matrícula: 1453010

(Assinado digitalmente em 05/08/2020 13:10)
SISNANDE UCHOA BORGES
ASSISTENTE EM ADMINISTRACAO
Matrícula: 2411137

(Assinado digitalmente em 30/07/2020 21:32)
MARIA CRISTINA BASILIO CRISPIM DA SILVA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
Matrícula: 2335304

(Assinado digitalmente em 30/07/2020 11:51)
TARCISO CABRAL DA SILVA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
Matrícula: 6330763

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ufpb.br/documentos/> informando seu número: 8, ano: 2020, documento(espécie): ATA, data de emissão: 23/07/2020 e o código de verificação: 92d4cd9289

**Catálogo na publicação Seção de
Catálogo e Classificação**

L533i Leite, Jonathan Antunes Ponte Cavalcante.

Investigação sobre a qualidade da água de três reservatórios fluviais na região geográfica intermediária de João Pessoa - PB / Jonathan Antunes Ponte Cavalcante Leite. - João Pessoa, 2020.

95 f. : il.

Orientação: Tarciso Cabral Da Silva. Dissertação (Mestrado) -
UFPB/CCEN/PRODEMA.

UFPB/BC

CDU 556.55(813.3)(043)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Antonia Ponte e Zé Cavalcante, por serem a base necessária para tornar esse momento possível. Ao meu irmão, Joseph, por ser um companheiro de longa jornada. Vocês são parte essencial do que eu sou.

Ao meu orientador, o professor Tarciso Cabral, por todos os ensinamentos, paciência e disposição durante todos esses anos, que inclusive precedem essa pós-graduação.

Aos amigos e companheiros, sejam os da minha terra natal ou os que conquistei durante esse período em João Pessoa e que caminham comigo desde então nessa jornada.

Aos colegas de PRODEMA pela parceria e convivência durante esse ciclo.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pela bolsa de estudos concedida.

RESUMO

A crise hídrica não foge da problemática ambiental, visto que a água é essencial para a manutenção dos processos econômicos e para a manutenção da vida. No entanto, ela também é um dos recursos naturais mais degradados pelo ser humano, trazendo consequências econômicas, sociais e ambientais. Diante desse cenário, o objetivo do presente estudo foi investigar o estado da qualidade da água dos reservatórios fluviais Gramame-Mamuaba, Marés e Araçagi, localizados na região geográfica intermediária de João Pessoa, e que servem para o abastecimento humano. O estudo foi elaborado a partir da análise de dados de parâmetros de qualidade da água observados em uma série histórica de 12 anos, fazendo uso do Índice de Qualidade de Água da CETESB e Índice de Qualidade de Água de Bascarán, levando em consideração os efeitos da sazonalidade. Foi constatada, para os três reservatórios fluviais estudados, uma melhoria da qualidade da água para os períodos de estiagem. Também foi verificada a conformidade dos parâmetros de qualidade da água com o que rege a Resolução CONAMA nº357/2005, onde foram identificados diversos momentos onde tais parâmetros apresentaram valores fora do seu limite de classe. Esses resultados evidenciaram a necessidade de uma atuação maior dos órgãos competentes no que se refere à fiscalização, conscientização e cuidados com a qualidade da água dos reservatórios fluviais.

Palavras-chave: Recursos Hídricos. Sazonalidade. Índice de Qualidade da Água.

ABSTRACT

The water crisis does not escape the environmental problem, since, while water is essential for the maintenance of economic processes and maintenance of life, it is also one of the most degraded natural resources by humans, bringing economic, social and environmental consequences. Given this scenario, the objective of the present study was to investigate the state of the water quality of the Gramame-Mamuaba, Marés and Araçagi river reservoirs, located in the intermediate geographical region of João Pessoa, and which serve for human supply. The study was based on the analysis of data on water quality parameters observed in a 12-year historical series, using the CETESB Water Quality Index and Bascarán Water Quality Index, taking into account the effects of seasonality. An improvement in water quality was identified for the three studied river reservoirs for periods of drought. In addition, through an analysis of water quality parameters in comparison with the limits established for Class II type fresh water CONAMA Resolution No. 357/05, which, despite the IQA's being able to effectively express the effects of seasonality, an analysis of the indices individually proved to be more satisfactory to identify the non-conformities existing in the entire historical series of parameters with their respective classes. These results showed the need for greater action by the competent bodies in terms of inspection, awareness and care for the quality of water in river reservoirs.

Keywords: Water resources. Seasonality. Water Quality Index. Bascarán.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de localização da região geográfica intermediária de João Pessoa-----	22
Figura 2 - Pluviograma da Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape -----	23
Figura 3 - Pluviograma do Complexo Gramame-Mamuaba -----	24
Figura 4 - Pluviograma para o Reservatório do Rio Marés -----	26
Figura 5 - Gráfico Boxplot e suas definições-----	31
Figura 6 -Temperatura para G-M (p-valor=0,0850) -----	39
Figura 7 - Turbidez para G-M (p-valor=0,0690) -----	39
Figura 8 – pH para G-M (p-valor=0,8798)-----	40
Figura 9 – OD para G-M (p-valor=0,97)-----	40
Figura 10 - DBO para G-M(p-valor=0,5767)-----	40
Figura 11 - Coliformes para G-M (p-valor=0,2861)-----	40
Figura 12 - Sólidos Totais para G-M (p-valor=0,5010)-----	40
Figura 13 - Fósforo para G-M (p-valor=0,8247)-----	40
Figura 14 - Nitrogênio para G-M (p-valor=0,4262)-----	41
Figura 15 - IQA CETESB para Gramame-Mamuaba-----	41
Figura 16 - IQA _B para Gramame-Mamuaba-----	41
Figura 17 - Relação entre IQA CETESB e IQA _B para Gramame-Mamuaba-----	42
Figura 18 - Curva de permanência do IQA CETESB para os 2 períodos de Gramame-Mamuaba-----	42
Figura 19 - Curva de permanência do IQA _B para os 2 períodos de Gramame-Mamuaba-----	43
Figura 20 - Relação entre IQA CETESB e o volume (%) de água para Gramame-Mamuaba-----	43
Figura 21 - Relação entre IQA _B e o volume (%) de água para Gramame-Mamuaba-----	44
Figura 22 - Temperatura para Marés(p-valor=0,0682)-----	46
Figura 23 - Turbidez para Marés (p-valor=0,2799)-----	46
Figura 24 - pH para Marés(p-valor=0,1102)-----	46
Figura 25 - OD para Marés(p-valor=0,1394)-----	46
Figura 26 - DBO para Marés (p-valor=0,0077)-----	46
Figura 27 - Coliformes para Marés (p-valor=0,0449)-----	46
Figura 28 - Sólidos Totais para Marés (p-valor=0,3292)-----	47
Figura 29 - Fósforo para Marés (p-valor=0,5056)-----	47
Figura 30 - Nitrogênio para Marés (p-valor=0,2937)-----	47
Figura 31 - IQA CETESB para Marés-----	48
Figura 32 - IQA _B para Marés-----	48
Figura 33 - relação entre IQA CETESB e IQA _B para Marés-----	48
Figura 34 - Curva de permanência do IQA CETESB para os 2 períodos e de estiagem do Marés-----	49
Figura 35 - Curva de permanência do IQA _B para os períodos chuvosos e de estiagem do Marés-----	49
Figura 36 - Relação entre IQA CETESB e o volume (%) de água para Marés-----	50
Figura 37 - Relação entre IQA _B e o volume (%) de água para Marés-----	50
Figura 38 - Temperatura para Araçagi (p-valor=0,0682)-----	52
Figura 39 - Turbidez para Araçagi (p-valor=0,4554)-----	52
Figura 40 - pH para Araçagi (p-valor=0,05571)-----	53
Figura 41 - OD para Araçagi (p-valor=0,2820)-----	53
Figura 42 - DBO para Araçagi (p-valor=0,7263)-----	53
Figura 43 - Coliformes para Araçagi (p-valor=0,2486)-----	53
Figura 44 - Sólidos Totais para Araçagi (p-valor=0,8412)-----	53
Figura 45 - Fósforo para Araçagi (p-valor=0,1484)-----	53
Figura 46 - Nitrogênio para Araçagi (p-valor=0,4505)-----	54

Figura 47 - IQA CETESB para Araçagi-----	54
Figura 48 - IQA _B para Araçagi-----	54
Figura 49 - relação entre IQA CETESB e IQA _B para Araçagi-----	55
Figura 50 - Curva de permanência do IQA CETESB para os 2 períodos de Araçagi-----	55
Figura 51 - Curva de permanência do IQA _B para os 2 períodos de Araçagi-----	56
Figura 52 - Relação entre IQA CETESB e o volume (%) de água para Araçagi-----	56
Figura 53 - Relação entre IQA _B e o volume (%) de água para Araçagi-----	57
Figura 54 – IQA CETESB período chuvoso-----	72
Figura 55 – IQA CETESB período de estiagem-----	72
Figura 56 – IQA _B período chuvoso -----	73
Figura 57 – IQA _B período de estiagem -----	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores limitantes dos parâmetros de qualidade de água de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 para água doce do tipo Classe I e Classe II.....	21
Tabela 2: Parâmetros de qualidade da água e respectivos pesos estabelecidos no Uso do IQA CETESB.....	28
Tabela 3: Classificação do IQA proposto pela CETESB.....	28
Tabela 4: Caracterização do IQA _B	29
Tabela 5: Parâmetros de Qualidade da Água Objetos de Estudo e Respectivos Pesos Estabelecidos no Uso do IQA _B	30
Tabela 6: Parâmetros de qualidade da água e respectivos IQA's referentes a toda amostra temporal analisada para o período chuvoso do reservatório Gramame-Mamuaba.....	38
Tabela 7: Parâmetros de qualidade da água e respectivos IQA's referentes a toda amostra temporal analisada para o período de estiagem do reservatório Gramame-Mamuaba.	38
Tabela 8: Parâmetros de qualidade da água e respectivos IQA's referentes a toda amostra temporal analisada para o período chuvoso do reservatório Marés.....	44
Tabela 9: Parâmetros de qualidade da água e respectivos IQA's referentes a toda amostra temporal analisada para o período de estiagem do reservatório Marés.	45
Tabela 10: Parâmetros de qualidade da água e respectivos IQA's referentes a toda amostra temporal analisada para o período chuvoso do reservatório Araçagi.	51
Tabela 11: Parâmetros de qualidade da água e respectivos IQA's referentes a toda amostra temporal analisada para o período de estiagem do reservatório Araçagi.....	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 HIPÓTESES E OBJETIVOS	14
2.1 Hipóteses	14
2.2 Objetivo Geral.....	14
2.3 Objetivos Específicos	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
4 METODOLOGIA.....	22
4.1 Área de Estudo.....	22
4.2 Acervo de Dados.....	26
4.3 Índices de Qualidade da Água	27
4.3.1 Índice de Qualidade da Água	27
4.3.2 Índice Qualidade da Água de Bascarán	28
4.4 Instrumentos Estatísticos Utilizados	30
4.4.1 Boxplot	30
4.4.2 Teste dos Valores Singulares de Dixon	31
4.4.3 Teste de Comparação de Médias.....	32
4.4.4 Regressão Linear e as Relações entre os IQA's	34
4.4.5 Curva de Permanência	35
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
5.1 Apresentação dos resultados obtidos.....	38
5.1.1 Reservatório Gramame-Mamuaba.....	38
5.1.2 Reservatório Marés.....	44
5.1.3 Reservatório Araçagi	50
5.2 Análise dos resultados obtidos.....	57
5.2.1 Reservatório Gramame-Mamuaba.....	57
5.2.2 Reservatório Marés.....	63
5.2.3 Reservatório Araçagi	68
5.2.4 Análise Comparativa dos Três Reservatórios Fluviais	72
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
APÊNDICES E ANEXOS	90

1 INTRODUÇÃO

A água é de suma importância para a manutenção de todas as formas de vida existentes no planeta, tendo em vista que compõe parte importante em todos os processos físicos, químicos e biológicos terrestres (BUZELLI, 2013). Além disso, o uso da água não se limita apenas às suas funções fundamentais na natureza. A água também supre demandas pessoais, econômicas e sociais, destacando que 78% dos empregos do mundo dependem dos recursos hídricos (SOUZA et al., 2014; UNESCO, 2018).

Com o crescimento das populações nas cidades e sua ocupação desordenada, o ser humano tem-se configurado como um agente transformador dos ambientes e ecossistemas nos quais o mesmo está inserido, a consequência desse fenômeno acarreta não só em uma demanda maior de água, bem como compromete a qualidade da mesma nos mananciais ao redor do mundo (BRITO et al., 2016).

Um desses eventos transformadores, que tem por finalidade atender à demanda cada vez maior de água para fins adversos como irrigação, setor industrial, abastecimento humano, energia elétrica e a regularização da vazão, é a construção de reservatórios e represas. Porém essa água pode transportar dos rios e córregos até a represa uma grande quantidade de poluentes, seja por meio de esgotos sanitários, efluentes industriais ou fertilizantes, que podem provocar alterações significativas em sua qualidade (ARAÚJO, 2018).

O que se percebe é que a problemática ambiental é fruto de uma construção social que entra em um confronto de ideias, visto que o mesmo sistema que exige uma demanda cada vez maior por água é também aquele que em suas atividades produtivas degradam esse recurso.

Segundo Telles (2013), o problema da água foge do âmbito apenas de sua quantidade ou disponibilidade, uma vez que, a consequência dos problemas supracitados também interfere na sua qualidade, dificultando o desenvolvimento de regiões carentes e conferindo problemas de saúde para a população que se utiliza dessa água. Dessa forma, com a perda de água tanto em quantidade, bem como em qualidade, perde-se também a capacidade de abastecimento para atender a demanda das populações em seus diversos usos (FIGUEIREDO et al., 2007).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS) e seus países membros “todas as pessoas, em quaisquer estágios de desenvolvimento e condições socioeconômicas, têm o direito de ter acesso a um suprimento adequado de água potável e segura”. “Segura”, neste

contexto, refere-se a uma oferta de água que não represente riscos significativos à saúde humana.

As perspectivas futuras também não são favoráveis, O Relatório Mundial das Nações Unidas Sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (2018) afirma que desde a década de 1990 a poluição hídrica aumentou em quase todos os rios da América Latina, África e Ásia. Além disso, estima-se que a qualidade da água vai diminuir nas próximas décadas, consequentemente, aumentarão as ameaças à saúde humana, bem como dos ecossistemas.

O mesmo relatório supracitado estima que 80% das águas industriais e residuais são lançadas nos corpos hídricos sem tratamento prévio, o que contribui para a deterioração da qualidade das águas dos corpos receptores.

Segundo o relatório das Nações Unidas para o Desenvolvimento Humano (2015), o consumo de água contaminada mata mais de 3,4 milhões de pessoas no mundo. Essa contaminação dá-se pelo consumo da água dos reservatórios que contam com a presença de microrganismos.

Dados referentes ao último censo populacional do IBGE (2010), afirma que, no ano de 2010, a Paraíba possuía uma população de 3.766.528 habitantes. Considerando que os reservatórios de Araçagi, Gramame-Mamuaba e Marés abastecem juntos cerca de 1,2 milhões de pessoas, ou seja, mais de 30% da população do Estado, justifica-se não só a importância do presente estudo, bem como a necessidade do conhecimento acerca da qualidade da água dos reservatórios fluviais e os seus principais fatores condicionantes.

Diante desse cenário, abre-se uma discussão sobre a importância do conhecimento sobre a qualidade da água dos reservatórios e que servirão para o abastecimento humano (ALVES et al., 2017). De acordo com Souza et al. (2014), tendo em vista essa importância e multiplicidade de usos da água, deve-se destacar a necessidade de um controle quanto à forma que esse recurso é utilizado, para que não ocorra comprometimento da qualidade dos recursos hídricos disponíveis e, consequentemente, a limitação da água para o uso nos seus diversos fins.

Portanto, uma preocupação pertinente, a ser abordada como problema central neste trabalho de pesquisa, refere-se à representatividade dos modelos matemáticos como parâmetros representativos para a avaliação da qualidade da água de superfície, mais especificamente em relação aos indicadores de qualidade da água do tipo IQA_B e IQA (RIZZI, 2001; ANA; CETESB, 2012)

2 HIPÓTESES E OBJETIVOS

2.1 Hipóteses

HT1: Podem ser identificadas oscilações e tendências sazonais nas séries dos indicadores de qualidade da água dos reservatórios;

HT2: Há relações diretas entre os indicadores IQA, IQA_B para classificar águas de reservatórios fluviais.

HT3: As classificações relativas aos conjuntos de indicadores de qualidade da água de reservatórios se coadunam com os parâmetros de qualidade segundo a legislação.

2.2 Objetivo Geral

Investigar o uso de indicadores de qualidade da água, relativamente ao Índice de Bascarán (IQA_B), e o Índice de Qualidade da Água (IQA) para a avaliação qualitativa da água dos reservatórios fluviais Gramame-Mamuaba, Marés e Araçagi, na região geográfica intermediária de João Pessoa.

2.3 Objetivos Específicos

1. Analisar as séries temporais de qualidade da água de reservatórios de bacias fluviais quanto a sua consistência, oscilações e tendências, levando em consideração a sazonalidade;
2. Realizar análise comparativa entre o IQA_B com o IQA para os reservatórios selecionados;
3. Avaliar se as relações entre os índices IQA e IQA_B são robustas;
4. Avaliar a água dos reservatórios de acordo com a legislação vigente à luz das especificações dos indicadores de qualidade.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O Art. 2, da Declaração Universal dos Direitos das Águas afirma que

a água é a seiva de nosso planeta. Ela é condição essencial de vida de todo vegetal, animal ou ser humano. Sem ela não poderíamos conceber como são a atmosfera, o clima, a vegetação, a cultura ou a agricultura sendo de suma importância e interesse do ser humano a manutenção e preservação desse recurso (ONU, 1992).

A escassez de água impede o desenvolvimento socioeconômico de diversas regiões, além do que há de se ressaltar que a qualidade de vida de um agrupamento humano está relacionada à disponibilidade hídrica, tanto em quantidade como em qualidade, para o atendimento de suas demandas. A importância da seguridade hídrica é que induz a construção de barragens e reservatórios de água (SOUZA, 2010).

A construção de barragens é de fundamental importância para a gestão dos recursos hídricos, visto que, além de contribuir para o abastecimento da população, se a gestão for feita de maneira correta, também pode contribuir tanto para a preservação bem como para a recuperação dos recursos hídricos (SILVA et al, 2007).

A região nordeste do Brasil, bem como o estado da Paraíba, caracteriza-se pela carência na disponibilidade da água, o que se justifica um alto investimento na construção de barragens. Essa irregularidade hídrica no estado da Paraíba também se dá devido a grande quantidade de rios intermitentes que cortam o estado (SOUZA, 2010).

A construção de uma barragem gera uma enorme intervenção no meio ambiente, causando danos e perdas ambientais irreparáveis e conflitos sociais em toda a região do empreendimento, sendo importante ressaltar que

a construção de barragens e sistemas de irrigação é um exemplo de típico de atividade geradora de conflitos, beneficiando em geral as sociedades urbano-industriais e prejudicando as tradicionais (DIEGUES, 2009).

Do ponto de vista ambiental, as barragens e reservatórios modificam de forma definitiva o ambiente, impedindo o livre correr das águas e peixes, além da perda de biodiversidade devido à inundação de uma área, que altera a dinâmica de interação com as águas (ARRUDA, 2008).

Os conflitos de ordem social envolvendo esse tipo de empreendimento compreendem principalmente a desapropriação de terras das comunidades tradicionais, que muitas vezes é intensificada devido à ausência de medidas compensatórias entendidas como satisfatórias pelas comunidades atingidas.

Mesmo diante de tais conflitos, os gestores enxergam na construção de barragens e reservatórios a solução para o problema da escassez hídrica. Nota-se que a construção desses empreendimentos soluciona em partes porque, para uma gestão completa e eficaz, apenas dispor de água em quantidade suficiente para o atendimento das demandas humanas não é suficiente, é necessário o controle e manutenção desse recurso para assegurar, além da quantidade, a qualidade da água necessária para o abastecimento humano.

A qualidade da água é resultado das condições naturais do ambiente com as ações antrópicas, podendo-se afirmar que a qualidade da água de uma região está relacionada com as condições naturais do ambiente somadas com o uso e ocupação do solo de uma determinada bacia hidrográfica (VON SPERLING, 1996).

A água atua como um solvente natural, fazendo a diluição e transporte de impurezas lançadas no meio ambiente. Tais impurezas podem ser tanto de origem natural, através da deposição de poeira ou sal pelos ventos, desgaste do leito de rochas, como antrópica, essas com um potencial para contaminação bem mais elevada. Esses fenômenos podem vir a comprometer a qualidade da água, por isso, para cada uso atribuído a esse recurso, existem normas e padrões estabelecidos com o intuito de garantir uma qualidade mínima da água para os seus diversos fins (BITTENCOURT, 2014).

É de fundamental importância a manutenção dos aspectos qualitativos da água, o que torna o gerenciamento dos recursos hídricos adequados, garantindo a disponibilidade da água para os usos atuais, bem como futuros. A importância da qualidade da água está expressa por meio do enquadramento dos recursos hídricos, que vai classificar a água de acordo com sua destinação e usos, e para isso, uma série de aspectos qualitativos devem ser atendidos (DE MOURA, 2014).

A avaliação da qualidade da água é feita através da medição e leitura dos parâmetros de qualidade da água, que tem por objetivo indicar a presença de substâncias que venham a comprometer o pleno uso desse recurso. Como já dito, no enquadramento dos recursos hídricos estão estabelecidos os limites de cada parâmetro para cada classe da água a qual ela está destinada (DE MOURA, 2014).

Os parâmetros de qualidade da água são de suma importância para a compreensão da qualidade da água, visto que

Os padrões de qualidade da água referem-se, pois a um certo número de parâmetros capazes de refletir, direta ou indiretamente, a presença efetiva de algumas substâncias ou microrganismos que possam

comprometer a qualidade da água do ponto de vista de sua estética e de sua salubridade. Do ponto de vista da salubridade, exige-se que a água não contenha patogênicos ou substâncias químicas em concentrações tóxicas ou que possam tornar-se nocivas à saúde pelo uso continuado da água. Do ponto de vista estético, as exigências se referem a aspectos físicos e organolépticos que tornem a água repugnante ao consumidor, induzindo-os a usar água de melhor aparência, porém, sem controle de salubridade (BRANCO et al., 2006).

Ressalta-se que, para a análise da qualidade da água de um determinado corpo hídrico, devem ser levados em consideração alguns aspectos da área de estudo. Um desses aspectos é a sazonalidade, ou seja, para uma análise mais precisa do ambiente estudado, é necessário que se avalie a qualidade da água tanto nos períodos mais chuvosos quanto nos menos chuvosos ou de seca.

A análise por sazonalidade mostra-se importante devido à localização geográfica da área de estudo do presente trabalho, visto que uma das características do nordeste brasileiro é a irregularidade espacial e temporal da precipitação ocasionada pela influência direta de sistemas atmosféricos (SANTOS, 2015).

Nas regiões tropicais e em épocas chuvosas, a qualidade da água em mananciais e reservatórios pode ser afetada de forma negativa devido ao escoamento superficial da água, uma vez que, essa água pode aportar uma grande quantidade de nutrientes e microrganismos (DA SILVA, 2016).

Existe uma variedade de aspectos a ser considerada na avaliação dos parâmetros que medem a qualidade da água, uma vez que tais parâmetros envolvem grandezas físicas, químicas e biológicas.

A temperatura, por exemplo, pode influenciar na velocidade das reações químicas que ocorrem nos corpos hídricos e reduzir a solubilidade de alguns gases (DE MOURA, 2014). A turbidez está relacionada com as partículas sólidas em suspensão e pode estar diretamente relacionada com a presença de microrganismos patogênicos na água, uma vez que, as partículas sólidas responsáveis pela turbidez podem proteger determinados microrganismos, facilitando sua proliferação (RUSSEL, 1994).

O potencial de hidrogenação da água, o pH, mede a intensidade de condição ácida (H⁺) ou alcalina (OH⁻) de uma solução, quando fora da sua neutralidade em um determinado corpo hídrico, o pH tende a alterar a taxa de crescimento de microrganismos, além disso, valores

elevados desse parâmetro podem indicar a proliferação de algas num corpo hídrico (VASCONSELOS; SOUZA, 2011).

O aumento da proliferação das algas, microrganismos, das partículas sólidas em suspensão e sólidos influenciam diretamente na quantidade de oxigênio dissolvido, OD, presente no corpo hídrico. Geralmente a presença de substâncias orgânicas reduz a quantidade desse parâmetro na água ao zero, favorecendo a condição de vida apenas aos seres anaeróbios. Vale ressaltar que os organismos aeróbios necessitam do OD para fazerem a decomposição dessas substâncias orgânicas. Já a demanda bioquímica de oxigênio, a DBO, está relacionada com a quantidade de OD necessária para que ocorra a decomposição da matéria e substâncias orgânicas presentes na água (GOMES – SILVA et al., 2014).

O nitrogênio pode estar presente na água em diversas formas, como molecular, amônia, nitrato ou nitrito e geralmente esse elemento é encontrado em corpos hídricos que recebem esgotos domésticos e industriais, fertilizantes ou até em fezes de animais. O nitrogênio está diretamente relacionado ao crescimento de algas, ou seja, quando existe um excesso desse parâmetro na água ocorre um processo chamado de eutrofização, que nada mais é do que um desenvolvimento exagerado das algas, influenciando nos níveis de OD, conseqüentemente influência na biota aquática (RUSSEL, 1994).

Assim como o nitrogênio e outros parâmetros supracitados, o fósforo em excesso também contribui para o processo de aparecimento de algas e eutrofização. Suas origens também são semelhantes, podendo ser naturais e antrópicas. A presença do fósforo na água pode facilitar o aparecimento da toxina microcistina, que está relacionada a doenças como gastroenterite, reações alérgicas ou irritativas, neurotoxicidade, podendo afetar diretamente o fígado (EMÍDIO, 2012).

Os coliformes são indicadores que aponta a presença ou não de microrganismos patogênicos na água. Os coliformes existem em grande quantidade nas fezes humanas, sendo assim, quando comprovada a presença de coliformes em uma amostra, significa que a mesma recebeu esgoto doméstico, podendo provocar uma série de doenças (VON SPERLING, 1996).

Dito isso, e compreendendo que a água possui uma multiplicidade de usos que garantem e sustentam a vida na Terra, destaca-se o abastecimento público como sendo o mais importante e exigente uso da água, uma vez que, para este propósito, a água deve manter o padrão de potabilidade exigido pela legislação vigente, evitando riscos à saúde do consumidor (TENÓRO, 2016).

Percebe-se a complexa relação existente entre o ser humano e a água, pois, na sua utilização, em muitos casos, acaba por contaminar esse recurso de tal forma que inviabiliza a utilização do mesmo para o consumo humano (MAGALHÃES, 2009). E há de se ressaltar que, se a escassez hídrica quantitativa se constitui como sendo um fator limitante ao desenvolvimento, a escassez qualitativa gera problemas a saúde, economia e ao meio ambiente (REBOUÇAS, 2006).

Diante do exposto, é de fundamental importância o conhecimento de todos os tipos de usos da água de uma determinada bacia hidrográfica ou reservatório, bem como quais padrões de qualidade devem ser monitorados para cada um desses usos.

Visando um maior conhecimento acerca da qualidade das águas, foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation* o índice de qualidade da água (IQA), e já em 1975 o IQA foi adaptado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e passou a ser amplamente utilizado no Brasil (BRASIL, 2018).

Objetivando uma sintetização dos parâmetros físicos e químicos da água para abastecimento público, o IQA surge como uma ferramenta de gestão e planejamento, além de facilitar a compreensão e diálogo, entre da população e unidades gestoras, da qualidade da água por elas utilizada. O IQA foi escolhido como objeto de estudo do presente trabalho devido a ampla utilização dele.

A partir do estudo aprofundado do IQA americano, diversos outros índices para qualidade da água surgiram, cada um com suas especificidades e usos distintos. Neste trabalho, além da utilização do IQA adaptado pela CETESB, também foi utilizado o IQA de Bascarán (IQA_B).

O segundo índice de qualidade de água objeto desse estudo, o Índice de Qualidade de Água de Bascarán (IQA_B), é bastante utilizado devido à sua flexibilidade, uma vez que se adapta de acordo com o banco de dados disponível, permitindo o cálculo do IQA mesmo quando existe uma limitação na obtenção dos parâmetros de qualidade da água (RIZZI, 2001).

A utilização de duas metodologias diferentes para o cálculo do IQA possibilita um estudo comparativo dos resultados obtidos por cada método, podendo conferir uma maior confiabilidade quanto à definição das reais condições dos reservatórios em estudo.

Com relação à legislação vigente, pode-se observar uma preocupação de longa data com relação à utilização e garantia da qualidade da água. Essa preocupação pode ser observada

ainda no ano de 1934, quando é estabelecido o Código das Águas, através do Decreto nº 24.643, que visava normatizar alguns tipos de uso da água. Já no ano de 1977 ficou a cargo do Ministério da Saúde a elaboração de normas e padrões de potabilidade da água para abastecimento humano (BRASIL, 2009).

A Constituição Federal Brasileira de 1988 também tem por objetivo, em alguns dos seus artigos, garantir essa a preservação desse recurso. Isso pode ser observado tanto no art. 22, que transfere a responsabilidade de legislar sobre as águas à União, bem como no art. 225, que afirma:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações

A competência para fiscalizar, inspecionar e propor políticas e ações com relação a qualidade da água para abastecimento público, principalmente com relação ao saneamento básico, também é estabelecida através da Constituição Federal Brasileira de 1988, e delega ao Sistema Único de Saúde (SUS) essas atribuições (BRASIL, 1988; MEDEIROS, 2016).

Além destes, também podem ser destacadas a Lei das Águas – Lei nº 9.433, em janeiro de 1997 que rege a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos; a Lei nº 9.984, de julho de 2000, que institui a criação da Agência Nacional das Águas – ANA.

Como objeto de trabalho dessa pesquisa, a Resolução número 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) veio para substituir a Resolução número 20 do mesmo conselho, estabelecendo parâmetros de qualidade da água, bem como seus limites, para diferentes tipos de uso da água. Em síntese, essa resolução “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências”.

No Art. 3º da Resolução supracitada, afirma-se que “as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade”. Em se tratando dos reservatórios fluviais para abastecimento humano analisados nesse estudo, todos são de água doce, ou seja, possuem salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰, além disso, possuem um limite estabelecido para cada um

dos parâmetros de qualidade da água como forma de garantir os usos da água atribuídos a esses reservatórios. A Tabela 1 traz os valores limitantes dos parâmetros de qualidade da água para as águas doces do tipo Classe I e Classe II.

Os reservatórios fluviais são classificados de acordo com seus principais rios. No caso dos reservatórios fluviais de Gramame-Mamuaba, Marés e Araçagi são classificados segundo a resolução CONAMA 357/05 como sendo Classe II, e suas águas podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca.

Tabela 1: Valores limitantes dos parâmetros de qualidade de água de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 para água doce do tipo Classe I e Classe II.

Água Doce - Classe I e Classe II			
Parâmetro	Valor Limite		Unidade
	Classe I	Classe II	
Temperatura	-	-	-
Turbidez	≤ 40	≤ 100	Unt
pH	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	-
Oxigênio Dissolvido	≥ 6	≥ 5	mg.L ⁻¹ O ₂
DBO	≤ 3	≤ 5	mg.L ⁻¹ O ₂
Coliformes Termotolerantes	≤ 200	≤ 1000	UFC/100 mL
Resíduo Total	0	≤ 500	mg.L ⁻¹
Fósforo Total	≤ 0,020	≤ 0,030	mg.L ⁻¹
Nitrogênio Total	≤ 1,27	≤ 1,27	mg.L ⁻¹

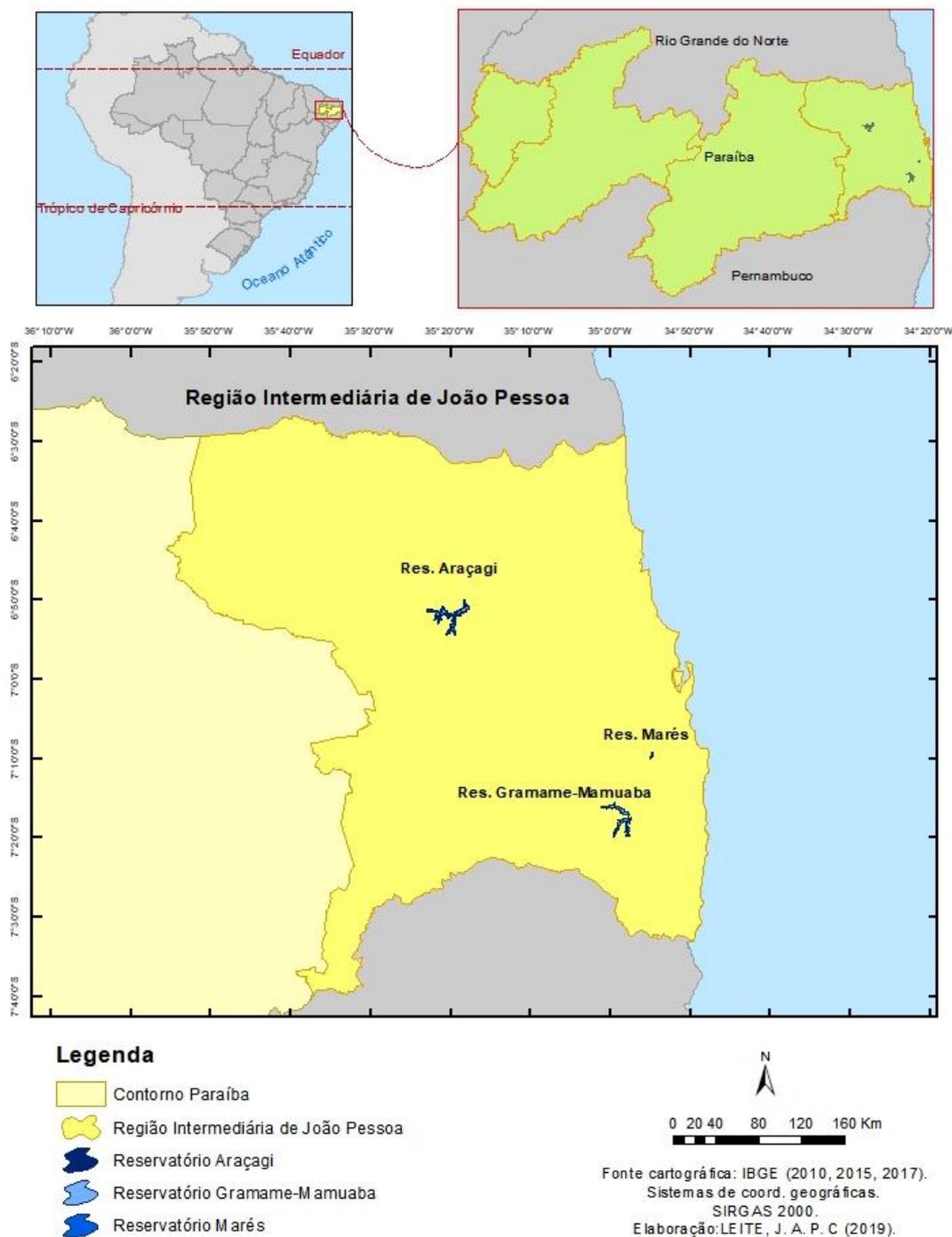
Fonte: Adaptado de CONAMA (2005).

4 METODOLOGIA

4.1 Área de Estudo

A área de estudo consiste em três reservatórios fluviais situados na região geográfica intermediária de João Pessoa, sendo eles os reservatórios fluviais de Gramame-Mamuaba, Marés e Araçagi (Figura 1).

Figura 1- Mapa de localização da região geográfica intermediária de João Pessoa



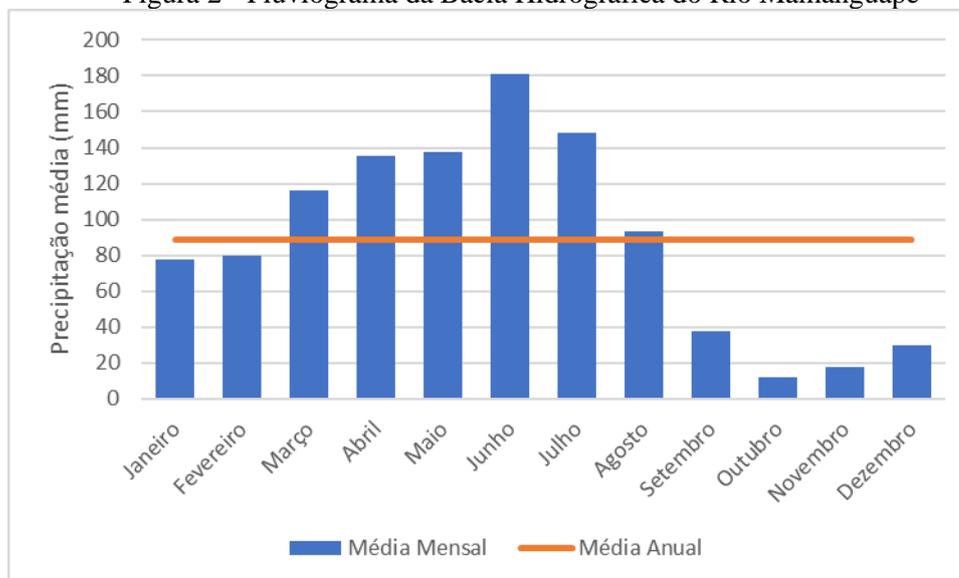
Fonte: Elaborado pelo autor.

Situada na Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape, a barragem formada do reservatório do Rio Araçagi, que teve sua construção iniciada em 1999 e finalizada em 2002, possui capacidade de cerca de 63 milhões de m³ de água, sendo o quinto maior reservatório da Paraíba. Além disso, vale ressaltar que a barragem atende diversos municípios e comunidades na região, como Pilõezinhos, Itapororoca, Cuitegi, Guarabira, Araçagi, Cuité de Mamanguape, Mamanguape e Rio Tinto, beneficiando cerca de 180 mil pessoas tendo também a capacidade de auxiliar no abastecimento da capital João Pessoa e abastece cerca de 100 caminhões pipas diariamente (SILVA, 2017).

Com relação ao clima, tem-se como característica da região onde está inserido o reservatório, um clima tropical úmido e, como característico do nordeste brasileiro, uma média pluviométrica baixa e irregular com períodos de seca. A estação chuvosa na região vai de março a agosto, portanto, o período de estiagem na região está compreendido entre os meses de setembro e fevereiro (SOUZA, 2010).

A média mensal de precipitação para o ano na Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape é de 88,75 milímetros com total anual de aproximadamente 1065 milímetros ao ano (SANTOS, 2015). A partir do pluviograma representativo da Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape (Figura 2), destaca-se que o período chuvoso é aquele onde a média mensal supera a média mensal para o ano.

Figura 2 - Pluviograma da Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape



Fonte: Elaborado pelo autor.

Do ponto de vista econômico, a construção da barragem de Araçagi possibilitou o aumento da área cultivada na região. Hoje a maior fonte de renda das famílias da região, que em sua maioria vivem na zona rural, é de agricultura de subsistência e pecuária. A região produz

castanha de caju, farinha de mandioca, urucum e criação de caprinos, bovinos, ovinos, muare e asininos (SOUZA, 2010).

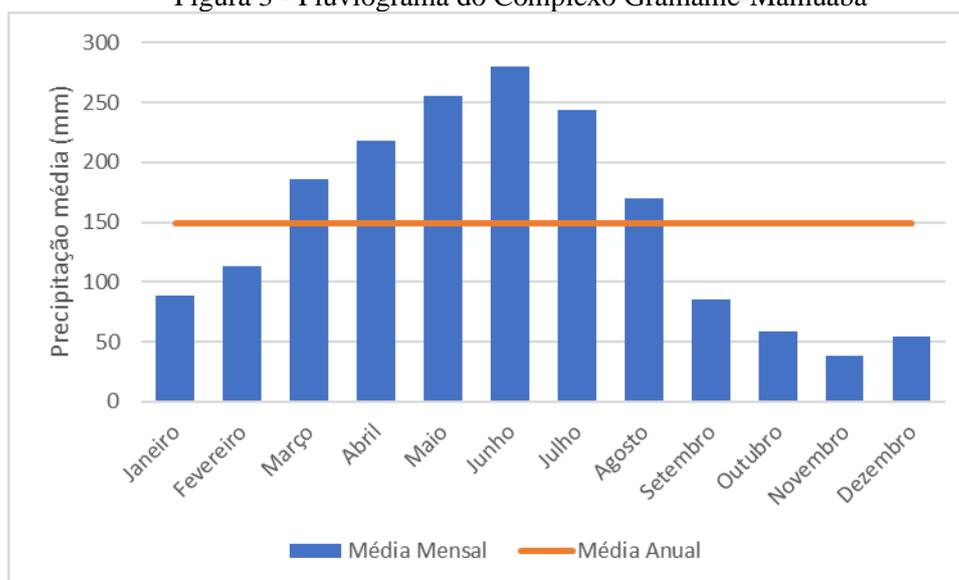
A segurança hídrica proporcionada pela barragem de Araçagi também foi responsável por tornar o município de Araçagi o terceiro maior produtor de abacaxi da Paraíba, além de ser um grande produtor de cana-de-açúcar (SOUZA, 2010).

O segundo reservatório analisado, o complexo Gramame-Mamuaba está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Gramame, e é a principal fornecedora de água da grande João Pessoa, capital do estado da Paraíba. Cerca de 70% do abastecimento de água na região é proveniente da mesma. Em números, isso significa quase um milhão de pessoas abastecidas por essa bacia hidrográfica. Além disso, por meio da barragem do Gramame-Mamuaba, construída nos anos finais da década de 1980, pode-se destacar a capacidade hídrica de cerca de 56,4 milhões de m³ de água (NUNES, 2012).

O clima predominante na bacia do Rio Gramame é o tropical úmido, e apresenta uma sazonalidade marcada por um período de chuva, compreendido entre os meses de março a agosto, e um período de estiagem entre os meses de setembro e fevereiro (ABRAHÃO, 2006).

Segundo dados do *Climate-Data*, a precipitação total anual média do município do Conde, onde está inserido o reservatório Gramame-Mamuaba, é de 1.791 milímetros ao ano, com média mensal para o ano de aproximadamente 149,25 milímetros. O pluviograma representativo para a bacia desse reservatório está representado pela Figura 3.

Figura 3 - Pluviograma do Complexo Gramame-Mamuaba



Fonte: Elaborado pelo autor.

Cerca de 97% da área da Bacia do Rio Gramame é caracterizada por atividades humanas, como agricultura, pecuária e o plantio de frutíferas, dispondo de apenas 1,5% de vegetação nativa, que estão inseridas quase que em sua totalidade (96%) nas áreas de preservação permanente (NUNES, 2012).

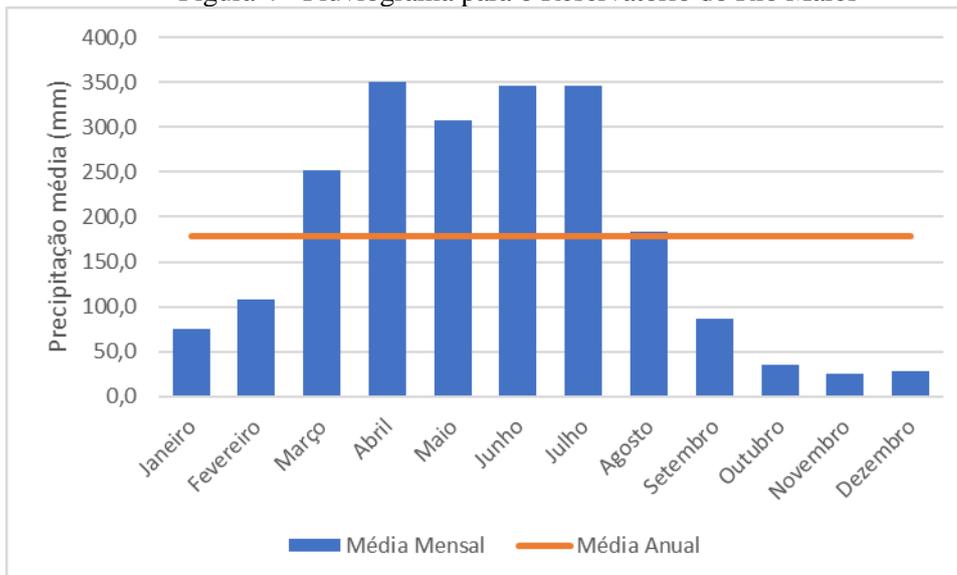
A intensificação da poluição desta bacia deu-se por volta da década de 1960, quando foi instalado o Distrito Industrial do município de João Pessoa. Na bacia, existem indústrias do ramo alimentício, construção civil, têxtil, serviços de reparação, manutenção e instalação, metalúrgicas, materiais não metálicos, entre outras (MACHADO, 2003). Boa parte dos efluentes industriais gerados na cadeia produtiva do Distrito Industrial não são conhecidos, além disso, sua grande maioria não conta com um tratamento adequado antes de serem lançados nos corpos hídricos que compõem a bacia hidrográfica (MACHADO, 2003).

Os principais tipos de uso do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Gramame são a agricultura, com destaque para a cultura da cana-de-açúcar, criação de animais além dos complexos residenciais, turísticos e industriais, tornando o ambiente cada vez mais sensível e susceptível a impactos ambientais que podem vir comprometer os usos prioritários da água (COSTA, S. G. F. da et al. 2014).

O último reservatório analisado neste estudo é o reservatório do Rio Marés, situado na bacia hidrográfica de mesmo nome. O reservatório, formado pela barragem de Marés, construída nos primeiros anos da década de 1950, possui capacidade de 2 milhões de m³ de água, sendo responsável por cerca de 30% do abastecimento de água de João Pessoa, além de alguns bairros dos municípios de Santa Rita e Bayeux.

Com relação à sazonalidade desse reservatório, foi utilizado os dados de precipitação histórica do município de João Pessoa para este estudo. Tais dados foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para as normais climatológicas compreendidas entre o período de 1961 – 1990. o período mais chuvoso está compreendido entre os meses de março a agosto e, por sua vez, o período menos chuvoso está compreendido entre setembro e fevereiro. Além disso, a precipitação média mensal para o ano nessa região é de 178,77 milímetros com total anual médio de precipitação sendo igual a 2.145,3 milímetros. O pluviograma para esse reservatório está contido na Figura 4.

Figura 4 - Pluviograma para o Reservatório do Rio Marés



Fonte: Elaborado pelo autor.

Um aspecto que difere a bacia hidrográfica do Rio Marés das demais aqui estudadas é com relação ao uso do solo, visto que, além do uso do solo para a agricultura, esta região sofre bastante com a urbanização. É possível notar a presença de atividades de mineração e de diversas granjas na bacia, além de diversas áreas desmatadas e inexploradas em formato de lotes, principalmente próximo ao reservatório, explicadas pela expansão imobiliária (CARRILHO et al., 2008). Por outro lado, o reservatório Marés recebe um aporte de águas de água bruta do rio Mumbaba, na bacia do rio Gramame, por meio de uma adutora de vazão igual a 600,00 l/s.

4.2 Acervo de Dados

O banco de dados utilizado no presente trabalho referiu-se aos dados do monitoramento semestral dos reservatórios fluviais realizado pela Superintendência de Desenvolvimento e Meio Ambiente (SUDEMA) na Paraíba.

Deve ser destacado que apenas a SUDEMA realiza o monitoramento da qualidade da água bruta dos reservatórios fluviais do estado da Paraíba com a medição de diversos parâmetros.

O trabalho de monitoramento feito pela SUDEMA teve início em 2004 e visa a medição de 9 parâmetros de qualidade de água nos reservatórios, quais sejam: temperatura, turbidez, pH, oxigênio dissolvido, DBO, coliformes termotolerantes, sólidos totais, fósforo total e nitrogênio total. Assim torna-se viável o cálculo do IQA por diferentes metodologias de análises. Para o

presente estudo, foram analisadas séries históricas de dados referentes aos anos de 2007 até 2018.

Visando uma análise de tais dados pela sazonalidade climática da região, os 12 anos de coleta de dados foram divididos em 24 períodos para cada reservatório fluvial analisado, sendo 12 referentes aos períodos chuvosos e 12 aos períodos de estiagem.

Vale ressaltar que existiram falhas de medições ou outros fatores que impediram as análises dos dados para alguns desses períodos. A existência de tal condição varia de acordo com a série de dados disponíveis para cada reservatório fluvial.

4.3 Índices de Qualidade da Água

Nesse trabalho são utilizados os indicadores de qualidade da água da CETESB e o índice de qualidade da água proposto por Bascarán. Nos tópicos a seguir estão descritas as suas respectivas metodologias de cálculo, categorização e análise que serviram de base nesse estudo.

4.3.1 Índice de Qualidade da Água

O IQA modificado pela CETESB é calculado por meio de um produtório ponderado, conforme Equação 1:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

Em que:

IQA: Índice de Qualidade da Água, um número entre 0 e 100;

q_i : qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida;

n : números de variáveis analisadas e utilizadas no cálculo do IQA;

w_i : peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que: em que: n : número de variáveis que entram no cálculo do IQA (Tabela 2).

Tabela 2: Parâmetros de qualidade da água e respectivos pesos estabelecidos no Uso do IQA CETESB.

Parâmetros de Qualidade da Água	Peso (wi)
Coliformes fecais	0,15
Nitrogênio Total	0,10
Fósforo Total	0,10
DBO	0,10
Oxigênio Dissolvido	0,19
pH	0,12
Sólidos Totais Dissolvidos	0,08
Temperatura	0,10
Turbidez	0,08

Fonte: adaptado CETESB (2012).

A partir do cálculo efetuado é analisada a qualidade dessa água bruta, e sua classificação pode variar entre péssima ($IQA \leq 19$) e ótima (para $79 < IQA \leq 100$), conforme Tabela 3.

Tabela 3: Classificação do IQA proposto pela CETESB.

Categoria	Ponderação
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Ruim	$36 < IQA \leq 51$
Regular	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$IQA \leq 19$

Fonte: adaptado CETESB (2012).

4.3.2 Índice Qualidade da Água de Bascarán

O IQAB é fornecido pela Equação 2:

$$IQA_B = \frac{\sum_{i=1}^k C_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (2)$$

Em que: C_i é o valor porcentual correspondente ao parâmetro i ;

P_i é o peso correspondente a cada parâmetro;

k é uma constante de ajuste, em função do aspecto visual da água, à qual se atribuiu: 1 para água clara, sem contaminação aparente; 0,75 para água com cor indefinida, espuma, pouca turbidez aparente ou natural; 0,50 para água com aparência de contaminação e forte odor; 0,25 para água negra, com fermentação e odor (SILVA NETO et al., 2015).

Para o presente estudo foi adotado o valor de $k=1$ devido a impossibilidade de avaliar o aspecto visual da água de dados históricos.

A partir do resultado obtido, a qualidade da água pelo método de Bascarán é classificada de muito ruim, para valores de IQA_B até 10, a excelente, com valores de IQA_B iguais a 100, conforme Tabela 4.

Tabela 4: Caracterização do IQA_B .

Categoria	Ponderação
Excelente	100
Muito Boa	90
Boa	80
Agradável	70
Aceitável	60
Normal	50
Imprópria	40
Desagradável	30
Ruim	20
Muito ruim	10

Fonte: adaptado Rizzi (2001).

É importante salientar que, tanto no caso do IQA_B bem como nos diversos outros tipos de IQAs estudados, são genéricos, podendo então ser susceptíveis a erros na obtenção do IQA para uso específico. Com relação ao IQA_B , como ele é calculado através de um valor percentual para cada parâmetro, exige uma análise cautelosa dos parâmetros estudados (RIZZI, 2001) (Tabela 5).

Tabela 5: Parâmetros de Qualidade da Água Objetos de Estudo e Respectivos Pesos Estabelecidos no Uso do IQA_B.

Parâmetros de Qualidade da Água	Peso (w)
Coliformes Fecais	3
Fósforo	1
Nitrogênio	3
DBO	3
Oxigênio Dissolvido	4
pH	1
Sólidos Totais Dissolvidos	2
Temperatura	1
Turbidez	4

Fonte: adaptado de Rizzi (2001).

4.4 Instrumentos Estatísticos Utilizados

4.4.1 Boxplot

Os resultados dos valores dos parâmetros de qualidade da água, bem como do cálculo dos dois índices de qualidade da água aqui analisados foram dispostos na forma de gráficos *Boxplot* (Figura 5). O *Boxplot* representa graficamente um conjunto de dados de maneira a sintetizar informações estatísticas que são importantes para análise dos dados (ARAÚJO e ABAR, 2012).

Esse tipo de gráfico auxilia na comparação visual entre dois ou mais grupos de dados, sendo possível analisar a variabilidade entre os grupos por meio dos quartis ou da diferença de comportamento entre suas respectivas medianas.

O *Boxplot* é formado por Q1 que é primeiro quartil, Q3 que é terceiro quartil e Q2 que é a mediana ou segundo quartil. A distância entre Q1 e Q3 é chamada de distância interquartil IQ (Equação 3). Além destes, os gráficos *Boxplot* também são compostos por hastes superiores e inferiores que vão, respectivamente, de Q3 até o valor limite superior (Equação 4) e de Q1 até o valor limite inferior da amostra (Equação 5). Porém, existe a possibilidade de, em uma

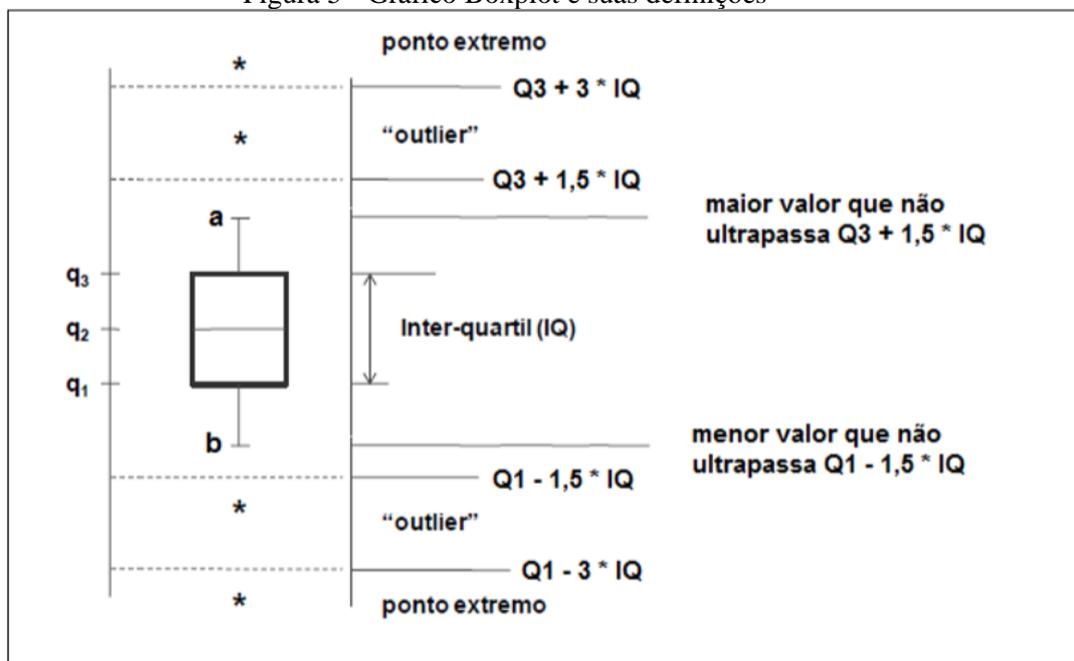
determinada amostra de dados, aparecerem valores que vão além dos limites superiores e inferiores do *Boxplot*, que são os chamados *outliers* ou valores discrepantes (MACHADO, 2017).

$$IQ = Q3 - Q1 \quad (3)$$

$$Lim. Superior = Q3 + 1,5IQ \quad (4)$$

$$Lim. Inferior = Q1 - 1,5IQ \quad (5)$$

Figura 5 - Gráfico Boxplot e suas definições



Fonte: Machado, 2017.

4.4.2 Teste dos Valores Singulares de Dixon

Considerando a possibilidade de ter havido erros no momento da medição dos parâmetros de qualidade da água por quaisquer motivos ou até mesmo erros de falha do equipamento medidor ou de digitação, o teste dos valores singulares de Dixon tem por finalidade identificar quais valores, dentre os *outliers* identificados na construção dos gráficos *Boxplot* são valores singulares. Valores singulares são aqueles valores suspeitos que podem vir a comprometer a consistência de uma série histórica de dados. Caso sejam identificados tais

valores, os mesmos podem e devem ser descartados para a análise da série histórica de dados (RÊGO & KOCH, 1985).

O teste de Dixon identifica tanto valores singulares máximos (Equação 6) bem como valores singulares mínimos (Equação 7) em uma amostra. Para o seu cálculo é necessário, antes de tudo, que se estabeleça o valor da constante K que está diretamente relacionada à confiança gerada como resultado do teste. Para esse estudo, adotou-se a confiança de 99%, equivalendo a $K=3,14$ (RÊGO & KOCH, 1985).

$$X_{m\acute{a}x} > \mu + K \cdot \sigma \quad (6)$$

$$X_{m\acute{i}n} < \mu - K \cdot \sigma \quad (7)$$

Em que:

$X_{m\acute{a}x}$: *outlier* suspeito de ser valor singular máximo da amostra;

$X_{m\acute{i}n}$: *outlier* suspeito de ser valor singular mínimo da amostra;

μ : média;

K: constante de confiança;

σ : desvio padrão

Estabelecido o valor de K, calcula-se a média e o desvio padrão da amostra, ressaltando que o valor singular suspeito não deve entrar nesse cálculo. A partir disso, é analisado se as condições estabelecidas nas Equações 6 e 7 são verdadeiras: se sim, os valores analisados devem ser descartados; se não, o *outlier* analisado não é um valor singular e deve permanecer como parte da amostra a ser analisada.

4.4.3 Teste de Comparação de Médias

A fim de verificar a existência de diferenças significativas entre as médias referentes aos doze anos de medições dos parâmetros de qualidades da água, entre os períodos chuvosos e os de estiagem, fez-se necessário a utilização do teste de comparação de médias, que tem por objetivo averiguar se duas ou mais amostra precedem uma mesma distribuição de probabilidades. Ressalta-se que tais testes podem ser do tipo paramétrico ou não paramétrico e

o que vai determinar essa escolha é o comportamento da distribuição analisada (FARTO e SILVA, 2020).

Dessa forma, o primeiro passo, após a organização dos parâmetros, é a determinação do tipo de distribuição a ser analisada. Isto posto, utilizou-se o teste de *Shapiro-Wilk* (SW) para verificar se a distribuição analisada se comportou de forma normal ou não. Tal procedimento determinou se o teste de comparação de médias a ser utilizado foi do tipo paramétrico ou não paramétrico. Ressalta-se que o teste de SW é utilizado para um banco de dados inferior a 50 amostras ($n < 50$).

O teste de *Shapiro- Wilk* é definido por:

$$W = \frac{b^2}{\sum_{i=1}^n (x_{(i)} - \bar{x})^2} \quad (8)$$

Em que:

x_i = valores ordenados da amostra;

\bar{x} = média da amostra;

n = número de valores analisados;

b = constante tabelada definida para quando o n for par ou ímpar.

Para as distribuições de dados referentes aos parâmetros de qualidade da água que se comportaram de maneira normal, foi utilizado o teste paramétrico, caso contrário, foi utilizado o teste não paramétrico.

O teste paramétrico utilizado foi o “t de student”, que consiste na medição da probabilidade da média das amostras analisadas apresentarem diferenças significativas

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad (9)$$

Em que:

\bar{x} = média da amostra;

μ_0 = Valor fixo usado para comparação com a média da amostra;

s = desvio padrão;

n = tamanho da amostra.

O teste não paramétrico adotado foi o de *Mann-Whitney*, que possui o mesmo propósito que o teste “t”, porém é utilizado para amostras independentes.

Em um teste de hipóteses tenta provar-se a falsidade da hipótese nula. Assim, apenas duas decisões podem ser tomadas:

- rejeitar a hipótese nula H_0 ;
- não rejeitar a hipótese nula H_0 .

Saliente-se que não rejeitar a hipótese nula significa apenas que não se conseguiu, através dos dados disponíveis, demonstrar a sua falsidade, o que difere completamente de provar a sua veracidade.

Os testes foram realizados no software R, com nível de significância α de 5% (0,05) e a H_0 foi rejeitada sempre que o p-valor $\leq \alpha$. O fluxograma para a execução das etapas do teste de médias está no apêndice.

4.4.4 Regressão Linear e as Relações entre os IQA's

Regressão linear é uma equação que define uma relação linear entre a variável dependente y e uma variável independente x , destinada a estimar o valor esperado de y .

Neste estudo, os valores do IQA CETESB foram adotados como variáveis independentes, devido a uma maior utilização desse índice quando em comparação ao IQA_B, escolhido como sendo a variável dependente.

Determinado quem é a variável independente e a dependente, é construído o gráfico de dispersão e aplicada uma linha de tendência do tipo linear ao gráfico, e nessa linha de tendência é possível saber o coeficiente de determinação R^2 , bem como a equação que relaciona as duas variáveis (REIS, 1994).

A equação para se estimar uma regressão linear é dada por:

$$y_i = \alpha + \beta X_i + \varepsilon_i \quad (10)$$

Em que:

y_i : Variável explicada (dependente); representa o que o modelo tentará prever;

α : É uma constante, que representa a intercepção da reta com o eixo vertical;

β : Representa a inclinação (coeficiente angular) em relação à variável explicativa;

X_i : Variável explicativa (independente);

ε_i : Representa todos os fatores residuais mais os possíveis erros de medição.

Para saber se a regressão linear é válida, uma das principais ferramentas adotadas é a análise do coeficiente de determinação R^2 , uma vez que tal valor determina a representatividade da variável x em explicar o comportamento da variável y . O valor do R^2 varia entre $0 < R^2 < 100\%$ e quanto mais próximo do 100%, melhor é o resultado da regressão linear, sendo ideal valores acima de 50%.

Por fim, para determinar se existem relações úteis entre os dois índices estudados, foi analisado se a regressão linear feita a partir dos valores dos índices calculados para a série histórica de dados analisada é condizente e se possui um R^2 adequado, caso essa afirmação seja positiva, possibilita encontrar a equação da reta que determina os dois índices, conseqüentemente, calcular o valor de um índice a partir do outro.

4.4.5 Curva de Permanência

A curva de permanência representa de modo gráfico a relação existente entre a variável estudada e a frequência com que os valores desta variável são superados ou igualados. Desta forma, aplicada num determinado espaço temporal de valores, essa curva fornece a variabilidade dos IQA's ao longo do tempo.

A construção da curva de permanência é possível a partir da ordenação do IQA_i para produzir um conjunto de valores indexados por $i = 1, 2, 3, \dots, N$, onde N é o comprimento amostral e IQA_1 e IQA_N são, respectivamente, o menor e o maior valor calculado.

A resposta final da curva de permanência, ou seja, a probabilidade de excedência (p_i) do IQA_i , representada pela Equação 9, conhecida pela fórmula de Kimball.

$$p_i = P(IQA > IQA_i) = \frac{i}{N+1} \quad (11)$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico são apresentados os resultados e discussões obtidos que servirão de embasamento para a aceitação ou a refutação das hipóteses do trabalho.

Para um melhor entendimento e clareza, primeiramente serão apresentados os resultados conforme o reservatório estudado, que como descrito na metodologia são três: Gramame-Mamuaba, Marés e Araçagi, e em seguida a análise dos resultados obtidos para cada um deles.

Os parâmetros físicos e químicos analisados, conforme consta na metodologia, foram: temperatura, turbidez, pH, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido, DBO, nitrogênio total, fósforo total e coliformes termotolerantes. Os valores medidos para a medição de cada parâmetro geram uma análise individual e, além disso, serviram para o cálculo dos dois índices de qualidade de água utilizados nesse estudo: o IQA CETESB e IQA_B.

As análises dos resultados obtidos, tanto para os valores dos parâmetros quanto para os valores calculados para os IQA's estão dispostos por meio de tabelas e figuras e foram feitas com base na análise de gráficos *boxplot* confeccionados através do *software* R.

A partir da confecção gráfica dos *boxplots* para todos os parâmetros de qualidade da água analisados nesse estudo, bem como os IQA's, fez-se necessário realizar o teste de valores singulares de Dixon com o intuito de averiguar se os valores outliers, superiores ou inferiores, devem ser ou não descartados da análise dos resultados obtidos. Uma vez confirmada a existência de valores singulares aos outliers, podemos considerar tais valores como erros de medição ou outros erros atribuídos no momento da leitura dos parâmetros, sendo necessário descartar tais valores para uma análise mais correta dos resultados.

Após essa etapa de determinação dos valores dos índices de qualidade da água analisados nesse estudo, o próximo passo foi determinar a existência de relações úteis entre tais índices, por meio da técnica de regressão linear. Esta etapa do trabalho visa responder à primeira hipótese e, para isso, foi aplicado a técnica de regressão linear para os dados dos três reservatórios estudados.

As análises seguintes deste trabalho referem-se ao estudo das curvas de permanência dos valores calculados dos índices de qualidade de água para cada reservatório estudado. A importância dessas análises é justificada pois além de trazer a porcentagem de tempo em que

os reservatórios se enquadraram dentro das suas respectivas nomenclaturas de qualidade, as curvas de permanência também permitem a análise da porcentagem de tempo em que os reservatórios entraram ou não em conformidade com o que rege a legislação para reservatórios de abastecimento humano.

Os três reservatórios fluviais estudados são classificados pela Resolução CONAMA 357/2005 como sendo de água doce Classe II. Fazendo o cálculo do IQA CETESB utilizando os limites dos valores de cada um desses parâmetros para essa classe (Tabela 1), chegou-se ao valor de 52,81 classificando, de acordo com a Tabela 3, o limite mínimo para o atendimento dos usos que competem esse reservatório como sendo Boa. De forma análoga, para o IQA_B, o valor calculado para essa classe de água foi de 53,18, classificando essa água (Tabela 4) como Normal.

Nos gráficos das curvas de permanência também apresentou os valores dos IQA's limitantes para a água doce do tipo Classe I, calculados a partir da Tabela 1, resultando em um valor igual a 70,58 para o IQA CETESB, classificada como Boa e 64,31 para o IQA_B, categorizada como Aceitável.

Com isso, a análise de conformidade foi feita em analisando, a partir das curvas de permanência, os resultados de IQA que apresentaram valores menores do que os mínimos estabelecidos.

Por fim, vale ressaltar que toda a análise das curvas de permanência foi confrontada com o que rege a resolução 357/05 do CONAMA para os reservatórios estudados, fazendo o comparativo da qualidade da água calculada com a qualidade da água mínima necessária para atendimento dos usos aos quais cada reservatório está atribuído.

5.1 Apresentação dos resultados obtidos

5.1.1 Reservatório Gramame-Mamuaba

Os valores dos parâmetros de qualidade da água, bem como os valores dos IQA's e seus principais parâmetros estatísticos estão dispostos nas Tabela 6 e Tabela 7, separados por sazonalidade, sendo a primeira tabela os dados referentes aos valores dos períodos chuvosos de toda a série histórica de dados e a segunda tabela os dados referentes aos períodos de estiagem da série histórica de dados.

Tabela 6: Parâmetros de qualidade da água e respectivos IQA's referentes a toda amostra temporal analisada para o período chuvoso do reservatório Gramame-Mamuaba.

Parâmetros de Qualidade da Água e IQA's	Parâmetros Estatísticos						
	Menor	Mediana	Maior	1º Quartil	3º Quartil	Ouliers inferior	Outliers Superior
Coliformes Fecais (nº/100ml)	20	480	10000	105	650	-	1500 / 10000
DBO (mg.L ⁻¹)	0,6	1,6	3,8	0,785	2,3	-	-
Fósforo (mg.L ⁻¹)	0,04	0,115	0,96	0,0775	0,275	-	0,96
Nitrogênio (mg.L ⁻¹)	0,3	0,9	16,9	0,475	2,275	-	16,9
OD (mg.L ⁻¹)	4,71	7,26	8,1	6,6	7,675	4,71	-
pH	5,75	7,175	7,56	6,275	7,3975	-	-
Sólidos Totais (mg.L ⁻¹)	1,9	88	239	45,25	119,75	-	239
Temperatura (°C)	27	28	28	27	28	-	-
Turbidez (uT)	3,4	9,945	30,6	6,35	22,5	-	-
IQAB	64,09	74,99	83,18	69,31	77,61	-	-
IQA CETESB	55,6	73,25	79,41	60,59	76,58	-	-

Fonte: Autor, 2019

Tabela 7: Parâmetros de qualidade da água e respectivos IQA's referentes a toda amostra temporal analisada para o período de estiagem do reservatório Gramame-Mamuaba.

Parâmetros de Qualidade da Água e IQA's	Parâmetros Estatísticos						
	Menor	Mediana	Maior	1º Quartil	3º Quartil	Ouliers inferior	Outliers Superior
Coliformes Fecais (nº/100ml)	0	109,5	820	32,5	352,5	-	-
DBO (mg.L ⁻¹)	1,2	1,7	5,0	1,35	2,1	-	3,6 / 5,0
Fósforo (mg.L ⁻¹)	0,04	0,11	0,85	0,065	0,17	-	0,82 / 0,95
Nitrogênio (mg.L ⁻¹)	0,2	0,8	2,9	0,45	1	-	2,3 / 2,9
OD (mg.L ⁻¹)	5,8	7	8,2	6,78	7,27	5,8	8,2
pH	6,37	7,065	7,74	6,705	7,27	-	-
Sólidos Totais (mg.L ⁻¹)	10	100	164	59	117	10	-
Temperatura (°C)	27	28	30,3	27,75	28,75	-	-
Turbidez (uT)	0,09	3,745	24	1,86	9,75	-	24
IQAB	71,36	78,86	89,07	73,975	80,58	-	93,75
IQA CETESB	61,17	74,68	83	70,89	78,63	52,17	-

Fonte: Autor, 2019

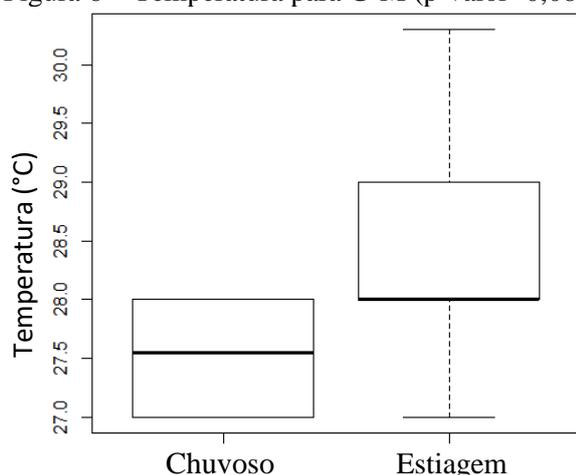
Das figuras 6 a 14 constam os gráficos *bloxpot*, construídos a partir da utilização do *software* R, de todos os nove parâmetros físicos e químicos estudados para o reservatório Gramame-Mamuaba (G-M), contendo na apresentação de cada parâmetro os valores separados por sazonalidade no intuito de fazer a análise de cada parâmetro no período chuvoso e no período de estiagem, conforme consta na metodologia.

Vale ressaltar que não houve medições dos parâmetros físicos e químicos da água aqui estudados no período chuvoso do ano de 2010, em todo o ano de 2011 e no período de estiagem de 2014. Portanto, os valores trabalhados se referem do período chuvoso de 2007 ao período de estiagem de 2018. Além disso, não houve medição dos parâmetros sólidos totais, fósforo e nitrogênio para o período de estiagem no ano de 2015, impossibilitando o cálculo do IQA da CETESB para esse período.

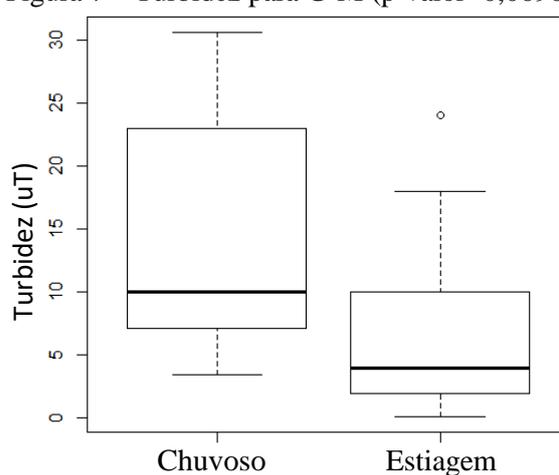
Não foram identificados, para G-M, parâmetros de qualidade da água que apresentaram divergências significativas de médias, a partir dos testes estatísticos adotados, entre os períodos chuvosos e de estiagem, dessa forma, a hipótese H0 não foi rejeitada.

Foram encontrados valores singulares, através do teste de Dixon, para os parâmetros DBO, coliformes, sólidos totais, fósforo e nitrogênio. Dessa forma, tais valores foram descartados antes do cálculo do teste de médias e demais análises, conforme metodologia.

Figura 6 – Temperatura para G-M (p-valor=0,0850) Figura 7 – Turbidez para G-M (p-valor=0,0690)

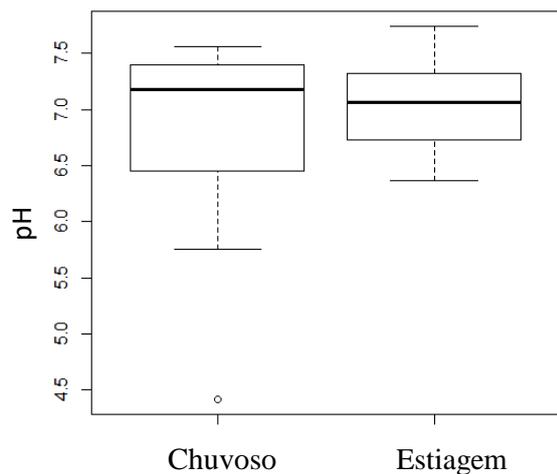


Fonte: Elaborado pelo autor.



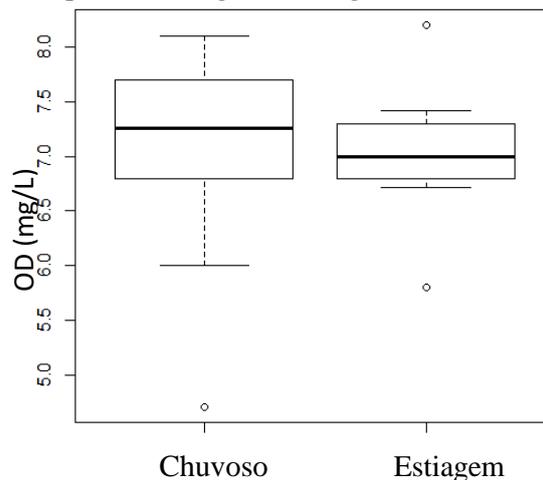
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 8 – pH para G-M (p-valor=0,8798)



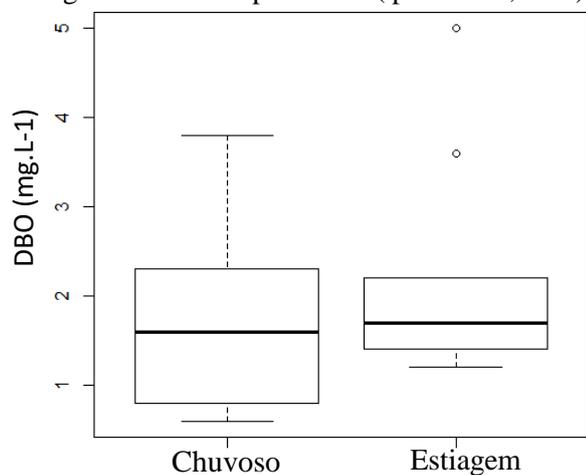
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 9 – OD para G-M (p-valor=0,9700)



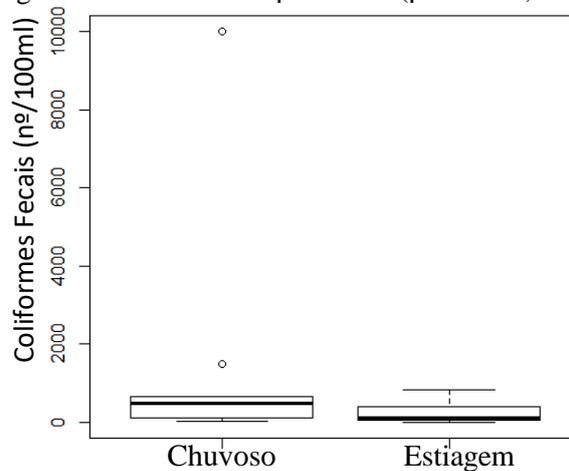
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 10 – DBO para G-M (p-valor=0,5767)



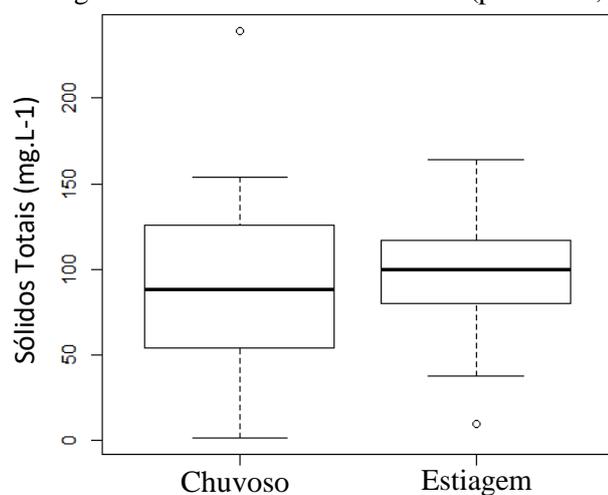
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 11 – Coliformes para G-M (p-valor=0,2861)



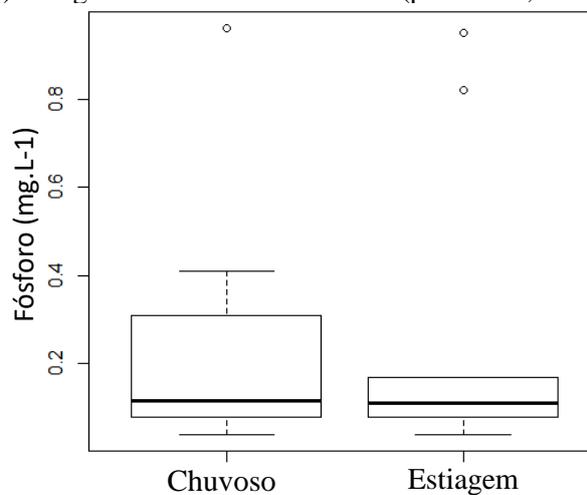
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 12 – Sólidos totais em G-M (p-valor=0,5010)



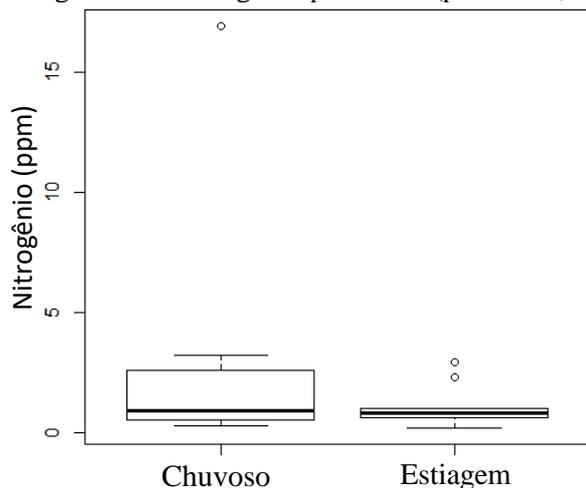
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 13 – Fósforo em G-M (p-valor=0,8247)



Fonte: Elaborado pelo autor.

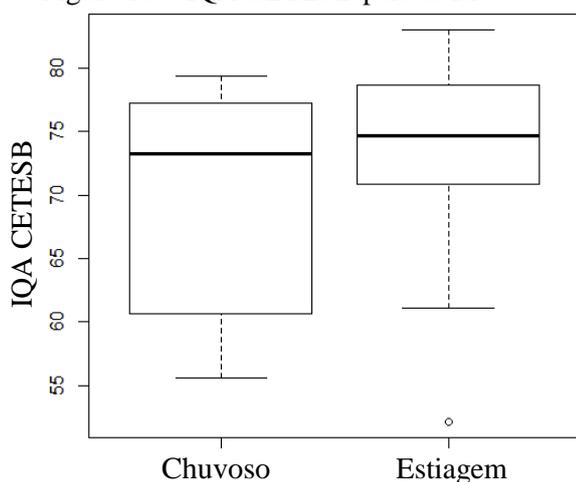
Figura 14 – Nitrogênio para G-M (p-valor=0,4262)



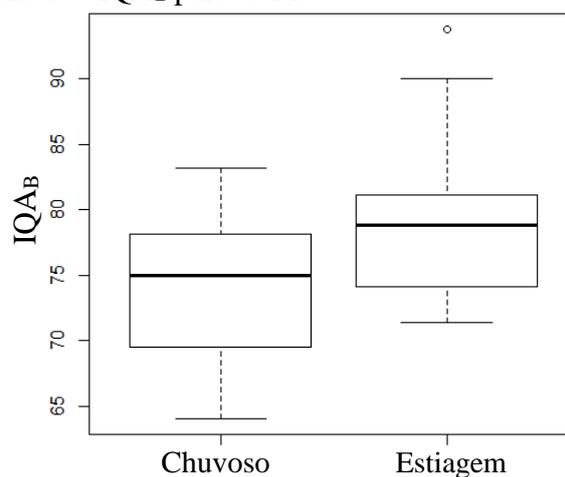
Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas Figuras 15 e 16 estão apresentadas, também no formato de gráficos *boxplot* confeccionados a partir da utilização do software R os valores obtidos dos cálculos dos índices de qualidade da água tanto da CETESB bem como o índice de Bascarán para o reservatório Gramame-Mamuaba, com valores separados e classificados entre período chuvoso e de estiagem, no intuito de fazer a análise de cada parâmetro por sazonalidade, conforme consta na metodologia.

Figura 15 – IQA CETESB para G-M



Fonte: Elaborado pelo autor.

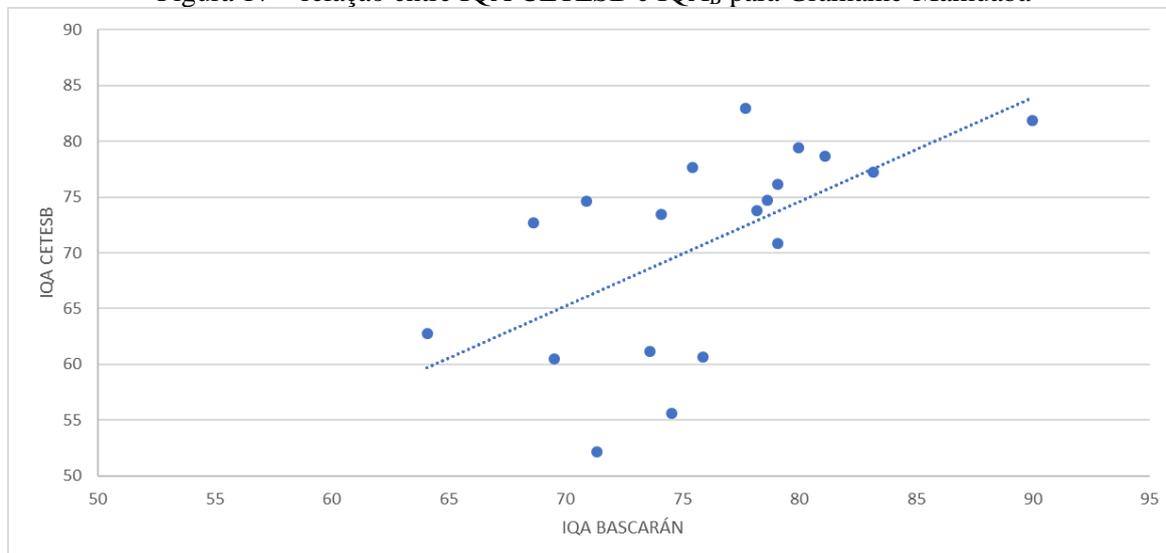
Figura 16 - IQA_B para G-M

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para identificar a existência ou não de relações entre os dois índices de qualidade da água analisados nesse estudo, foi utilizado a metodologia da regressão linear, conforme a metodologia indicada.

Foi encontrado, para valores do IQA CETESB na variável x e valores de IQA_B na variável y, uma equação da reta dada por $y = 0,3832x + 48,898$ e um coeficiente de determinação $R^2 = 0,3593$. A representação gráfica desses valores está na Figura 17.

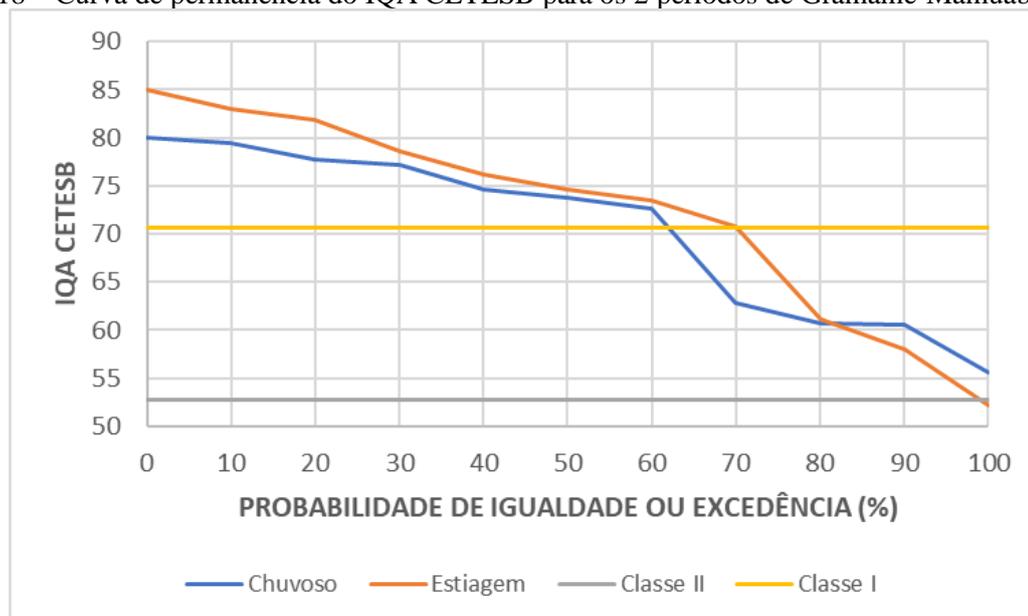
Figura 17 – relação entre IQA CETESB e IQA_B para Gramame-Mamuaba



Fonte: Elaborado pelo autor.

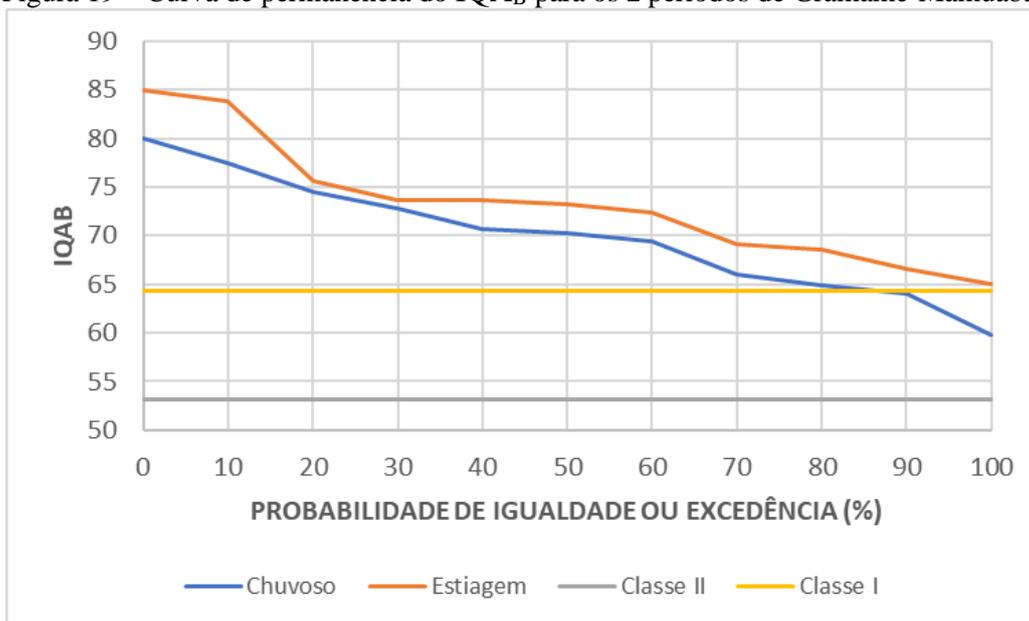
Com relação as curvas de permanência, as Figuras 18 e 19 trazem a representação gráfica dela para os dois índices de qualidade da água aqui estudados, sendo a Figura 18 o IQA CETESB para os períodos chuvosos e de estiagem e a Figura 19 a representação do IQA_B também para os períodos chuvosos e de estiagem.

Figura 18 – Curva de permanência do IQA CETESB para os 2 períodos de Gramame-Mamuaba



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 19 – Curva de permanência do IQA_B para os 2 períodos de Gramame-Mamuaba

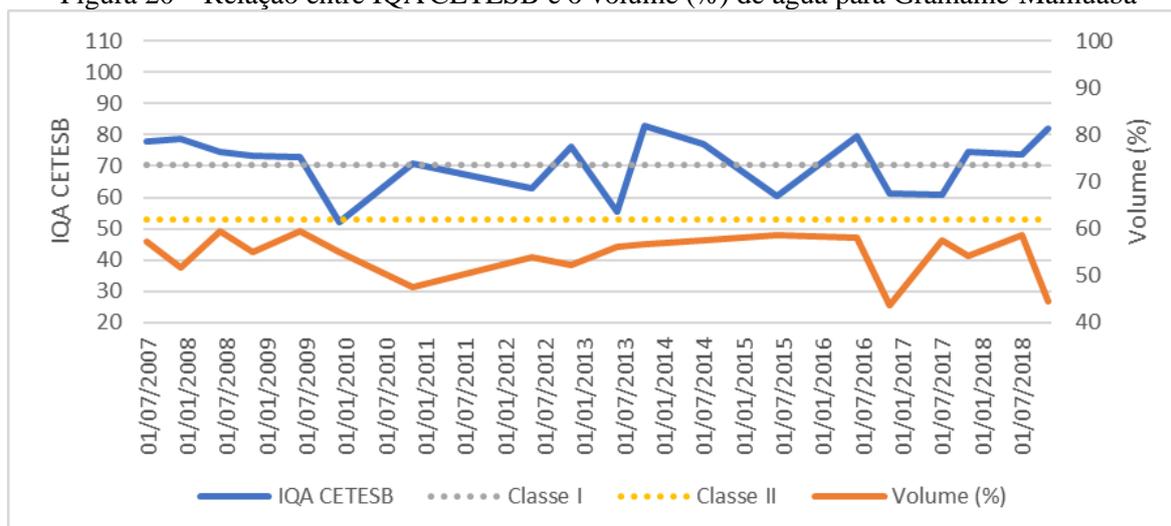


Fonte: Elaborado pelo autor.

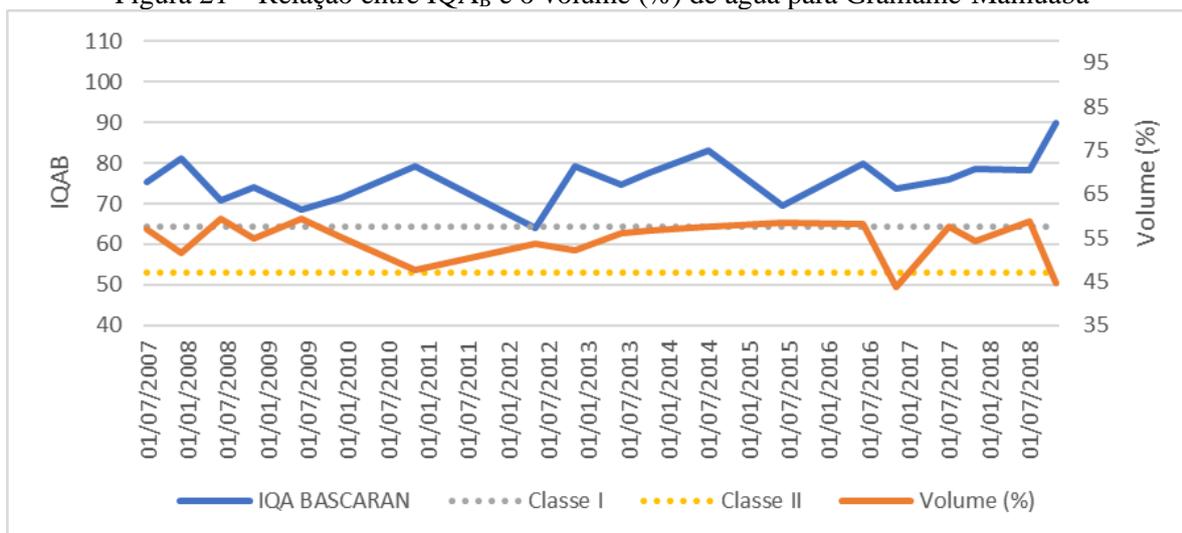
Uma outra análise feita nesse estudo é a relação existente entre a qualidade da água calculada com o nível de água do reservatório fluvial, buscando evidenciar a existência de alguma relação entre ambos.

Sendo assim, as figuras 20 e 21 trazem essa relação do nível de água do reservatório de água fluvial Gramame-Mamuaba com o IQA CETESB e IQA_B, respectivamente.

Figura 20 – Relação entre IQA CETESB e o volume (%) de água para Gramame-Mamuaba



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 21 – Relação entre IQA_B e o volume (%) de água para Gramame-Mamuaba

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.1.2 Reservatório Marés

Bem como no reservatório anterior, as Tabelas 8 e 9 trazem valores dos parâmetros de qualidade da água, bem como os valores dos IQA's e seus principais parâmetros estatísticos separados por sazonalidade, sendo a primeira tabela os dados referentes aos valores dos períodos chuvosos de toda a série histórica de dados e a segunda tabela os dados referentes aos períodos de estiagem da série histórica de dados.

Tabela 8: Parâmetros de qualidade da água e respectivos IQA's referentes a toda amostra temporal analisada para o período chuvoso do reservatório Marés.

Parâmetros de Qualidade da Água e IQA's	Parâmetros Estatísticos						
	Menor	Mediana	Maior	1º Quartil	3º Quartil	Ouliers inferior	Ouliers Superior
Coliformes Fecais (nº/100ml)	10	525	2100	70	1215	-	-
DBO (mg.L ⁻¹)	0,7	1,5	4,6	0,98	1,95	-	4,6
Fósforo (mg.L ⁻¹)	0,04	0,08	0,87	0,05	0,2075	-	0,87
Nitrogênio (mg.L ⁻¹)	0,9	2,15	16	1,22	2,25	-	16
OD (mg.L ⁻¹)	2,6	6,4	8,2	5,28	7,75	-	-
pH	5,82	6,93	7,65	6,25	7	-	-
Sólidos Totais (mg.L ⁻¹)	1,2	111	244	109	121	1,2/9	173/244
Temperatura (°C)	26	27,5	30	26,45	28	-	-
Turbidez (uT)	0,1	6,69	51	3,5	23,37	-	-
IQA _B	62,27	72,72	81,36	64,31	74,54	-	-
IQA CETESB	57,74	66,92	73,15	62,55	73,15	-	85,68

Fonte: Autor, 2019.

Tabela 9: Parâmetros de qualidade da água e respectivos IQA's referentes a toda amostra temporal analisada para o período de estiagem do reservatório Marés.

Parâmetros de Qualidade da Água e IQA's	Parâmetros Estatísticos						
	Menor	Mediana	Maior	1º Quartil	3º Quartil	Ouliers inferior	Outliers Superior
Coliformes Fecais (nº/100ml)	8	70	1030	48	200	-	1030
DBO (mg.L ⁻¹)	0,2	2,1	3,3	1,6	2,4	0,2	-
Fósforo (mg.L ⁻¹)	0,02	0,07	0,75	0,036	0,19	-	0,75
Nitrogênio (mg.L ⁻¹)	0,2	1,9	2,5	0,37	2,3	-	-
OD (mg.L ⁻¹)	5,2	7,2	9	6,3	8,4	-	-
pH	6,15	7,21	7,93	6,67	7,46	-	-
Sólidos Totais (mg.L ⁻¹)	21	92	203	69	117	-	203
Temperatura (°C)	26	29	30	28	29,2	26	-
Turbidez (uT)	0,06	5,21	23	2,2	8,69	-	-
IQAB	69,54	78,86	86,81	73,97	80,33	-	-
IQA CETESB	74,9	77,43	82,9	76,03	79,49	60,01	87,86

Fonte: Autor, 2019.

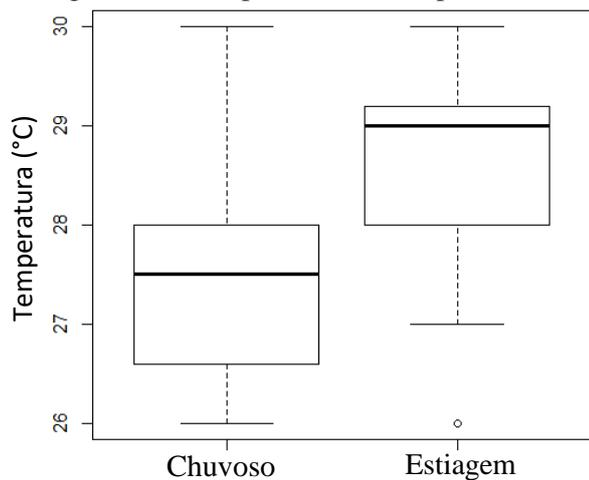
Das figuras 22 a 30 constam os gráficos *bloxpot*, construídos a partir da utilização do *software R*, de todos os nove parâmetros físicos e químicos estudados para o reservatório de Marés, contendo na apresentação de cada parâmetro os valores separados por período chuvoso e de estiagem no intuito de fazer a análise de cada parâmetro por sazonalidade, conforme consta na metodologia.

Vale ressaltar que não houve medições dos parâmetros físicos e químicos da água aqui estudados no período chuvoso do ano de 2010, no período chuvoso de 2011 e no período de estiagem de 2014, devido. Por isso, tais valores não foram analisados. Além disso, não houve medição dos parâmetros sólidos totais, fósforo e nitrogênio para o período de estiagem de 2015, impossibilitando o cálculo do IQA da CETESB para esse período.

Os parâmetros que apresentaram valores singulares foram turbidez (23 unt), DBO (4,6 e 0,2 mg.L⁻¹), coliformes (1030nº/100ml), sólidos totais (203 mg.L⁻¹), fósforo total (0,87 e 0,75 mg.L⁻¹) e nitrogênio total (16 mg.L⁻¹). Tais valores foram descartados antes do cálculo do teste de médias e demais análises, conforme metodologia.

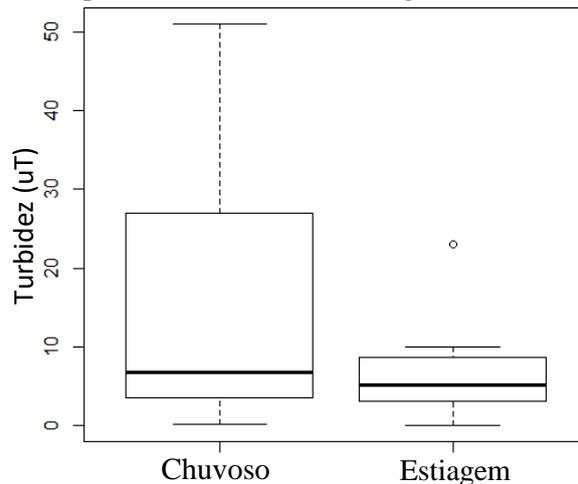
Foram identificados, a partir do teste de igualdade de médias, divergências em relação às médias nos parâmetros DBO (Figura 26) e Coliformes Termotolerantes (Figura 27), rejeitando-se a hipótese H0 para estes parâmetros de qualidade da água.

Figura 22 – Temperatura Marés (p-valor=0,0682)



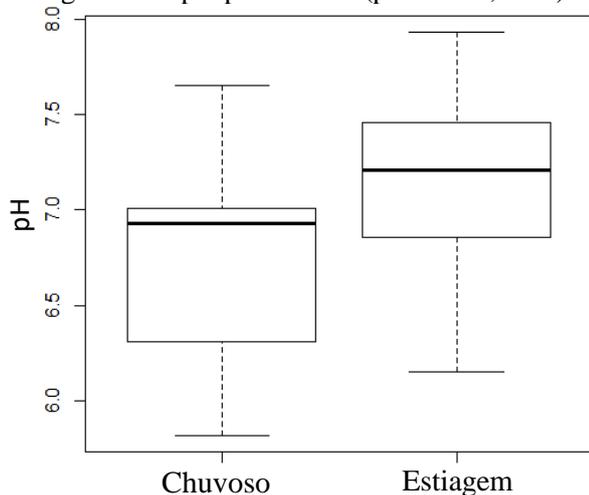
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 23 – Turbidez Marés (p-valor=0,2799)



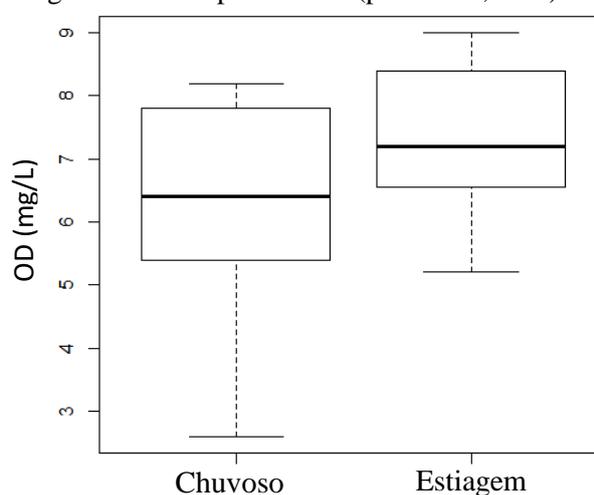
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 24 – pH para Marés (p-valor=0,1102)



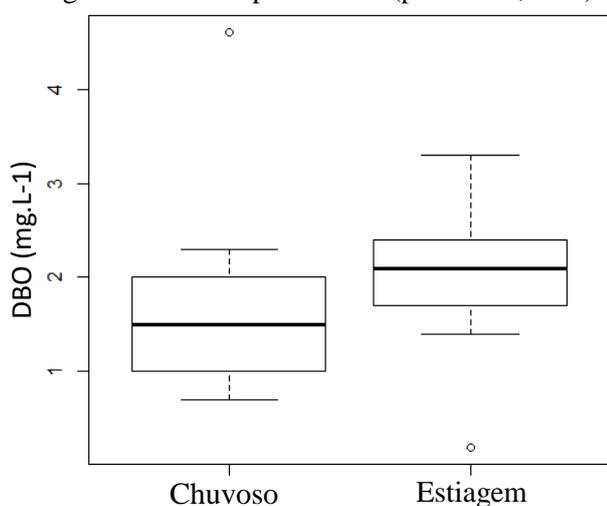
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 25 – OD para Marés (p-valor=0,1394)



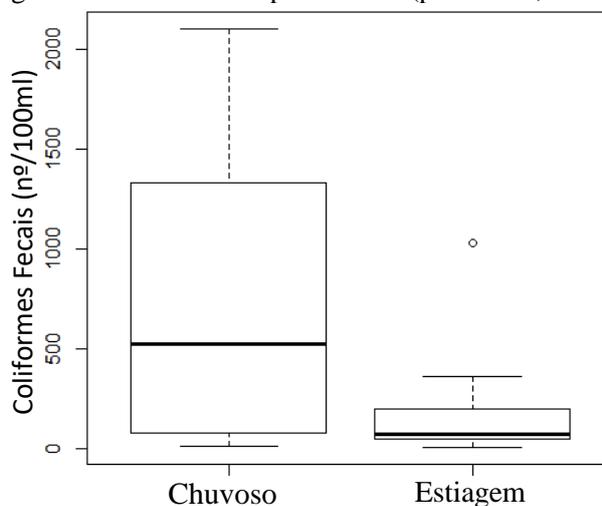
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 26 – DBO para Marés (p-valor=0,0077)



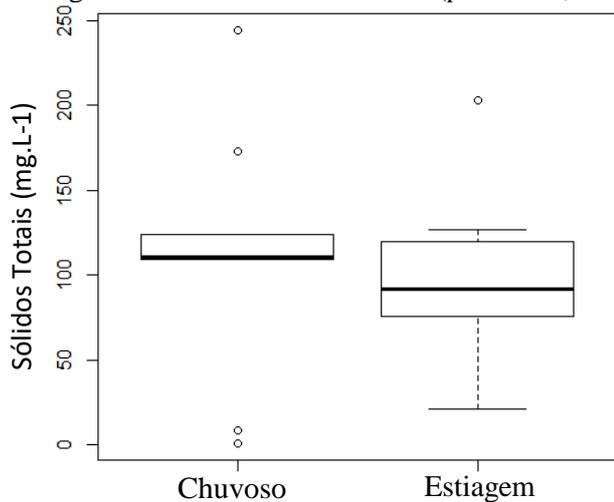
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 27 – Coliformes para Marés (p-valor=0,0449)



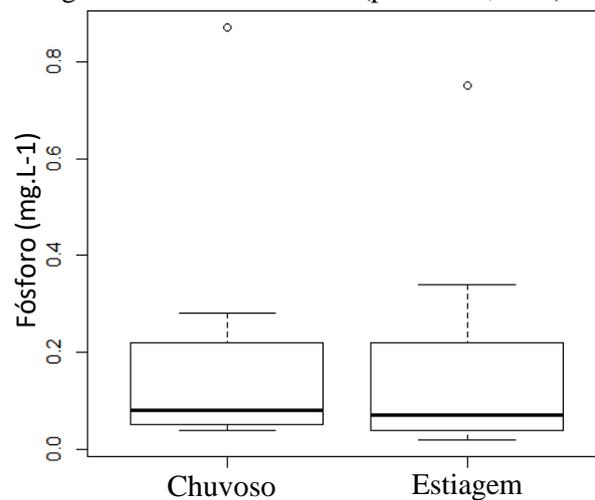
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 28 – Sólidos totais Marés (p-valor=0,3292)



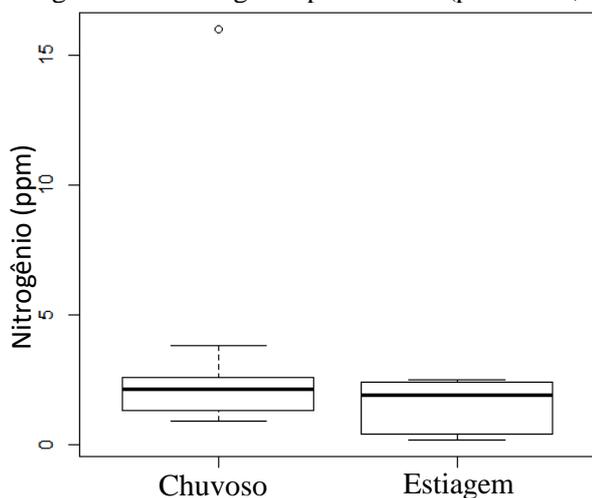
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 29 – Fósforo Marés (p-valor=0,5056)



Fonte: Elaborado pelo autor.

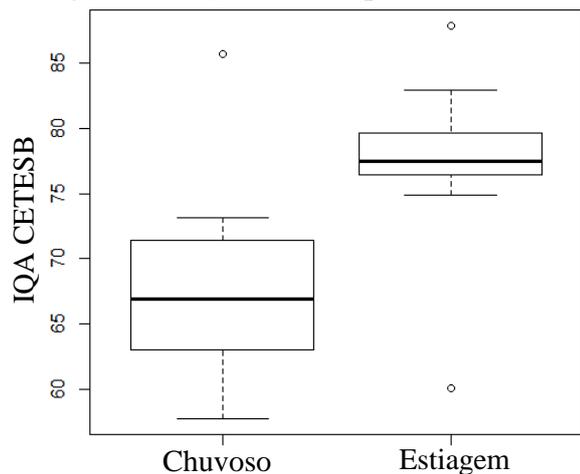
Figura 30 – Nitrogênio para Marés (p-valor=0,2937)



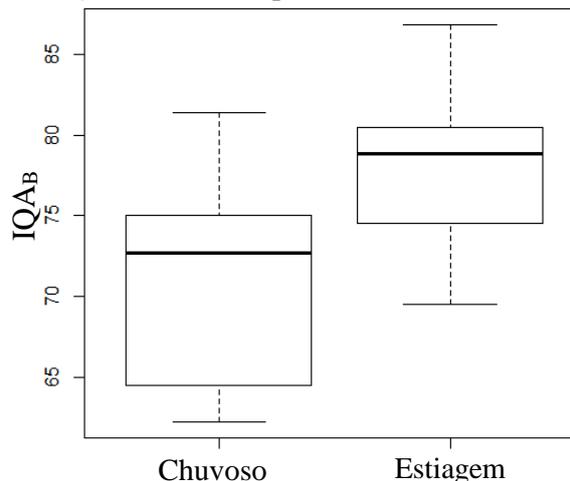
Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas Figuras 31 e 32 estão apresentadas, também no formato de gráficos *boxplot* confeccionados a partir da utilização do software R os valores obtidos dos cálculos dos índices de qualidade da água tanto da CETESB bem como o índice de Bascarán para o reservatório de Marés, com valores separados por semestre no intuito de fazer a análise de cada parâmetro por sazonalidade, conforme consta na metodologia.

Figura 31 – IQA CETESB para Marés

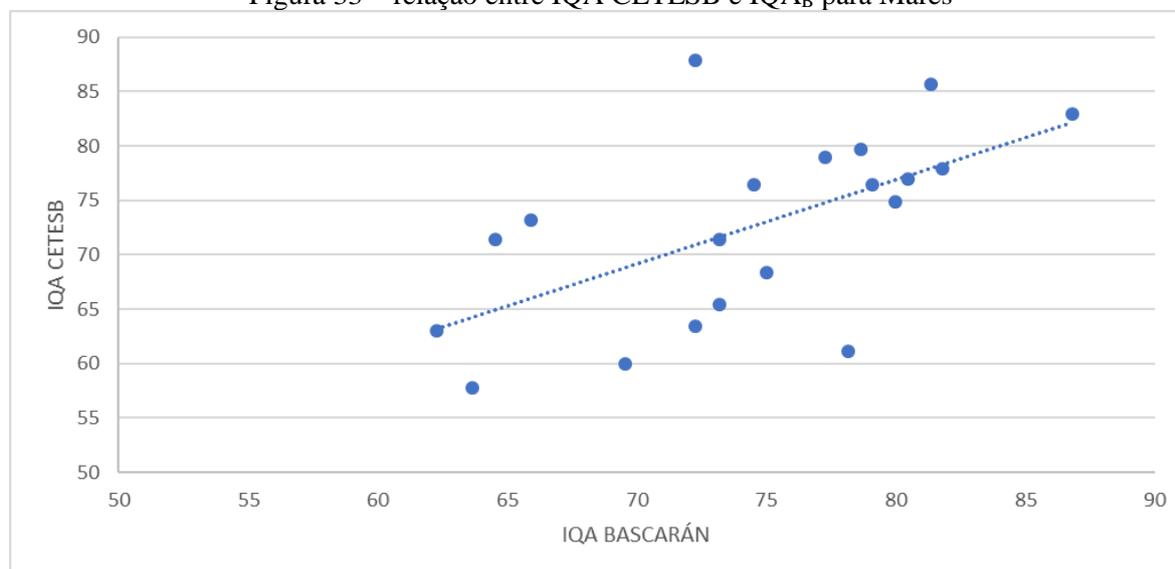


Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 32 – IQA_B para Marés

Fonte: Elaborado pelo autor.

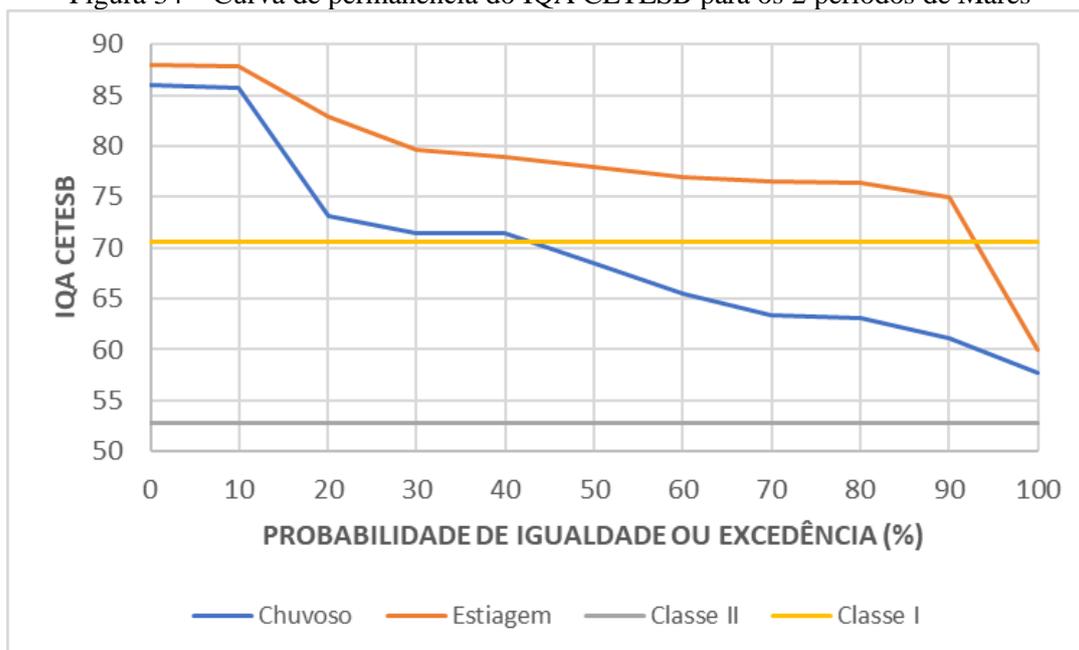
A existência ou não de correlação entre os dois índices de qualidade da água analisados nesse estudo, por meio da técnica de regressão linear, está apresentada na Figura 33. Foi encontrado, para valores do IQA CETESB na variável x e valores de IQA_B na variável y, uma equação da reta dada por $y = 0,4578x + 41,241$ e um coeficiente de determinação $R^2 = 0,3529$.

Figura 33 – relação entre IQA CETESB e IQA_B para Marés

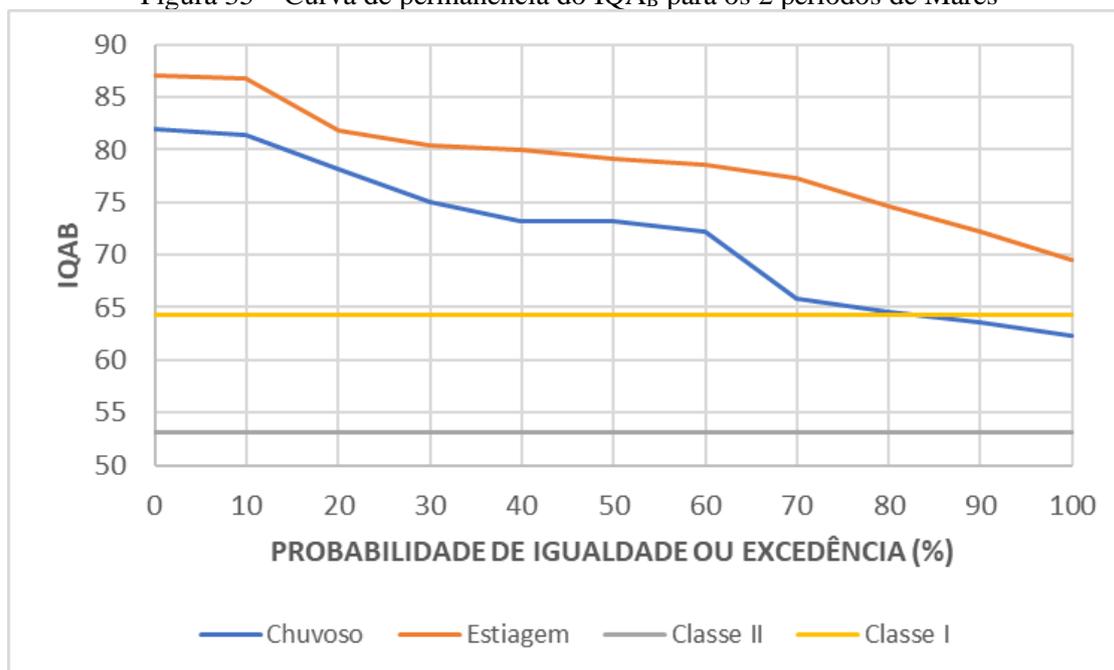
Fonte: Elaborado pelo autor.

Com relação as curvas de permanência, as Figuras 34 e 35 trazem a representação gráfica para os dois índices de qualidade da água aqui estudados, sendo a Figura 34 referente ao IQA CETESB e a Figura 35 a representação do IQA_B para o reservatório fluvial de Marés.

Figura 34 – Curva de permanência do IQA CETESB para os 2 períodos de Marés



Fonte: Elaborado pelo autor.

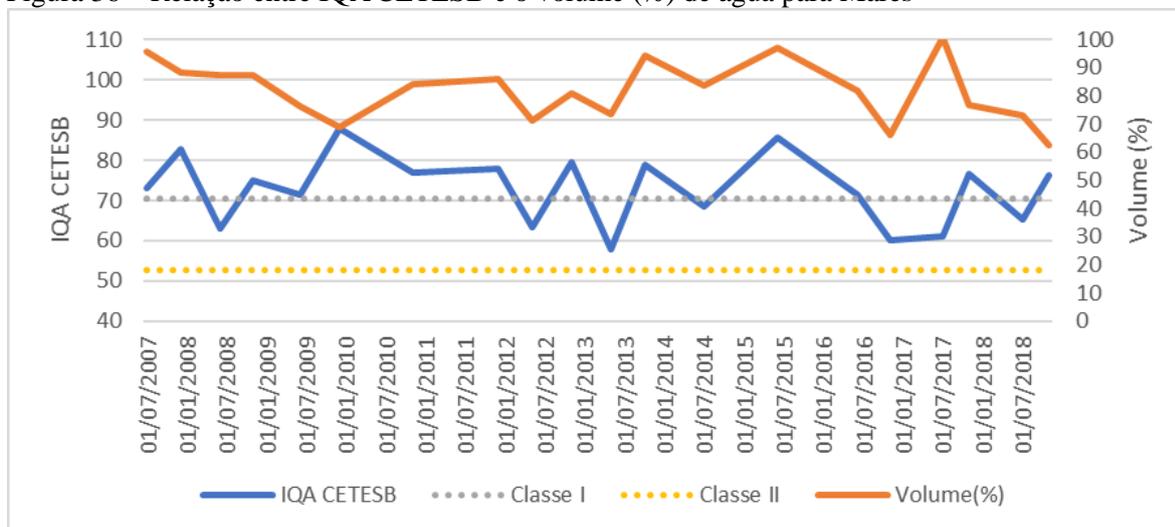
Figura 35 – Curva de permanência do IQA_B para os 2 períodos de Marés

Fonte: Elaborado pelo autor.

Uma outra análise feita nesse estudo é a relação existente entre a qualidade da água calculada com o nível de água do reservatório fluvial, buscando evidenciar a existência de alguma relação entre ambos.

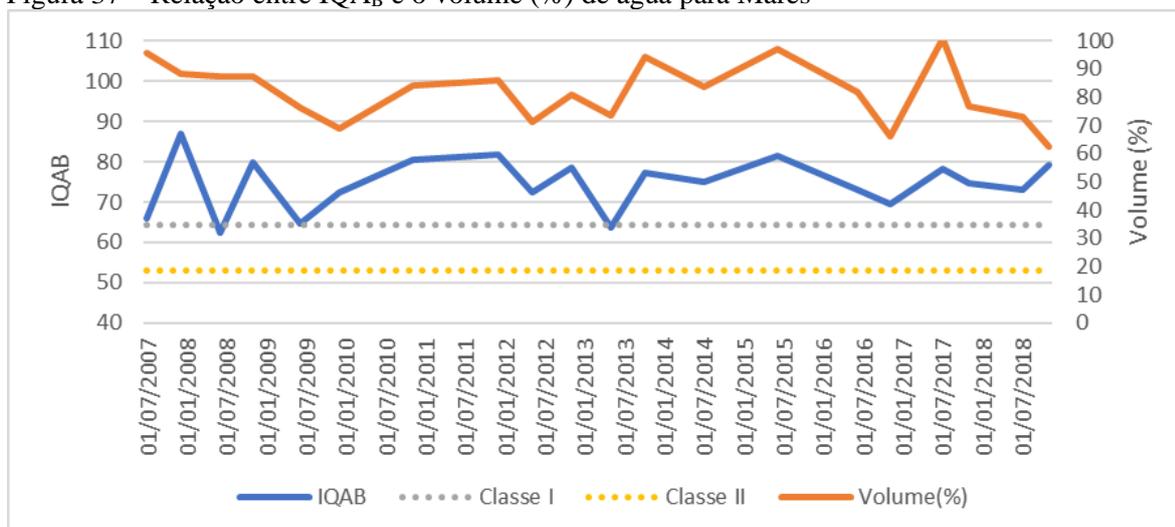
Sendo assim, as Figuras 36 e 37 trazem essa relação do nível de água do reservatório de água fluvial de Marés com o IQA CETESB e IQA_B, respectivamente.

Figura 36 – Relação entre IQA CETESB e o volume (%) de água para Marés



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 37 – Relação entre IQA_B e o volume (%) de água para Marés



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.1.3 Reservatório Araçagi

As Tabelas 9 e 10 trazem valores dos parâmetros de qualidade da água, bem como os valores dos IQA's e seus principais parâmetros estatísticos separados por sazonalidade, sendo a primeira tabela os dados referentes aos valores dos períodos chuvosos de toda a série histórica de dados e a segunda tabela os dados referentes aos períodos de estiagem da série histórica de dados.

Tabela 10: Parâmetros de qualidade da água e respectivos IQA's referentes a toda amostra temporal analisada para o período chuvoso do reservatório Araçagi.

Parâmetros de Qualidade da Água e IQA's	Parâmetros Estatísticos						
	Menor	Mediana	Maior	1º Quartil	3º Quartil	Ouliers inferior	Outliers Superior
Coliformes Fecais (nº/100ml)	0	99	1400	0	127,75	-	1400/1375
DBO (mg.L ⁻¹)	0,2	2,2	3,8	1,2	3	-	-
Fósforo (mg.L ⁻¹)	0,1	0,2	0,94	0,11	0,22	-	0,94
Nitrogênio (mg.L ⁻¹)	0,4	1,3	4,1	0,82	1,67	-	0,94
OD (mg.L ⁻¹)	2,2	4,83	10	3,52	6,8	-	-
pH	6,25	7,47	8,06	6,49	7,65	-	-
Sólidos Totais (mg.L ⁻¹)	140	436,5	751	212	551,75	-	-
Temperatura (°C)	27	28	30	27	29	-	-
Turbidez (uT)	1,34	5,9	129	4,16	14,5	-	129
IQAB	56,36	70,67	81,36	65,54	75,45	-	-
IQA CETESB	35,22	60,72	71,98	44,51	69,09	-	-

Fonte: Autor, 2019.

Tabela 11: Parâmetros de qualidade da água e respectivos IQA's referentes a toda amostra temporal analisada para o período de estiagem do reservatório Araçagi.

Parâmetros de Qualidade da Água e IQA's	Parâmetros Estatísticos						
	Menor	Mediana	Maior	1º Quartil	3º Quartil	Ouliers inferior	Outliers Superior
Coliformes Fecais (nº/100ml)	0	15	98	1	61,5	-	590/275
DBO (mg.L ⁻¹)	0,2	1,8	4,1	1	2,72	-	-
Fósforo (mg.L ⁻¹)	0,05	0,12	0,83	0,07	0,17	-	0,83/0,78
Nitrogênio (mg.L ⁻¹)	0,6	1,55	2,3	0,97	1,85	-	-
OD (mg.L ⁻¹)	5,4	6	7,47	5,45	6,06	-	-
pH	7,18	7,69	8,33	7,57	7,98	-	-
Sólidos Totais (mg.L ⁻¹)	118	462	649	200	578,5	-	-
Temperatura (°C)	27	30	31,6	28	30	-	-
Turbidez (uT)	0,06	4,5	12	3,35	7,67	-	-
IQAB	69,54	74,31	-	71,35	75,45	-	81,36
IQA CETESB	65,72	71,01	83,88	65,72	77,52	45,26/46,49	-

Fonte: Autor, 2019.

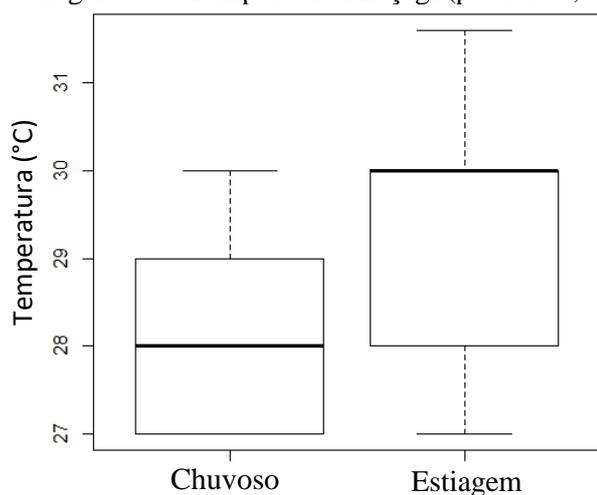
Das figuras 38 a 57 constam os gráficos *bloxpot*, construídos a partir da utilização do *software* R, de todos os nove parâmetros físicos e químicos estudados para o reservatório de Araçagi, contendo na apresentação de cada parâmetro os valores separados por semestre no intuito de fazer a análise de cada parâmetro por sazonalidade, conforme consta na metodologia.

Vale ressaltar que não houve medições dos parâmetros físicos e químicos da água aqui estudados no período chuvoso do ano de 2010 e no período chuvoso de 2011. Por isso, tais valores não foram analisados. Além disso, não houve medição dos parâmetros sólidos totais, fósforo e nitrogênio para o período de estiagem de 2014, impossibilitando o cálculo do IQA da CETESB para esse semestre.

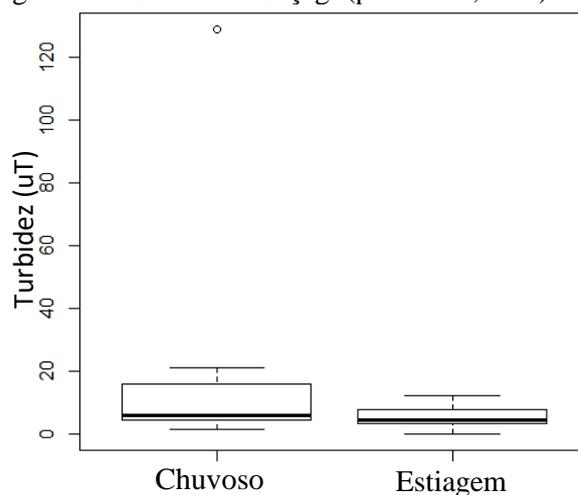
Os parâmetros que apresentaram valores singulares foram turbidez (129 unt), coliformes (590 e 275 n°/100ml), fósforo (0,94 mg.L⁻¹) e nitrogênio (4,1 mg.L⁻¹). Tais valores foram descartados no cálculo do teste de igualdade de médias e nas demais análises, conforme metodologia.

Não foram identificados, para o açude Araçagi, parâmetros de qualidade da água que apresentaram divergências significativas de médias, a partir dos testes estatísticos adotados, entre os períodos chuvosos e de estiagem, aceitando-se a hipótese H0.

Figura 38 – Temperatura Araçagi (p-valor=0,068) Figura 39 – Turbidez Araçagi (p-valor=0,4554)

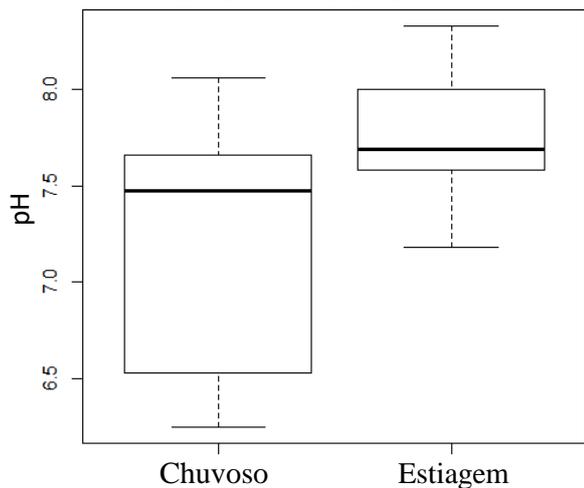


Fonte: Elaborado pelo autor.



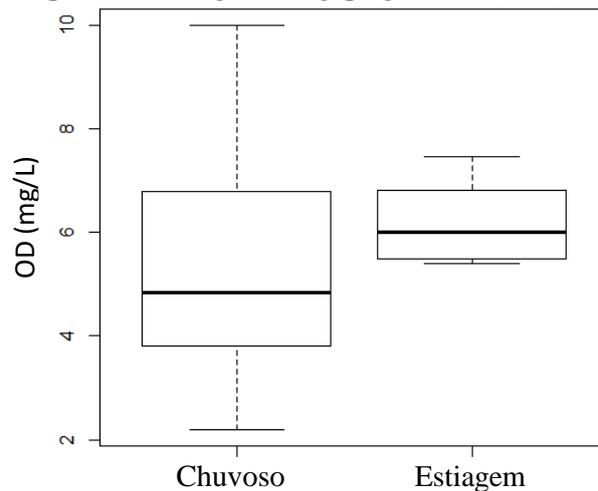
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 40 – pH para Araçagi (p-valor=0,0557)



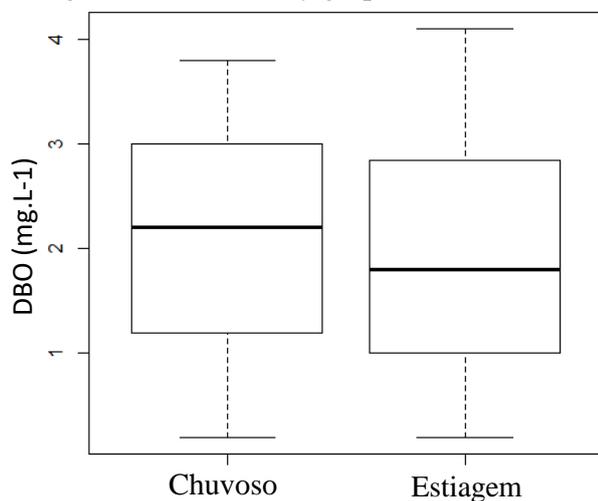
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 41 – OD para Araçagi (p-valor=0,282)



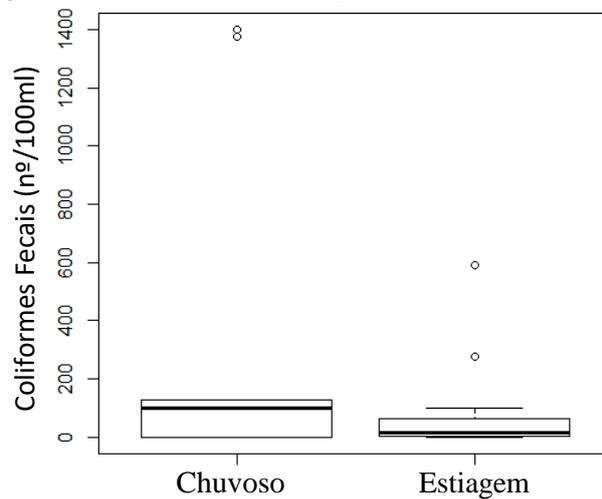
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 42 – DBO Araçagi (p-valor=0,7263)



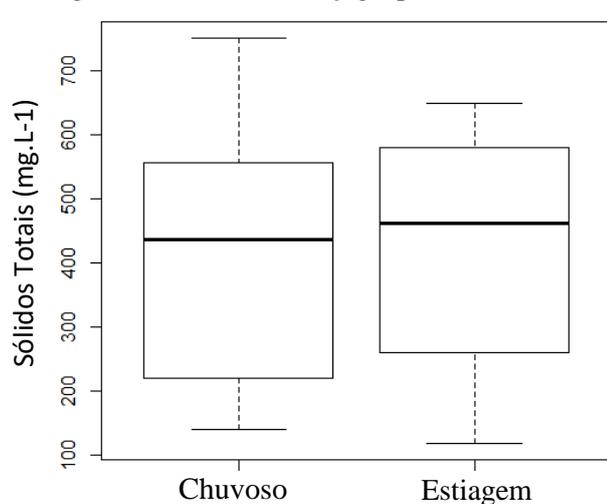
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 43 – Coliformes Araçagi (p-valor=0,2486)



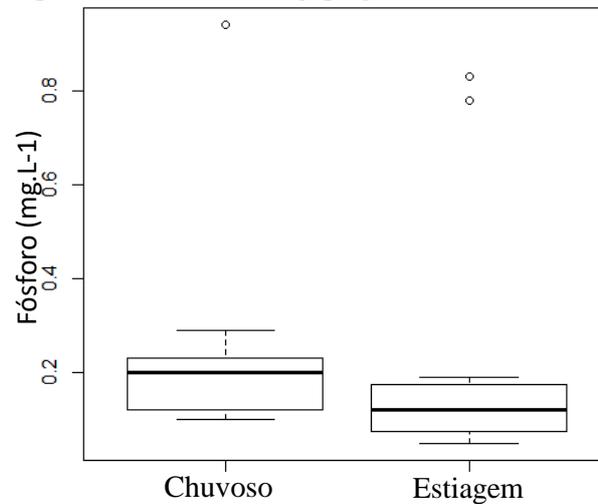
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 44 – Sólidos Araçagi (p-valor=0,8412)



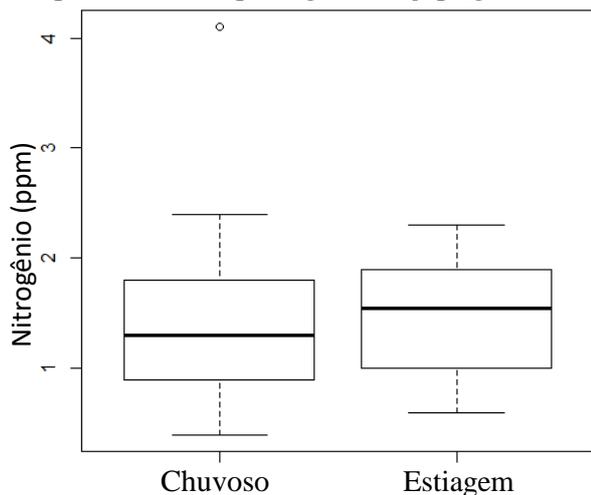
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 45 – Fósforo Araçagi (p-valor=0,1484)



Fonte: Elaborado pelo autor.

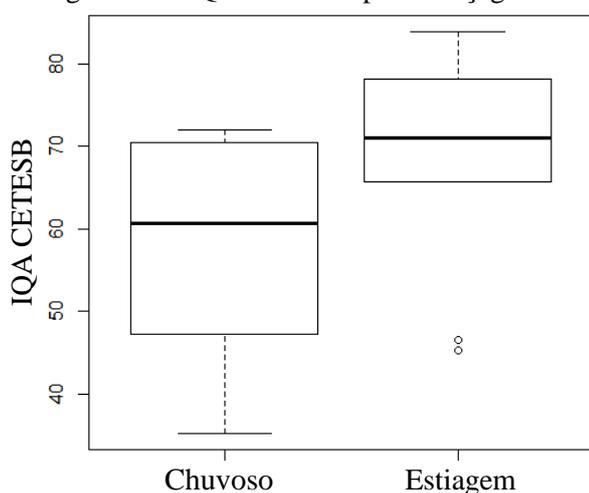
Figura 46 – Nitrogênio para Araçagi (p-valor=0,4505)



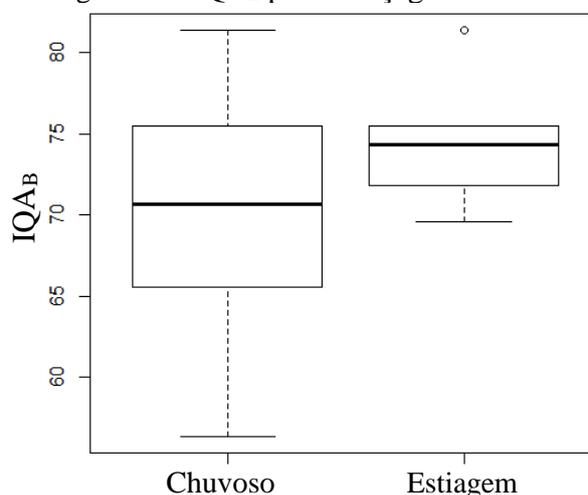
Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas Figuras 47 e 48 estão apresentadas, também no formato de gráficos *boxplot* confeccionados a partir da utilização do software R os valores obtidos dos cálculos dos índices de qualidade da água tanto da CETESB bem como o índice de Bascarán para o reservatório de Araçagi, com valores separados por semestre no intuito de fazer a análise de cada parâmetro por sazonalidade, conforme consta na metodologia.

Figura 47 – IQA CETESB para Araçagi

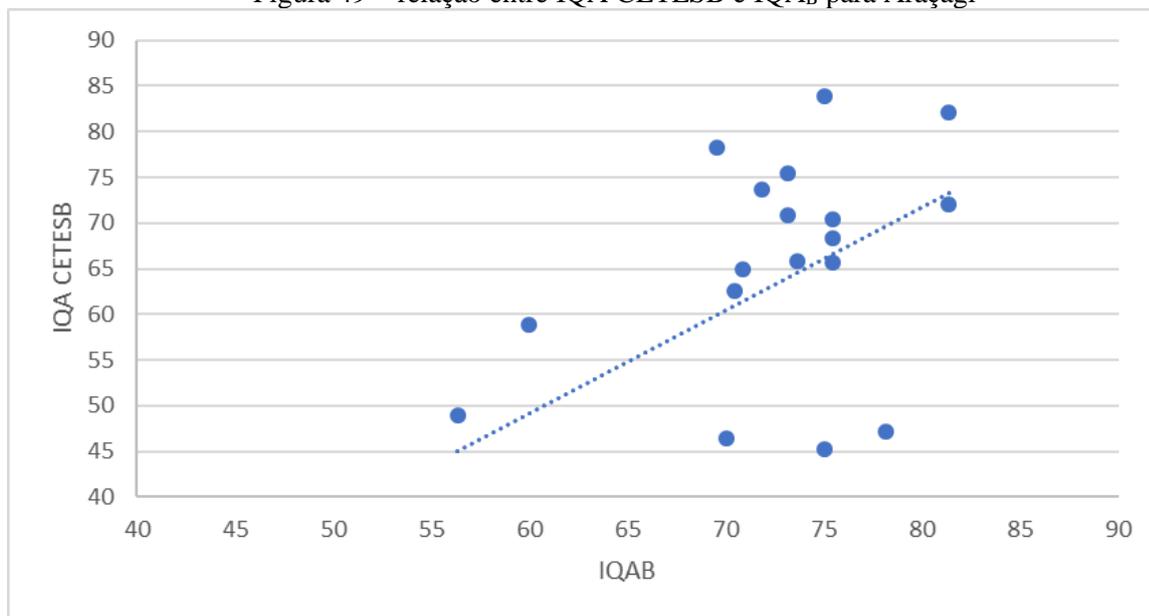


Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 48 - IQA_B para Araçagi

Fonte: Elaborado pelo autor.

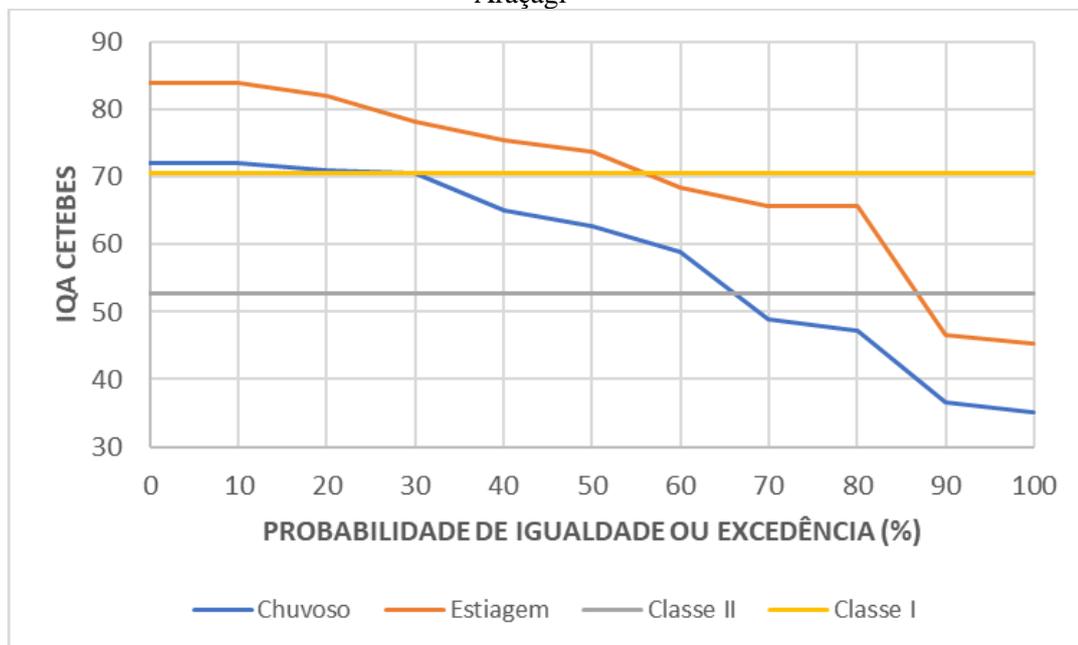
A existência ou não de correlação entre os dois índices de qualidade da água analisados nesse estudo, por meio da técnica de regressão linear, está apresentada na Figura 49. Foi encontrado, para valores do IQA CETESB na variável x e valores de IQA_B na variável y, uma equação da reta dada por $y = 0,2079x + 58,886$ e um coeficiente de determinação $R^2 = 0,2351$.

Figura 49 – relação entre IQA CETESB e IQA_B para Araçagi

Fonte: Elaborado pelo autor.

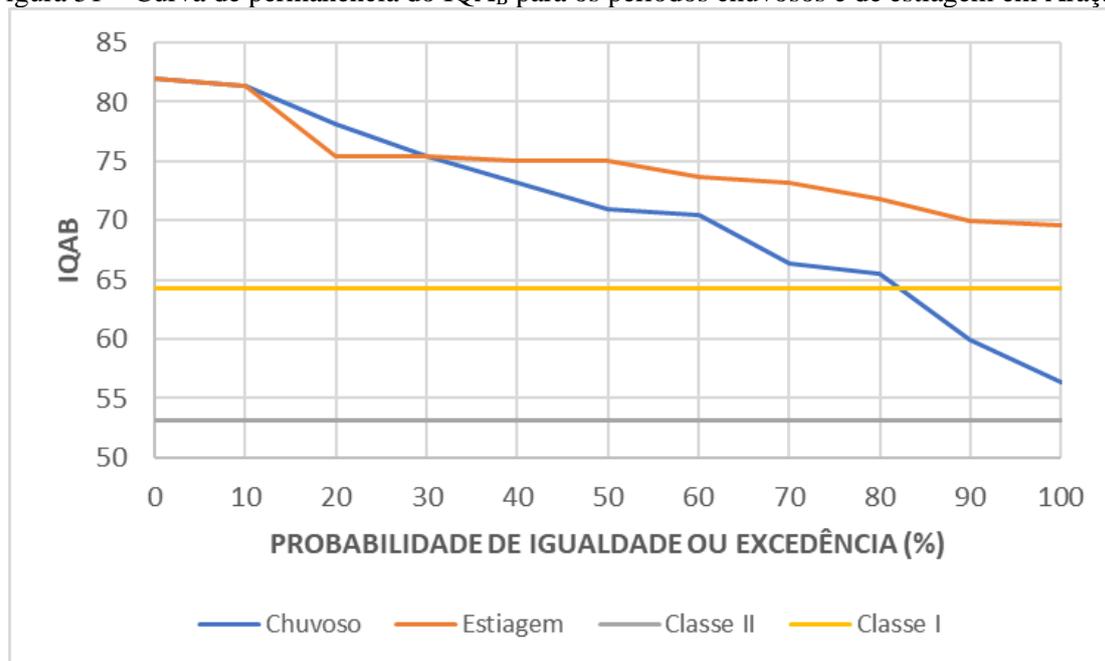
Com relação as curvas de permanência, as Figuras 50 e 51 trazem a representação gráfica para os dois índices de qualidade da água aqui estudados, sendo a Figura 50 referente ao IQA CETESB e a Figura 51 a representação do IQA_B para o reservatório de Araçagi.

Figura 50 – Curva de permanência do IQA CETESB para os períodos chuvosos e de estiagem em Araçagi



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 51 – Curva de permanência do IQA_B para os períodos chuvosos e de estiagem em Araçagi

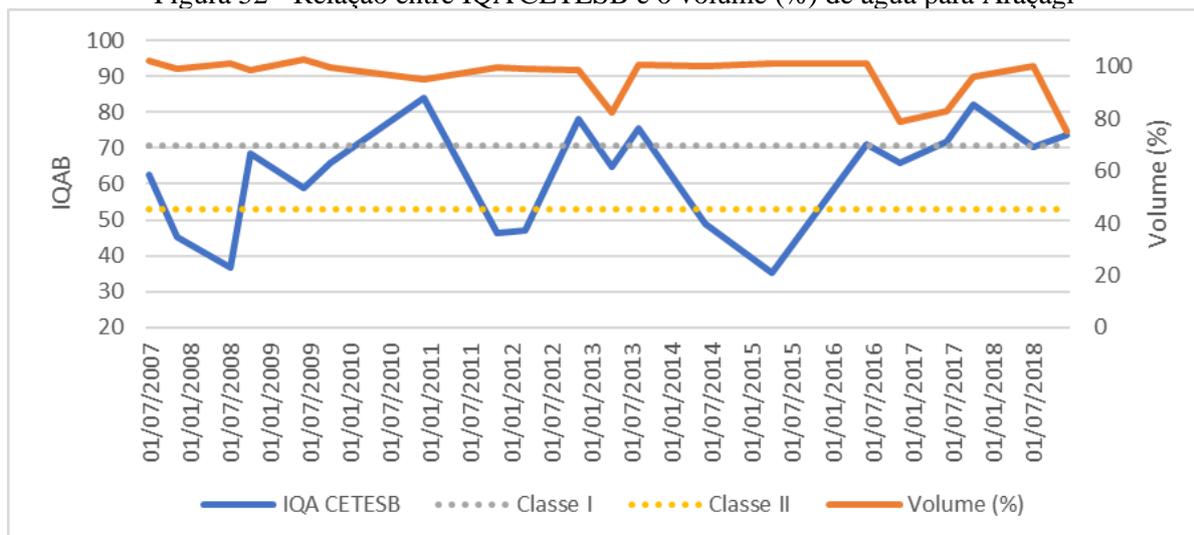


Fonte: Elaborado pelo autor.

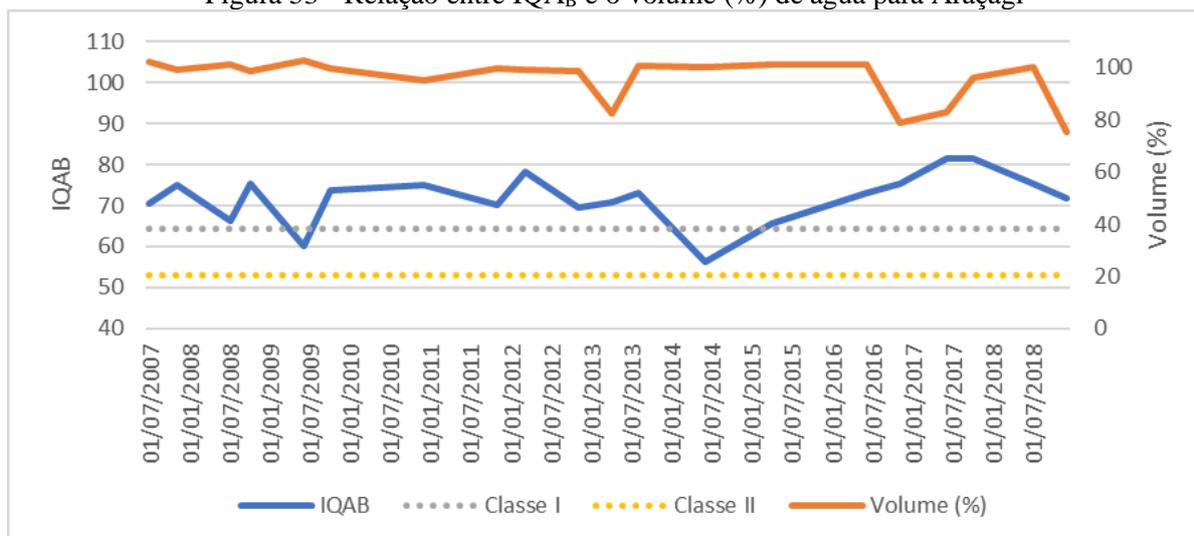
Uma outra análise feita nesse estudo é a relação existente entre a qualidade da água calculada com o nível de água do reservatório fluvial, buscando evidenciar a existência de alguma relação entre ambos.

Sendo assim, as figuras 52 e 53 trazem essa relação do nível de água do reservatório de água fluvial de Araçagi com o IQA CETESB e IQA_B, respectivamente.

Figura 52 - Relação entre IQA CETESB e o volume (%) de água para Araçagi



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 53 - Relação entre IQA_B e o volume (%) de água para Araçagi

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2 Análise dos resultados obtidos

5.2.1 Reservatório Gramame-Mamuaba

A análise dos valores observados dos parâmetros de qualidade da água do reservatório de Gramame-Mamuaba está disposta, por meio de gráficos do tipo *Boxplot*, das figuras 6 a 14. Para o presente estudo, foram observados principalmente aqueles valores que não se adequam de acordo com a resolução CONAMA 357/2005 para águas doces com classe II. Essa análise de conformidade é importante para a validação ou não da HT3 do presente estudo.

Dos nove parâmetros analisados, foram encontradas inconformidades, em algum momento da série histórica analisada, em três deles. O pH (Figura 8), que no período chuvoso de 2016 apresentou um valor de 5,75, e um valor ainda menor também no período chuvoso de 2013, quando foi encontrado um valor de 4,42, quando o mínimo para essa classe de água é 6,0.

Ainda sobre o pH, é importante ressaltar que, das 20 medições feitas para esse parâmetro, em apenas dois momentos ele não atendeu o que é exigido para a classe II de água doce. Além disso, ambos os valores medidos fora do padrão ocorreram no período chuvoso. É comum diminuir o pH em períodos chuvosos, devido a entrada de matéria orgânica carregada pela chuva, e com a decomposição desta matéria orgânica, há a liberação de CO₂, dessa forma, o pH tende a diminuir. Mas após passar esse impacto, o pH em geral se restabelece em valores menos ácidos.

O segundo parâmetro que apresentou valores fora do permitido foi o Fósforo (Figura 13). Das 19 medições feitas para esse parâmetro, não foram identificados valores abaixo de $0,030 \text{ mg.L}^{-1}$ em nenhum momento da série histórica de dados observados.

O outro parâmetro que apresentou valores fora do que rege a legislação foi o Nitrogênio (Figura 14). Também foram feitas 19 medições para esse parâmetro ao longo da série histórica de dados e em 3 delas foram encontrados valores superiores a $1,27 \text{ mg.L}^{-1}$. No período chuvoso de 2008, quando o valor medido foi de $1,3 \text{ mg.L}^{-1}$; no período chuvoso de 2015, com valor medido igual a $3,2 \text{ mg.L}^{-1}$ e no período chuvoso de 2017, com valor medido igual a $2,6 \text{ mg.L}^{-1}$.

Como ocorreu com o pH, os valores de Nitrogênio total que ficaram fora do que rege a legislação para essa classe de água foram medidos sempre nos períodos chuvosos. Porque, assim como aconteceu com o pH, a entrada de material alóctone pela matéria orgânica carregada pelo escoamento superficial, interferem nesses 2 parâmetros.

Com relação aos índices de qualidade de água analisados para o reservatório, Figura 15 e Figura 16, observa-se que, em ambos os índices analisados, a qualidade da água se mostra com um resultado mais positivo no período de estiagem.

O fato da Bacia do Rio Gramame-Mamuaba, onde está inserido o reservatório fluvial de mesmo nome, apresentar no seu uso e ocupação do solo uma enorme área de cultivo, principalmente por cana de açúcar, faz com que no período chuvoso haja muito carreamento de nutrientes, comprometendo a qualidade de água desse reservatório fluvial.

Esse fenômeno pode ser observado a partir da análise dos gráficos Boxplot para esse reservatório fluvial, visto que, com relação ao IQA da CETESB, Figura 20, houve uma variação de qualidade da água no período chuvoso entre 55,6 e 79,41, isso significa dizer, de acordo com a Tabela 3, que a qualidade da água no reservatório Gramame-Mamuaba variou entre Boa e Ótima. Já no período de estiagem, essa variação foi de 61,17 e 83, o que também com base na Tabela 3, qualifica a água desse reservatório entre Boa e Ótima.

O que vai divergir entre os dois períodos do ano hidrológico, que torna possível afirmar ou não essa leve melhora da qualidade da água no período de estiagem pelo IQA CETESB é a análise da distância interquartil, amplitude da amostra e variação da mediana entre o período chuvoso e o período de estiagem.

A distância interquartil é a distância entre o primeiro e o terceiro quartil, além disso, na construção do gráfico Boxplot, 50% da amostra analisada está concentrada nesse intervalo. Isso significa dizer que, quanto menor a distância interquartil, menor é a variação dos valores medidos para os parâmetros de qualidade da água analisados.

Nota-se, para o período chuvoso do IQA CETESB, a partir da Tabela 6, que a distância interquartil do IQA CETESB varia entre 60,59 e 76,58, sendo igual a 15,99 unidades. Já no período de estiagem, com base na Tabela 7 para o mesmo índice, a distância interquartil varia entre 70,89 e 78,63, tendo valor igual a 7,74. Desta análise, além da importância da variação dos valores dos parâmetros de qualidade da água, também se faz interessante observar que, no período de estiagem, a distância interquartil se inicia e termina num valor já superior ao do período chuvoso.

Com relação a amplitude, isto é, a distância entre o valor mínimo e máximo da amostra, nota-se uma dispersão da amostra menor no período de estiagem, visto que, neste período variou entre 61,17 e 83 (Tabela 7), tendo, portanto, uma amplitude de 21,83, enquanto no período chuvoso essa variação foi de 55,6 a 79,41 (Tabela 6), com amplitude igual a 23,81. Também deve ser observado o limite inferior da amostra que compreende o período de estiagem (61,17) é superior ao valor primeiro quartil do período chuvoso (60,59) o que confere ao período de estiagem essa variação mais positiva da qualidade da água.

Outro fator a ser analisado que reitera essa melhoria da qualidade da água no período de estiagem é com relação a mediana. A mediana é um valor que indica a posição no gráfico *Boxplot* onde 50% da amostra pode ser superior ou inferior ao seu valor. Analisando a Figura 15, referente ao IQA CETESB, e as tabelas 5 e 6, observa-se um valor superior da mediana no período de estiagem (74,68) com relação ao período chuvoso (73,25).

Foram identificados valores *outliers*, ou valores discrepantes, apenas no período de estiagem do IQA CETESB, sendo tal valor um *outlier* inferior igual a 52,17.

Foi identificado o mesmo comportamento para a qualidade da água no período chuvoso e período de estiagem quando utilizado o IQA_B (Figura 16). A qualidade da água no período chuvoso, pela metodologia de Bascarán, variou entre 64,09 a 83,18, o que, de acordo com a Tabela 4, categoriza essa água entre Aceitável e Muito Boa. No período de estiagem a qualidade da água do reservatório Gramame-Mamuaba variou entre os valores 73,36 e 93,75,

que, de acordo com a Tabela 4, variou entre as categorias Agradável e Muito Boa durante o período analisado.

Com base nessa análise inicial é possível perceber uma melhora na qualidade da água do reservatório no período de estiagem. Porém, para uma análise mais detalhada, é necessário que se faça um estudo mais detalhado do gráfico *Boxplot* referente ao IQA_B (Figura 16), no que compete a distância interquartil, amplitude da amostra e variação da mediana.

A distância interquartil para o reservatório Gramame-Mamuaba por meio do IQA_B para o período chuvoso variou entre 69,31 e 77,61, sendo igual a 8,3 unidades. Enquanto, para o período de estiagem, o mesmo reservatório apresentou uma dispersão menor, visto que variou entre 73,97 e 80,58, possuindo uma distância interquartil de 6,61 unidades. Ou seja, o período de estiagem apresentou uma dispersão ou variação menor dos resultados calculados.

A amplitude do IQA_B para os dois períodos analisados foi quase a mesma, visto que no período chuvoso esse valor foi de 18,91 (variação entre 64,09 e 83), enquanto no período de estiagem foi de 17,71 (variação entre 71,36 e 89,07).

Além da menor dispersão ou variação dos resultados obtidos para o IQA_B no período de estiagem, no que confere a distância interquartil e amplitude da amostra, faz-se importante ressaltar que os valores calculados para o IQA_B nesse período, já iniciam com valores mais positivos para a qualidade da água quando em comparação com os valores do período chuvoso.

Outro parâmetro que corrobora com essa afirmação é o valor da mediana nos dois semestres para os gráficos *Boxplot* (Figura 16). O período de estiagem obteve um valor maior para a mediana quando em comparação com o período chuvoso. No período chuvoso a mediana foi igual a 74,99 e no período de estiagem foi de 78,68. Foi encontrado valor outlier positivo apenas no período de estiagem do cálculo do IQA_B.

Os gráficos *Boxplot* para os dois índices de qualidade da água, Figura 15 e Figura 16, trouxeram uma análise do ponto de vista da sazonalidade. A partir destes, foi possível constatar variações na qualidade da água do reservatório Gramame-Mamuaba por duas metodologias de cálculo diferentes.

Além de trazer variações sazonais, a qualidade da água apresentou o mesmo comportamento de variação do período chuvoso para o período de estiagem nas duas

metodologias de cálculo, quando foi possível constatar uma melhoria da qualidade da água no período de estiagem. Tais afirmações validam a HT1 para o reservatório Gramame-Mamuaba.

O uso do solo e fenômenos como escoamento superficial pode ser um dos responsáveis por esse comportamento, porém, um outro fator que pode explicar a melhoria da qualidade da água do reservatório fluvial de Gramame-Mamuaba no período de estiagem é a biota aquática presente, principalmente a presença do peixe tucunaré (*Cichla ocellaris*).

O tucunaré é uma espécie exótica que foi introduzida na bacia hidrográfica do Gramame-Mamuaba para a prática da piscicultura e a presença desse tipo de peixe pode estar relacionada com a diminuição da diversidade aquática. O tucunaré controla a tilápia que é planctívora, permitindo que o zooplâncton seja mais eficiente no controle do fitoplâncton, com isso a água fica mais transparente, tem menos produção primária, menos decomposição, menos liberação de nutrientes e com isso melhora a qualidade de água. Além disso, esse peixe é encontrado em bastante quantidade no verão, ou seja, no período de estiagem na região (SILVA, 2014)

Apesar da proximidade dos valores obtidos no cálculo do IQA CETESB e IQA_B, não foi possível obter relações úteis entre os dois índices para o reservatório de Gramame-Mamuaba por meio da metodologia da regressão linear (Figura 17).

Isto porque, conforme a metodologia, para a regressão linear fazer sentido, ou seja, para ela ter validade, é necessário que o coeficiente de determinação R^2 seja no mínimo 50%, com uma confiabilidade maior a medida que esse coeficiente se aproxima de 100%.

A regressão linear para o reservatório Gramame-Mamuaba obteve em seu cálculo um $R^2=35,93\%$, dessa forma, essa regressão não é válida. Esse resultado refuta a HT2 para o reservatório Gramame-Mamuaba.

A conformidade ou não do reservatório de água fluviais Gramame-Mamuaba, conforme consta na metodologia, foi executada analisando os gráficos das curvas de permanência tanto para o IQA CETESB quanto para o IQA_B (Figura 18 e Figura 19) e fazendo um estudo comparativo com o que rege a Resolução CONAMA 357/2005.

Ainda para o IQA CETESB, de acordo com a Figura 18, não foi identificado uma não conformidade do reservatório com relação a sua classe para o período chuvoso. Já com relação ao período de estiagem, ele apresentou uma amostra com valor inferior a 52,81, que compete

ao ano de 2009, quando o cálculo do índice foi igual a 52,17. Isso significa dizer que, das 10 amostras analisadas para o período de estiagem, apenas 10% delas entraram em não conformidade com o que rege a resolução.

. Utilizando como base a Figura 19, é possível observar que em nenhum momento o reservatório entrou em não conformidade com o que rege a legislação para a sua classe. Esses resultados corroboram para a validação da HT3 nesse reservatório fluvial.

A relação existente entre a qualidade da água do reservatório fluvial e o volume desse relatório estão evidenciadas nas figuras 20 e 21. Delas, é possível observar uma tendência de piora da qualidade da água, para os dois índices analisados, quando o volume do reservatório fluvial Gramame-Mamuaba aumenta.

Essa relação ficou mais clara na Figura 21, referente ao IQA_B, porém, também pode ser percebida para o IQA CETESB. O fenômeno que pode explicar esse evento é a soma de uma bacia hidrográfica bastante cultivada e adubada com o escoamento superficial nos períodos de inverno e suas consequências para a qualidade da água.

Em períodos de precipitação elevada, o escoamento superficial é responsável pelo deslocamento da água na superfície do solo, podendo transportar até os reservatórios contaminantes (de meio rural ou urbano) que influenciam de forma negativa na qualidade da água. Buzelli (2013), em estudo feito no reservatório de Barra Bonita – SP, justificou que uma das possíveis causas do elevado nível de poluentes no reservatório fluvial em estudo seja proveniente do escoamento superficial da bacia onde ele está inserido.

Diante disso, é possível afirmar que o escoamento superficial pode ser um dos responsáveis pela redução da qualidade da água nos períodos de cheia do Gramame-Mamuaba. Além disso, o fato da bacia hidrográfica do Gramame-Mamuaba possuir, em sua ocupação de solo, a presença de inúmeros tipos de cultura, facilita a presença e o transporte de diversos tipos de poluentes, dos tipos rurais, até o reservatório fluvial.

Essa análise também corrobora para a validação da HT1 para o reservatório fluvial de Gramame-Mamuaba, visto que, a sazonalidade na região é referente aos períodos mais chuvosos e menos chuvosos, sendo os períodos mais chuvosos aquele responsável por um escoamento superficial mais quantitativo, responsável pela alteração na qualidade da água.

5.2.2 Reservatório Marés

A análise dos valores observados dos parâmetros de qualidade da água do reservatório fluvial de Marés está disposta, por meio de gráficos do tipo *Boxplot*, das figuras 22 a 30.

Com o intuito de testar a HT3, foi feita a análise dos parâmetros de qualidade da água em um comparativo com o que rege a Resolução CONAMA 357/05 para a água doce do tipo Classe II, analisando a conformidade do Reservatório de Marés ao longo do tempo.

Dos nove parâmetros analisados, foram encontrados inconformidade com o que rege a legislação em cinco deles. O pH, Figura 24, apresentou, em toda a série histórica de parâmetros medidos, apenas um valor que entrou em não conformidade com o que rege a Res. CONAMA, que foi no período chuvoso de 2013 um valor igual a 5,82, quando o mínimo para a sua classe é um valor igual a 6,0.

Outro parâmetro que apresentou inconformidade para a sua classe de água foi o OD (Figura 25). Em dois momentos, ambos no período chuvoso, o oxigênio dissolvido apresentou um valor inferior a 5 mg.L^{-1} . Em 2014, quando apresentou um valor de $2,6 \text{ mg.L}^{-1}$ e em 2018, com valor de $4,94 \text{ mg.L}^{-1}$.

O oxigênio atua nos corpos hídricos fazendo a oxidação de compostos tóxicos, dessa forma, ele é consumido à medida que diminui a toxicidade dos sistemas aquáticos (PRISCO DIOGO DE HOLANDA, 2017). O consumo do oxigênio dissolvido em um sistema aquático é um dos principais fatores de alegação da presença de poluentes naquela água (SALES, 2014). Dessa forma, pode-se afirmar que, pela análise do OD, houve dois momentos em que os lançamentos de poluentes que chegaram ao reservatório foram maiores do que sua capacidade de autodepuração para se manter constantemente dentro da Classe II. com o aumento da decomposição de matéria orgânica trazida pela chuva, aumenta o consumo pelas bactérias decompositoras

Os coliformes termotolerantes foi outro parâmetro que apresentou inconformidade com o que rege a legislação para a classe do reservatório de Marés. Em três momentos da série histórica de dados, todos presentes no período chuvoso, conforme Figura 27, esse parâmetro apresentou valores superiores a 1000 UFC/100ml. As medições ocorreram nos períodos chuvosos de 2014 (1330UFC/100ml), 2017 (1900 UFC/100ml) e em 2018 (2100 UFC/100ml).

Destaca-se que a bacia hidrográfica do Rio Marés, onde fica localizado o reservatório fluvial de mesmo nome, é bastante caracterizada pela forte urbanização, com isso, nos períodos

chuvosos, o escoamento superficial na bacia transporta até o reservatório diversos tipos de poluentes que, no caso específico dos coliformes termotolerantes, estão relacionados aos esgotos lançados in natura no meio ambiente. A ausência de saneamento básico na região pode ser um dos fatores preponderantes para essas inconformidades apresentadas pelos coliformes termotolerantes, uma vez que a ausência de saneamento básico aumenta a poluição do solo e, quando chove, carrega para os ecossistemas aquáticos toda essa carga poluidora com consequências para a plena utilização da água, bem como para a saúde das comunidades.

O fósforo total, Figura 29, também apresentou um valor de inconformidade com relação a CONAMA 357/05, que foi no período de estiagem de 2008, quando apresentou um valor de $0,034 \text{ mg.L}^{-1}$, quando o máximo permitido para água doce do tipo Classe II é $0,030 \text{ mg.L}^{-1}$.

Dentre todos os parâmetros analisados, o nitrogênio total foi o que obteve o maior número de resultados analisados fora do que rege a legislação. Das 19 medições feitas para esse parâmetro, 14 apresentaram valor superior a $1,27 \text{ mg.L}^{-1}$, sendo 7 medições no período chuvoso e 7 no período de estiagem (Figura 30).

Tais valores foram observados no período chuvoso de 2007 ($2,2 \text{ mg/L}$); no período chuvoso e de estiagem de 2008 ($3,8 \text{ mg.L}^{-1}$ e $1,8 \text{ mg.L}^{-1}$ respectivamente); no período chuvoso e de estiagem de 2009, com valores iguais a $2,4 \text{ mg.L}^{-1}$ para ambos os períodos; nos períodos de estiagem de 2010 a 2013, com valores iguais a $0,31 \text{ mg.L}^{-1}$, $2,4 \text{ mg.L}^{-1}$, $2,0 \text{ mg.L}^{-1}$ e $2,5 \text{ mg.L}^{-1}$ respectivamente; nos períodos chuvosos de 2014 e 2015, com valores de $1,3 \text{ mg.L}^{-1}$ e $2,0 \text{ mg.L}^{-1}$ respectivamente; nos períodos chuvosos e de estiagem de 2016, com valores iguais a $2,6 \text{ mg.L}^{-1}$ e $1,8 \text{ mg.L}^{-1}$; no período de estiagem de 2017, com valor igual a $2,0 \text{ mg.L}^{-1}$ e no período chuvoso de 2018, com valor igual a $2,1 \text{ mg.L}^{-1}$.

Os resultados coletados para o nitrogênio total são preocupantes, visto que tal parâmetro é um indicativo de contaminação dessa água, principalmente no que diz respeito as condições sanitárias dela (ALABURDA, 1998).

É importante ressaltar que uma quantidade considerável de valores medidos para os parâmetros de qualidade da água aqui analisados apresenta valores acima do máximo estabelecido para sua classe. Apenas no período chuvoso de 2012 e no período de estiagem do ano de 2018 não houve inconformidades para algum dos parâmetros de qualidade da água. Isso significa dizer que, dos 12 anos analisados, totalizando 20 períodos de análise, em apenas 2 desses períodos não houve inconformidade com algum dos parâmetros analisados.

Com relação aos índices de qualidade de água analisados para o reservatório, Figura 31 e Figura 32, observa-se que, em ambos os índices analisados, a qualidade da água se mostra com um resultado mais positivo no período de estiagem.

O IQA CETESB (Figura 31) variou, no período chuvoso, entre 57,74 e 73,15. Isso significa dizer que, de acordo com a Tabela 3, a qualidade da água no reservatório Marés foi classificada como sendo Boa durante esse período. Já no período de estiagem, essa variação foi de 74,9 a 82,9, qualificando a água desse reservatório entre Boa e Ótima.

Analisando os dois períodos do ano hidrológico, é bem perceptível a melhoria da qualidade da água no período de estiagem quando em comparação ao período chuvoso. Porém, ainda de acordo com a Figura 31, para afirmar essa melhoria da qualidade da água nesse período de estiagem é necessário a análise da distância interquartil, amplitude da amostra e variação da mediana entre o período chuvoso e o período de estiagem.

Analisando a distância interquartil para o IQA CETESB e fazendo a consideração que 50% da amostra de dados da série histórica está presente entre o Q1 e Q3, afirma-se que, quanto menor for essa distância interquartil, menor é a variação dos valores calculados para o IQA CETESB.

Nota-se, para o período chuvoso do IQA CETESB que a distância interquartil do IQA CETESB varia entre 62,55 e 71,42, sendo igual a 8,88 unidades. Já no período de estiagem (Tabela 8) para o mesmo índice, a distância interquartil varia entre 76,03 e 79,49, tendo valor igual a 3,45 unidades. Isso significa dizer que, no período de estiagem, além dos valores mais positivos para a qualidade da água, também se observa uma menor dispersão dos dados de qualidade da água calculados. A partir disso, é possível afirmar que existe uma menor variação dos valores medidos dos parâmetros de qualidade da água estudados para o período de estiagem.

A amplitude, que é a distância entre o valor mínimo e máximo da amostra, apresentou uma dispersão menor do IQA CETESB no período de estiagem, visto que, neste período variou entre 74,9 e 82,9 tendo, portanto, uma amplitude de 8,00 unidades, enquanto no período chuvoso essa variação foi de 57,74 a 73,15 com amplitude igual a 15,41 unidades. A mediana, outro parâmetro importante do *Boxplot* para averiguar essa melhoria da qualidade da água no período de estiagem, também apresentou um valor bem mais positivo no período de estiagem, visto que, no período chuvoso o valor da mediana foi igual a 66,92 enquanto, no período de estiagem esse valor foi igual a 77,43.

Também deve ser observado que o limite inferior da amostra que compreende o período de estiagem (74,9) é superior ao valor do limite superior do período chuvoso (73,15) o que confere ao período de estiagem resultados bem mais positivos com relação a qualidade da água.

Foi identificado o mesmo comportamento para a qualidade da água para os dois períodos do ano hidrológico (chuvoso e estiagem) quando utilizado o IQA_B (Figura 32) para o reservatório de Marés. Pela metodologia de Bascarán, a qualidade da água no período chuvoso, variou entre 62,27 a 81,36, o que, de acordo com a Tabela 4, categoriza essa água entre Aceitável e Boa. No período de estiagem a qualidade da água do reservatório Marés variou entre os valores 69,54 e 86,81, que, de acordo com a Tabela 4, variou entre as categorias Aceitável e Muito Boa.

Com base nas análises componentes dos gráficos *Bloxpote* para o IQA_B (Figura 32), isto é, análise da distância interquartil, amplitude da amostra e variação da mediana, é possível afirmar que houve uma melhoria da qualidade da água do reservatório de Marés no período de estiagem quando em comparação com o período chuvoso.

A distância interquartil no período chuvoso variou entre 64,31 e 74,54, totalizando um valor de 10,23 unidades. Já no período de estiagem, essa variação foi entre 73,97 e 80,33, resultando em 6,36 unidades, o que confere ao período de estiagem uma menor variação nos valores de IQA_B calculados. A amplitude variou, no período chuvoso, entre 62,27 a 81,36 (19,09 unidades) e no período chuvoso variou entre 69,54 e 86,81 (17,27 unidades). Por fim, a mediana obtida na construção dos gráficos *Bloxpote* para o IQA_B foi de 72,72 para o período chuvoso e de 78,86 para o período de estiagem.

Além da menor variação dos resultados obtidos para o IQA_B no período de estiagem, no que confere a distância interquartil e amplitude da amostra, faz-se importante ressaltar que os valores calculados para o IQA_B nesse período, já iniciam com valores mais positivos para a qualidade da água quando em comparação com os valores do período chuvoso, visto que, o valor de Q1 para o período de estiagem (73,98) é quase igual ao valor de Q3 para o período chuvoso (74,54).

A análise dos gráficos *Boxplot* para os dois índices de qualidade da água, Figura 31 e Figura 32, trouxeram uma análise do ponto de vista da sazonalidade. A partir destes, foi possível constatar variações na qualidade da água do reservatório Marés por duas metodologias de cálculo diferentes.

Além de trazer variações sazonais, a qualidade da água apresentou o mesmo comportamento de variação do período chuvoso para o período de estiagem nas duas metodologias de cálculo, quando foi possível constatar uma melhoria nos resultados obtidos para a qualidade da água no período de estiagem. Tais afirmações validam a HT1 para o reservatório de Marés.

Apesar da proximidade dos valores obtidos no cálculo do IQA CETESB e IQA_B, não foi possível obter relações úteis entre os dois índices para o reservatório de Marés por meio da metodologia da regressão linear, visto que, para esse reservatório, foi obtido um $R^2=35,29$ (Figura 33), quando a metodologia indica que, para a regressão linear fazer sentido é necessário que o coeficiente de determinação R^2 seja no mínimo 50%. Esse resultado refuta a HT2 para o reservatório de Marés.

A conformidade ou não do reservatório de água fluviais Marés, conforme consta na metodologia, foi executada analisando os gráficos das curvas de permanência tanto para o IQA CETESB quanto para o IQA_B (Figura 34 e Figura 35) e fazendo um estudo comparativo com o que rege a Resolução CONAMA 357/2005.

Observando as Figuras 34 e 35, pode-se dizer que não houve momentos em que a qualidade da água do reservatório de Marés entrou em não conformidade com o que rege os limites mínimos para água doce do tipo Classe II. Esses resultados podem ser observados tanto analisando a qualidade da água por meio do IQA CETESB quanto pelo IQA_B.

A análise a partir das curvas de permanência validam a HT3 do presente trabalho para o reservatório fluvial de Marés. Porém, na análise dos parâmetros de qualidade da água de forma isolada, ao invés dos valores dos IQA's, percebe-se que em 20 períodos de análise de dados (separados entre períodos chuvosos e de estiagem), em apenas 2 deles todos os parâmetros apresentaram valores permitidos dentro de sua respectiva classe, fazendo-se necessário uma análise mais detalhada dos motivos que podem explicar esse comportamento para os parâmetros de qualidade da água.

A relação existente entre a qualidade da água do reservatório fluvial e o volume desse relatório estão evidenciadas nas Figuras 36 e 37. Delas, é possível observar uma tendência de piora da qualidade da água, para os dois índices analisados nos anos iniciais e finais dos dados analisados, quando o volume do reservatório fluvial Marés aumenta. Porém, também é possível observar momentos, principalmente entre os anos de 2010 e 2017, que a qualidade da água se

comportou, para os dois índices, de forma semelhante a elevação e diminuição do volume do reservatório evidenciando, para esse reservatório fluvial que a dinâmica interna de produção e decomposição da matéria orgânica pode ser mais importante para a qualidade da água que a provocada por fatores externos, como a chuva e consequente escoamento superficial.

Diante disso, fez-se importante a análise conjunta com os demais dados estudados pela metodologia proposta para afirmar o comportamento sazonal da qualidade da água para confirmar os efeitos da sazonalidade no reservatório fluvial de Marés.

5.2.3 Reservatório Araçagi

A análise dos valores observados dos parâmetros de qualidade da água do reservatório fluvial de Araçagi está disposta, por meio de gráficos do tipo *Boxplot*, das figuras 38 a 46.

Com o intuito de testar a hipótese HT3, foi feita a análise dos parâmetros de qualidade da água em um comparativo com o que rege a Resolução CONAMA 357/05 para a água doce do tipo Classe II, analisando a conformidade da água do Reservatório de Araçagi ao longo do tempo.

Dos nove parâmetros analisados, foram encontrados inconformidade com o que rege a legislação em 5 deles. O oxigênio dissolvido (Figura 41) apresentou um valor menor do que 5 mg.L⁻¹, que é o mínimo estabelecido para água doce classe II, em cinco situações, todas no período chuvoso da região. Em 2007 (4 mg.L⁻¹), 2009 (3,8 mg/L), 2014 (2,2 mg.L⁻¹), 2015 (2,7 mg.L⁻¹) e em 2016 (4,57 mg.L⁻¹).

Os coliformes termotolerantes (Figura 43) também apresentaram inconformidades. Ao longo da série histórica de dados coletado, em duas situações o parâmetro apresentou valor superior a 1000 UFC/100 ml. A primeira em 2009 (1400 UFC/100 ml) e a segunda em 2014 (1375 UFC/100 ml). Faz-se necessário ressaltar que ambas as medições são referentes ao período chuvoso na região.

Outro parâmetro que apresentou valores superiores ao limite da sua classe foi os sólidos totais (Figura 44). Foram constatadas 9 medições com valores acima de 500 mg.L⁻¹. Sendo 4 medições referentes ao período chuvoso, 2007 (549 mg.L⁻¹), 2013 (556 mg.L⁻¹), 2014 (689 mg.L⁻¹) e 2015 (751 mg.L⁻¹). Além destas, 5 medições referentes ao período de estiagem

também apresentaram valores acima do permitido para sua classe, são elas: 2007 (577 mg.L⁻¹), 2008 (501 mg.L⁻¹), 2011 (649 mg.L⁻¹), 2013 (583 mg.L⁻¹) e 2014 (628 mg.L⁻¹).

O fósforo total (Figura 45) apresentou valores superiores a 0,030 mg/L, que é o limite máximo para água doce do tipo Classe II, em toda a série histórica de dados coletados. Das 19 medições realizadas para nitrogênio total, 12 delas apresentaram valores superiores a 1,27 mg.L⁻¹. Sendo 6 medições referentes ao período chuvoso, 2007 (1,3 mg.L⁻¹), 2008 (1,3 mg.L⁻¹), 2013 (2,4 mg.L⁻¹), 2014 (1,3 mg.L⁻¹), 2015 (1,8 mg.L⁻¹) e 2016 (1,3 mg.L⁻¹). Além destas, 6 medições referentes ao período de estiagem também apresentaram inconformidades, são elas: 2009 (1,5 mg.L⁻¹), 2010 (1,6 mg.L⁻¹), 2011 (1,9 mg.L⁻¹), 2012 (2 mg.L⁻¹), 2013 (2,3 mg.L⁻¹) e 2017 (1,7 mg.L⁻¹).

É importante ressaltar que uma quantidade considerável de valores medidos para os parâmetros de qualidade da água aqui analisados apresenta valores acima do máximo estabelecido para sua classe, em especial para os anos de 2007, 2013, 2014 e 2015, onde uma quantidade de parâmetros considerável apresentaram inconformidades. Além disso, mesmo desconsiderando os valores do fósforo total, que apresentou inconformidade em todo o período da série histórica, apenas no ano de 2018 não houve inconformidade para o restante dos parâmetros analisados no período chuvoso e de estiagem.

Dos 12 anos analisados, totalizando 24 períodos de análise, quando considerado que essa análise foi feita por sazonalidade, em apenas 6 desses períodos não houve inconformidade. E mais, desses 6 períodos, 2 deles, referentes aos períodos chuvosos de 2010 e 2011, não foram realizadas medições para os parâmetros de qualidade da água do reservatório fluvial de Araçagi.

Com relação aos índices de qualidade de água analisados para o reservatório, Figura 47 e Figura 48, observa-se que, em ambos os índices analisados, a qualidade da água se mostra com um resultado mais positivo no período de estiagem.

O IQA CETESB (Figura 47) variou, no período chuvoso, entre 35,22 e 71,98. Isso significa dizer que, de acordo com a Tabela 2, a qualidade da água no reservatório de Araçagi variou entre Regular e Boa durante esse período. Já no período de estiagem, essa variação foi de 45,23 a 83,88, o que, também com base na Tabela 2, qualifica a água desse reservatório entre Ruim e Ótima.

Apesar de visualmente ser perceptível a melhoria da qualidade da água para o período que compete o período de estiagem (Figura 47) se faz necessário, para uma afirmação mais

concreta, a análise detalhada dos componentes do *Boxplot* no que compete a distância interquartil, amplitude da amostra e mediana, para o período chuvoso e de estiagem.

Analisando a distância interquartil para o IQA CETESB no período chuvoso, onde está contido 50% da amostra, variou entre 44,51 e 69,09, totalizando 24,58 unidades. Já no período de estiagem essa variação foi de 60,91 e 77,52, totalizando 16,61 unidade. Isso compete ao período de estiagem uma variação menor para os valores obtidos da qualidade da água no reservatório para esse período de análise.

A amplitude também variou menos no período de estiagem para o reservatório fluvial de Araçagi (Figura 47). Visto que, enquanto no período chuvoso essa variação foi de 35,22 a 71,98, totalizando 36,76 unidades enquanto no período de estiagem essa variação foi entre 65,72 e 83,88, totalizando 18,16 unidades. Um outro parâmetro interessante de ser observado é a mediana, uma vez que, a mediana para o período de estiagem (71,01) é maior que o valor do Q3 do período chuvoso (69,09).

Toda essa análise corrobora para a afirmação que a qualidade da água para o reservatório fluvial de Araçagi apresentou valores mais positivos no período de estiagem do que no período chuvoso quando analisado pelo IQA CETESB, validando a HT1 para o reservatório fluvial de Araçagi.

O comportamento da qualidade da água quando analisado pelo IQA_B apresentou uma dispersão muito pequena de valores obtidos para a qualidade da água (Figura 48), visto que, enquanto no período chuvoso essa variação foi entre 56,36 e 81,36, variando entre Normal e Boa (Tabela 3), no período de estiagem essa variação foi entre 69,54 e 81,36, variando entre Aceitável e Boa. Porém, se analisarmos a amplitude da amostra do IQA_B, percebemos uma variação bem menor dos resultados obtidos, visto que essa variação seria entre 69,54 e 75,45, totalizando 5,91 unidades.

Diante disso, não é possível afirmar a melhoria da qualidade da água no reservatório fluvial de Araçagi por meio do IQA_B, porém, houve uma dispersão maior dos resultados obtidos para o período chuvoso quando em comparação ao período de estiagem.

Apesar da proximidade dos valores obtidos no cálculo do IQA CETESB e IQA_B, não foi possível obter relações úteis entre os dois índices para o reservatório fluvial de Araçagi por meio da metodologia da regressão linear, visto que, para esse reservatório, foi obtido um $R^2 = 0,2351$ (Figura 49), quando a metodologia indica que, para a regressão linear fazer sentido é

necessário que o coeficiente de determinação R^2 seja no mínimo 50%. Esse resultado refuta a HT2 para o reservatório fluvial de Araçagi

A conformidade ou não do reservatório de água fluviais Araçagi, conforme consta na metodologia, foi executada analisando os gráficos das curvas de permanência tanto para o IQA CETESB quanto para o IQA_B (Figura 50 e Figura 51) e fazendo um estudo comparativo com o que rege a Resolução CONAMA 357/2005.

Com base na Figura 50, observa-se que houve momentos, tanto no período chuvoso quanto de estiagem, em que o IQA CETESB apresentou inconformidades com o que rege a legislação. Em quatro situações o IQA CETESB apresentou valores inferiores a 52,81, que é o valor mínimo para água doce do tipo Classe II. Já período de estiagem, apenas duas amostras apresentaram valores menores que o mínimo estabelecido pela sua classe. A análise feita pelo IQA_B não apresentou valores inferiores ao mínimo estabelecido para sua classe, como pode ser visto na Figura 51.

Apesar disso, a grande maioria dos valores dos IQA CETESB se enquadraram dentro do que rege seu limite de classe, validando a HT3 para esse reservatório fluvial. Porém, devido a grande quantidade de parâmetros medidos que apresentaram valores fora do seu limite de classe, fez-se necessário uma análise mais detalhada dos motivos que justificam tal comportamento.

A relação existente entre a qualidade da água do reservatório fluvial e o volume desse relatório estão evidenciadas nas figuras 52 e 53. Delas, é possível observar uma tendência de piora da qualidade da água, para os dois índices analisados nos anos iniciais e finais dos dados analisados, quando o volume do reservatório fluvial Araçagi aumenta. Porém, também é possível observar momentos, principalmente nos anos de 2012, 2013, 2016 e 2017, que a qualidade da água se comportou, para os dois índices, de forma semelhante a elevação e diminuição do volume do reservatório fluvial.

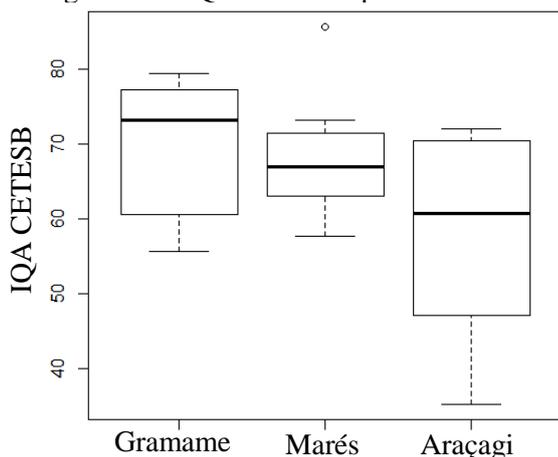
Com isso, fez-se importante a análise conjunta com os demais dados estudados pela metodologia proposta para afirmar o comportamento sazonal da qualidade da água para o reservatório fluvial de Araçagi.

5.2.4 Análise Comparativa dos Três Reservatórios Fluviais

A variação da qualidade da água de acordo com a sazonalidade foi um comportamento que se aplicou aos três reservatórios fluviais estudados, além disso, também foi constatado uma melhoria da qualidade da água para os períodos de estiagem. Mesmo que essa melhoria tenha ocorrido de maneira sutil, tal dado diz muito sobre a forma que esse recurso tão vital para a manutenção da vida tem sido utilizado.

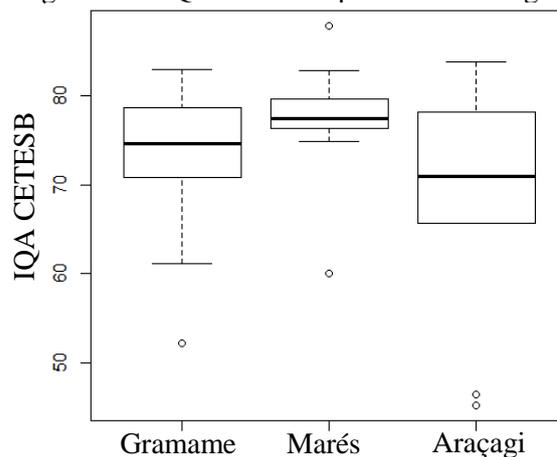
Com base nas figuras 54 e 55, referentes a variação da qualidade da água nos três reservatórios fluviais a partir do IQA CETESB, é possível detectar que, em todo o período chuvoso (Figura 54) compreendido dentro da série histórica de dados analisados, o reservatório fluvial que apresentou valores mais positivos para a qualidade da água foi o de Gramame-Mamuaba, seguido de Marés e, por fim, Araçagi.

Figura 54 – IQA CETESB período chuvoso



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 55 – IQA CETESB período de estiagem



Fonte: Elaborado pelo autor.

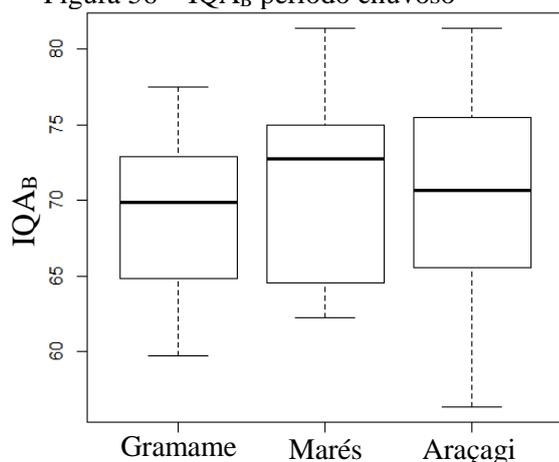
Já no período de estiagem (Figura 55), ainda de acordo com o IQA CETESB, a partir da análise das medianas, percebe-se que o reservatório fluvial de Marés foi o que apresentou melhor qualidade da água, porém com valores próximos ao de Gramame-Mamuaba e, por fim, assim como foi para o período chuvoso, o reservatório fluvial de Araçagi foi o que obteve os piores valores para a qualidade da água.

Fazendo a mesma análise, mas agora utilizando a metodologia de Bascarán, percebe-se uma alteração na ordem qualitativa dos reservatórios fluviais. Visto que, a partir do IQA_B, tanto no período chuvoso, quanto no de estiagem (Figura 56 e Figura 57) o reservatório fluvial que apresentou os melhores valores para a qualidade da água foi o de Marés, seguido do de Araçagi e, por fim, o de Gramame-Mamuaba.

Destaca-se que, para o período chuvoso, houve uma proximidade muito grande dos valores e a categorização do melhor e pior reservatório fluvial, do ponto de vista da qualidade da água, foi determinado a partir da análise principalmente das medianas dos gráficos *Boxplot*.

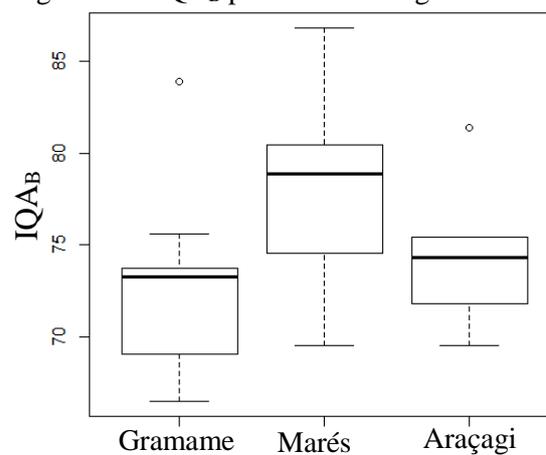
Em estudo realizado na Paraíba, que também contemplou os reservatórios fluviais de Araçagi e Gramame-Mamuaba, Lucena et al. (2008) identificou uma variação sazonal para os reservatórios fluviais analisados no ano de 2007, com uma ligeira melhora para os períodos de estiagem.

Figura 56 – IQA_B período chuvoso



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 57 – IQA_B período de estiagem



Fonte: Elaborado pelo autor.

O que pode explicar essa mudança de qual reservatório possui a melhor ou pior qualidade da água é o peso correspondente dos parâmetros de qualidade da água que alteram de acordo com a metodologia de cálculo adotada. Lembrando que o peso de cada parâmetro é pré-determinado pela metodologia a ser adotada e vai de encontro com a “importância” que o parâmetro tem, para determinada metodologia, na averiguação da qualidade da água.

Se para o IQA CETESB os parâmetros mais representativos para a representação da qualidade da água (Tabela 2) são, em ordem decrescente o Oxigênio Dissolvido, Coliformes Termotolerantes, pH, seguidos do Nitrogênio Total, Fósforo Total, DBO e Temperatura com mesmo peso e, por fim, Sólidos Totais e Turbidez, também com o mesmo peso. Para o IQAB essa relação de importância dos parâmetros é alterada. Visto que, para Bascarán, os parâmetros mais importantes para a medição da qualidade da água (Tabela 5) são, em ordem decrescente, o Oxigênio Dissolvido e Turbidez, com o mesmo peso seguidos de Nitrogênio Total, DBO e Coliformes Termotolerantes, também com o mesmo peso, Sólidos Totais e, por fim Fósforo Total, Temperatura e pH, com o mesmo peso.

Dito isso, é possível compreender por que para o IQA CETESB o reservatório fluvial de Gramame-Mamuaba foi o melhor dos três para o período chuvoso e o mesmo reservatório fluvial foi categorizado como tendo a pior qualidade da água, para o período chuvoso, quando utilizado a metodologia de Bascarán.

Observa-se, por exemplo que, no período chuvoso Gramame-Mamuaba apresentou três valores de nitrogênio acima do permitido, enquanto Araçagi apresentou seis medições fora do seu limite de classe para o mesmo parâmetro. Também é possível observar que Gramame-Mamuaba não obteve, para o período chuvoso, valores acima do permitido para os coliformes termotolerantes, enquanto em Araçagi é possível observar essa inconformidade.

Isto posto, e sabendo que o Nitrogênio Total é apenas o quarto parâmetro em ordem de importância para o cálculo da CESTEB e o segundo para Bascarán, e também que os coliformes são o segundo mais importante para a CETESB e o quinto para Bascarán, é possível identificar a influência do peso dos parâmetros nessa relação de qual reservatório fluvial apresentou melhor ou pior qualidade da água ao longo do tempo.

Com relação a categorização da água dos três reservatórios fluviais estudados, foi obtido uma variação, para os três reservatórios fluviais, a partir do IQA CETESB, entre Regular e Ótima já em se tratando do IQA_B essa variação foi entre as categorias Normal e Boa, o que confere aos reservatórios fluviais estudados uma qualidade da água bastante satisfatória e adequada aos padrões exigidos para seus respectivos usos de água doce da classe II.

Os resultados para a qualidade da água dos reservatórios fluviais analisados também são bastante positivos quando em comparação a outros corpos hídricos do Brasil. Lima e Alves (2017) identificaram, no período de Junho de 2013 a Agosto de 2014, um IQA Ruim para o reservatório fluvial de Amargosa – SE em todo o período de coleta; Já para o reservatório de Taboca e Dionísio Machado a qualidade da água variou de Aceitável para Boa.

Essa situação de degradação dos recursos hídricos também foi encontrada por Medeiros (2004), em estudo realizado na bacia hidrográfica do Rio Salitre – BA, onde detectou uma qualidade da água Péssima (IQA CETESB < 19) para três reservatórios localizados em sua área de estudo

Da Silva e Jardim (2006) em estudo realizado ao longo do Rio Itibaia – SP, nos anos de 2002 e 2003, coletaram 70 amostra de águas, tendo sua maioria sendo categorizada, segundo o

IQA CETESB como sendo regular, porém uma amostra de água foi enquadrada como sendo ruim e atrelando a fonte poluidora a presença de esgotos domésticos na água.

Como já dito, a qualidade da água dos três reservatórios fluviais estudados, através das metodologias utilizadas, indicou uma adequação para os padrões exigidos de uso para a sua classe. Porém, apesar dos índices utilizados mostrarem essa qualidade boa da água, houve alguns parâmetros de qualidade que apresentaram valores acima do permitido em várias situações ao longo da série histórica de dados utilizados, evidenciando a necessidade de um aprofundamento no comportamento dos parâmetros de qualidade da água, visto que, apesar da qualidade da água apresentar condições adequadas para o uso, a incidência de parâmetros que indicam algum tipo de poluição também ocorreu com frequência ao longo dos 12 anos de dados analisados.

Pensando nisso e para entender o comportamento da qualidade da água dos reservatórios fluviais estudados, fez-se necessário o entendimento do comportamento dos parâmetros que são base para a determinação dessa qualidade dos corpos hídricos e os principais condicionantes para a interpretação de tais valores medidos.

Sendo assim, um dos parâmetros de qualidade da água que, no período chuvoso, apresentou valores em desacordo com a Res. CONAMA 357/05 foi o pH. Tal parâmetro, como já dito, apresentou dois valores fora do permitido em Gramame-Mamuaba e um valor para Marés. As três inconformidades foram referentes aos períodos chuvosos dos reservatórios fluviais.

Segundo o Manual de Controle da Qualidade da Água (2014) quando os valores de pH são inferiores a 7,0 as águas são categorizadas como sendo ácidas e esse tipo de alteração pode ter origem natural, no caso da dissolução das rochas e fotossíntese, como também antropogênicas, quando tais alterações estão relacionadas a despejos industriais e domésticos.

Em Araçagi não houve inconformidade com relação ao pH, e toda a amostra referente ao período de estiagem apresentou valores alcalinos para esse parâmetro. No período chuvoso não foi muito diferente, visto que poucos valores medidos foram menores que 7,0, resultado semelhante ao encontrado por Mendes (2016) para o mesmo reservatório fluvial com coleta de amostras de água realizadas no ano de 2012.

O Fósforo total foi um parâmetro que apresentou valores preocupantes para os reservatórios de Gramame-Mamuaba e Araçagi. Nesses dois reservatórios fluviais, o Fósforo

total apresentou valores superiores ao seu limite de classe em toda a série histórica de dados analisados. Por outro lado, o reservatório fluvial de Marés apresentou apenas uma amostra de Fósforo Total em desacordo com o seu limite de classe, e esta foi referente ao período de estiagem.

Assim como o fósforo total, outro parâmetro determinante para a medição da qualidade da água é o Nitrogênio total, esse parâmetro apresentou inconformidades ao longo da série histórica nos três reservatórios analisados. Em Gramame-Mamuaba foram medidos três momentos de inconformidades, todas referentes ao período chuvoso. Já em Marés e Araçagi as inconformidades medidas para o Nitrogênio total aconteceram em ambos os períodos analisados e na maior parte do tempo.

A presença de fósforo total somada ao nitrogênio total nas águas está bastante relacionada a regiões onde as atividades agrícolas que utilizam fertilizantes na sua produção são predominantes (SANT'ANNA et al., 2006). O escoamento superficial nas bacias hidrográficas é o responsável por carrear esses poluentes até os reservatórios fluviais, provocando alterações negativas para a qualidade da água.

Em estudo realizado no reservatório de Barra Bonita – SP, referentes ao período entre o ano de 2007 e 2012, Buzelli e Cunha-Santino (2013) identificaram uma qualidade da água Boa para o reservatório, porém constataram que o entorno do reservatório é predominantemente ocupado para atividades agrícolas e que a introdução de fertilizantes está contribuindo diretamente para a alteração das características físicas e químicas da água desse ambiente.

O entorno dos reservatórios fluviais de Gramame-Mamuaba e Araçagi são bastante antropizados, e atividade agrícola, principalmente a monocultura de cana-de-açúcar e agricultura irrigada é predominante na região, além de áreas desmatadas e habitações. Vale destacar aqui que, em um raio de 1 Km do entorno das margens desses reservatórios fluviais, 100% da área foi modificada pelo antropismo para a realização dessas atividades (LUCENA, 2008).

Tais dados corroboram para a afirmação que a utilização de fertilizantes nas atividades agrícolas é um dos fatores responsáveis para a alteração negativa de parâmetros como fósforo e nitrogênio totais nos reservatórios fluviais de Gramame-Mamuaba e Araçagi.

Essa dinâmica de alterações na qualidade da água a partir das práticas agrícolas com uso de fertilizantes que se aplica aos reservatórios de Gramame-Mamuaba e Araçagi não pôde ser

verificada em Marés. Por ser uma bacia hidrográfica bastante urbanizada, as alterações da qualidade da água nesse reservatório fluvial estão mais atreladas a presença de esgotos domésticos nesse reservatório.

Em estudo realizado pela CETESB no ano de 2017, intitulado “Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo” afirma que as variáveis que indicam a presença de esgotos domésticos em corpos hídricos são, principalmente, as que apresentam resultados desconformes para *E. coli*, Fósforo Total, OD, DBO, Coliformes e Nitrogênio. Destes, com exceção da *E. coli* por ser uma variável não analisada nesse estudo, o único parâmetro que não apresentou inconformidade em Marés foi a DBO. Vale destacar que também é possível perceber inconformidades para esses mesmos parâmetros no reservatório fluvial de Araçagi.

Barbosa e Cirilo (2015) afirmam que a sobrecarga de Fósforo Total no reservatório de Jucazinho – PE é proveniente de efluentes domésticos e industriais que são carreados pelos corpos hídricos até os mananciais. Os autores também afirmam que o aumento da quantidade de Fósforo Total no reservatório de Jucazinho nos períodos chuvosos também é devido as lavouras de irrigação com uso de fertilizante que margeiam o manancial.

Dito isso, percebe-se que os valores medidos dos parâmetros de qualidade da água do reservatório fluvial de Araçagi indicam uma degradação da água proveniente tanto da monocultura e utilização de fertilizantes nas práticas agrícolas, como também da introdução de esgotos domésticos nos corpos hídricos que abastecem esse manancial.

Tal afirmação é corroborada por Silva Leite (2016) que afirma, em estudo realizado no Rio Araçagi e que abastece o reservatório fluvial de mesmo nome, que o rio sofreu processo de desmatamento de sua mata ciliar, ocupação irregular as margens do rio e conseqüente deposição de resíduos sólidos, além da ausência de saneamento básico para as comunidades ribeirinhas, constatando a presença de canais de efluentes domésticos e lançamento de dejetos humanos diretamente no rio sem tratamento prévio.

Faz-se importante frisar que as pressões antrópicas atreladas a alteração do uso e ocupação do solo nas margens dos rios influenciam de forma direta nos regimes hidrológicos, sedimentológicos e, conseqüentemente, na qualidade das águas (ARAUJO, 2000).

Essa forte presença antrópica no reservatório fluvial de Araçagi e em todos os corpos hídricos que abastecem o manancial, advindas tanto da agricultura quanto da urbanização, podem explicar o fato desse reservatório ter apresentado, para o IQA CETESB, os piores

resultados ao longo do tempo, tanto para o período chuvoso quanto de estiagem, quando em comparação com os demais reservatórios analisados.

Além disso, a realidade presente no reservatório fluvial de Marés e Araçagi levantam a necessidade de políticas que visem o acesso ao saneamento básico para todas as comunidades, evitando a degradação da qualidade da água e preservando a saúde das populações.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A amostra de dados disponibilizados pela SUDEMA utilizados nesse estudo apresentou uma qualidade bastante satisfatória, visto que, a partir da metodologia dos valores singulares de Dixon, foi constatado que, para o reservatório fluvial de Gramame-Mamuaba, apenas 9, das 171 amostras coletadas foram descartadas, o que resulta em apenas 5,6% da amostra. Em Marés, apenas 8 amostras, de 180, foram descartadas, o que totaliza 5,0% da amostra. No reservatório fluvial de Araçagi também foi percebido um comportamento semelhante, onde apenas 5 amostras, das 180 analisadas foram descartadas pelo teste de Dixon, totalizando 2,8% da amostra.

Foi verificado que não há uma diferença significativa de médias em todos os parâmetros de qualidade da água analisados, entre os períodos chuvosos e de estiagem, nos três reservatórios fluviais estudados, com exceção da DBO e Coliformes Termotolerantes, em Marés, onde a hipótese H_0 foi rejeitada.

Os dois índices de qualidade da água aqui analisados se mostraram como ferramentas bastante úteis e objetivas para o estudo da qualidade da água ao longo do tempo dos três reservatórios fluviais analisados, principalmente no que se refere a uma análise que leva em consideração os efeitos da sazonalidade na área de estudo.

A escolha de analisar a qualidade da água da por mais de um índice foi importante para identificar as categorizações de cada reservatório fluvial a partir do índice utilizado. Além disso, como os dados coletados tinham uma quantidade limitada de parâmetros de qualidade, tornou-se inviável a utilização de um índice mais específico, como o índice de qualidade de água para reservatórios. Dessa forma, a utilização dos dois índices e seu estudo comparativo possibilita uma análise mais próxima da realidade.

O IQA CETESB foi escolhido por ter uma utilização bastante vasta no Brasil e porque os parâmetros de qualidade da água disponíveis para os três reservatórios fluviais analisados serem os mesmos parâmetros fixos que esse índice exige para possibilitar o seu cálculo.

Já o IQA_B foi escolhido devido a sua flexibilidade, permitindo o seu cálculo mesmo na ausência de algum desses índices. Porém, uma dificuldade na utilização do índice de Bascarán ficou por conta da determinação da constante k , uma vez que, por ser uma constante determinada de maneira subjetiva a partir da análise da água, sua determinação foi dificultada

quando se analisa dados históricos, ficando determinada, para esse estudo, como sendo $k=1$, conforme consta na metodologia.

Apesar dos resultados numéricos serem inferiores, a classificação da água pelo IQA CETESB apresentou resultados mais positivos e constantes para os três reservatórios fluviais analisados, quando em comparação com o IQA_B. A classificação da água para Gramame-Mamuaba, que variou entre 55,6 a 83, ficou entre Boa e Ótima. A mesma categorização da água pode ser observada para Marés, que variou entre 57,74 e 82,9. O reservatório fluvial de Araçagi foi o que obteve uma categorização mais ampla, variando entre 35,22 e 83,88, teve sua água classificada entre Ruim e Ótima.

Apesar do IQA_B ter apresentado valores numéricos superiores para os três reservatórios, a classificação da água foi mais severa quando em comparação com o IQA CETESB, visto que, para Gramame-Mamuaba, com variação entre 64,09 e 93,75, sua água foi classificada entre Aceitável e Muito Boa. Essa mesma categorização foi obtida para o reservatório fluvial de Marés, que variou entre 62,27 e 86,81. O reservatório fluvial de Araçagi também obteve uma categorização diferente pela metodologia de Bascarán, visto que, variou entre 56,36 e 81,36 e teve sua água classificada entre Normal e Boa.

Os efeitos da sazonalidade nos três reservatórios fluviais analisados ficaram bastante evidenciados principalmente a partir da análise dos gráficos *Boxplot* para os dois índices de qualidade da água, existindo uma tendência da melhoria da qualidade da água para os períodos de estiagem para Gramame-Mamuaba, Marés e Araçagi.

Uma reflexão acerca dos motivos que fazem com que a qualidade da água piore nos períodos chuvosos é importante, pois, a primeiro momento, pode-se considerar o escoamento superficial como principal responsável por esse efeito, porém, os efeitos do escoamento superficial são sentidos principalmente nas primeiras chuvas do período, que para a área de estudo do presente trabalho, se inicia em março.

A maioria das coletas dos períodos chuvosos, para os três reservatórios, ocorreram nos meses de junho e julho, dessa forma, os efeitos do escoamento superficial não deveriam influenciar tão negativamente na qualidade da água.

Uma explicação para esse fato pode ser a degradação contínua da água ao longo do tempo, tanto pela utilização de fertilizantes nas práticas agrícolas quanto pela poluição com

origem urbana, o que explicaria o fato de parâmetros como Fósforo e Nitrogênio totais apresentarem inconformidades contínuas ao longo do tempo.

Porém, apesar de existir uma tendência da melhoria da qualidade da água no período de estiagem, vale ressaltar que, essa melhoria não é suficiente para considerar uma mudança de classe para os reservatórios fluviais analisados. Tais resultados corroboram para a validação da HT1 do presente trabalho.

Apesar de uma relativa proximidade entre os resultados numéricos dos dois índices analisados para os reservatórios fluviais de Gramame-Mamuaba, Marés e Araçagi, não foi possível obter relações robustas entre o IQA CETESB e o IQA_B para nenhum dos reservatórios fluviais através da metodologia da regressão linear.

Tal afirmação não torna possível a obtenção de relações robustas entre os IQA's, o que, conseqüentemente, invalida hipótese HT2 proposta para esse estudo..

A análise da conformidade dos reservatórios fluviais analisados em comparação com a Resolução CONAMA 357/05 apresentou resultados suficientes para a validação da HT3 do presente trabalho, visto que, os resultados para os IQA's analisados apresentaram quase que em sua totalidade valores acima da Classe II para águas doces. Inclusive, em diversas situações ocorreu dos resultados de qualidade da água dos reservatórios fluviais se enquadrarem nas exigências para Classe I.

A partir da análise das curvas de permanência, foi percebido que, para Gramame-Mamuaba, só em uma situação houve inconformidade de algum índice, em Marés não houve inconformidade e em Araçagi houve 6 situações de inconformidade dos IQA's com o seu limite mínimo para a Classe II.

Apesar disso, a análise dos parâmetros de qualidade da água de maneira isolada também é importante por identificar valores específicos que acabam sendo mascarados na utilização dos IQA's. Um exemplo disso é o Fósforo total, que apresentou a maioria dos valores medidos acima do permitido para a sua classe nos três reservatórios fluviais analisados.

Com relação aos parâmetros de qualidade da água e desconsiderando o Fósforo total, em Gramame-Mamuaba houve cinco períodos, de vinte e dois, em que um ou mais parâmetros apresentaram valores fora do permitido para sua classe. Em Marés a situação foi ainda pior, pois em apenas três períodos, de vinte analisados, não foi identificado inconformidade em

nenhum dos parâmetros. Em Araçagi a situação também foi semelhante, com apenas quatro períodos de análise que obedeceram ao seu limite de classe.

É interessante fazer uma análise de forma conjunta dos parâmetros de qualidade da água medidos com os valores dos IQA's calculados a partir destes, propondo as correções adequadas para cada área de estudo.

Fica evidente a necessidade de uma gestão das bacias hidrográficas que vise limitar os lançamentos de efluentes nos corpos hídricos que possam vir a comprometer a qualidade da água. Essa limitação pode ser por meio da outorga de lançamento de efluentes por parte dos empreendimentos que compõem a área analisada, que deve ser elaborada levando em consideração os efeitos da sazonalidade na qualidade da água e capacidade de autodepuração dos corpos hídricos e por meio da fiscalização de atividades irregulares que possam vir a degradar esse recurso.

Com relação a poluição difusa presente nas bacias hidrográficas, advindas dos esgotos domésticos, conceitos como o saneamento ecológico e técnicas como fossas ecológicas servem como exemplos para redução da poluição difusa, principalmente nas áreas rurais ou em comunidades ribeirinhas, auxiliando na preservação da água e influenciando direto na saúde das comunidades desassistidas de saneamento básico.

Também se faz necessário a assistência do estado no que se refere ao acesso do saneamento básico para todas as comunidades rurais e urbanas, visto que, além de ser um direito, o investimento em saneamento básico evita a veiculação de doenças hídricas e preserva a plena utilização da água.

Por fim, este tipo de estudo facilita o entendimento acerca da qualidade da água que serve de abastecimento para a população e levanta a necessidade de uma atuação mais presente dos órgãos componentes quanto a necessidade de preservar um recurso que é base para o funcionamento da economia, processos industriais e base para manutenção da vida.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, Rafael. **Impactos do lançamento de Efluentes na Qualidade da Água do Riacho Mussuré**. João Pessoa: UFPB, 2006. 140 p. Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, João Pessoa, 2006.

ALABURDA, Janete; NISHIHARA, Linda, Presença de Compostos de Nitrogênio em Água de Poços, **Revista de Saude Publica**, v. 32, n. 2, p. 160–165, 1998.

ALVES, William Santana et al. **Avaliação da qualidade da água do abastecimento público do município de Juazeiro do Norte, CE**. Desafios - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins, [s.l.], v. 4, n. 2, p.112-119, 2017. Universidade Federal do Tocantins.

ARAÚJO, Alex Maurício. Evolução do processo de assoreamento em reservatório urbano. Anais... IV Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos e I Encontro de Engenharia de Sedimentos do Mercosul, Santa Maria-RS, 2000.

ARAÚJO, P. C. de; ABAR, C. A. A. P. Sobre o Boxplot no GeoGebra. In: 1ª. Conferência Latino Americana de GeoGebra. ISSN 2237- 9657, pp.13-21, 2012. Anais...São Paulo-SP, 2012.

ARAÚJO, Daniela Rodrigues; MENDONÇA, Antonio Sérgio Ferreira; DOS REIS, José Antonio Tosta, Variance analysis and comparison of trophic state indexes: Rio bonito and suíça power plants reservoirs, **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 55–62, 2018.

ARRUDA, Gilmar. **Rios e governos no Estado do Paraná: pontes, "força hidráulica" e a era das barragens (1853-1940)**. Varia hist., Jun 2008, vol.24, n°39, p.153-175. ISSN 0104-8775

BRANCO, Samuel Murgel; AZEVEDO, Sandra M. F. O; TUNDISI, José Galizia. Água e Saúde Humana. In: REBOUÇAS, Aldo da C.; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia. *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 3 ed. São Paulo: Escritura Editora, 2006.

BRASIL. ANA - Agencia Nacional de Águas. **Portal da Qualidade das águas** <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>> acesso em: 21 de abril de 2018.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357/05**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento, bem com estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: 2005. Diário Oficial da União, 17 de março 2005.

BRASIL. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades** < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/panorama> > acesso em: 22 de abril de 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS** / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2014. 112 p.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). **Diagnóstico da estrutura de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano: portaria MS n.518/2004**. Resumo executivo. Brasília: MS; 2009.

BRITO, Maiara TÁbatha da Silva et al. **Aplicação de um protocolo de avaliação ambiental rápida em dois reservatórios do semiárido brasileiro**. Brazilian Journal Of Aquatic Science And Technology, [s.l.], v. 20, n. 1, p.1-5, 2 set. 2016. Editora UNIVALI. <http://dx.doi.org/10.14210/bjast.v20n1.6992>.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. **Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP)**. Ambi-Agua, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 186-205, 2013. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.930>).

CARRILHO, Luiza; et al.. **INTEGRANDO INFORMAÇÕES PARA A GESTÃO DE RESTAURAÇÃO DE RIOS: bacia do rio Marés no litoral Sul paraibano**. CT Informes & Publicações. 2008.

CETESB-Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **Índice de Qualidade das Águas. São Paulo**. Disponível em: <http://www.CETESB.sp.gov.br/agua/aguassuperficiais/108-indices-de-qualidade-das-aguas-01.pdf/02.pdf/03.pdf>> Acesso em: 21 de abril de 2018.

CETESB (São Paulo). Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2017. Disponível em:< <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>> Acesso em: 12 de dezembro de 2019.

Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal.

DA SILVA, Leandro Jorge; LOPES, Laudicéia Giacometti; AMARAL, Luiz Augusto, Qualidade da água de abastecimento público do município de Jaboticabal, SP, **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 615–622, 2016.

DE MOURA, Daniele; FERMINO, Fabiana, Aspectos Da Qualidade Da Água Para Abastecimento Público Na Represa Paulo De Paiva Castro/Sistema Cantareira-São Paulo/Sp, **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, v. 4, n. 2, p. 96–109, 2014.

Decreto Nº 24.643, de 10 de julho de 1934. **Código de Águas**. Brasília, 1934.

DIEGUES, Antônio Carlos. Água e cultura nas populações tradicionais brasileiras. In: RIBEIRO, Wagner Costa. (orgs). **Governança da água no Brasil: uma visão interdisciplinar**. São Paulo: Annablume; Fapesp; CNPQ, 2009. P. 13-32.

FARTO, Cindy & SILVA, Tarciso. (2020). Avaliação comparativa da qualidade de água de chuva e oriunda de açudes armazenadas em cisternas no semiárido do estado da Paraíba. **Revista DAE**. 223. 112-123. 10.36659/dae.2020.033.

GONÇALVES, Samara; CABRAL, Tarciso; ALBUQUERQUE, Ícaro De França, **Avaliação De Impactos Na Qualidade Da Água Na Bacia Hidráulica Do Reservatório Gramame - Mamuaba / Pb**, p. 1–7, 2014.

Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos**, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e Academia Brasileira de Ciências – Recursos Hídricos no Brasil 63 altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF: Senado Federal.

Lei nº 9984 de 17 de julho de 2000. **Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA**, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Brasília, DF: Senado Federal.

Luna Lucena, Rebecca; Menezes, Maria de Fátima; Sassi, Roberto **QUALIDADE DA ÁGUA DE RESERVATÓRIOS NAS DISTINTAS ZONAS CLIMÁTICAS DA PARAÍBA Mercator - Revista de Geografia da UFC**, vol. 7, núm. 14, 2008, pp. 87-97

EMÍDIO, Vanessa Joana Gomes, A problemática do fósforo nas águas para consumo humano e águas residuais e soluções para o seu tratamento, p. 96, 2012.

Figueirêdo, M.C.B.; Teixeira, A.S.; Araújo, L.F.P.; Rosa, M.F.; Paulino, W.D.; Mota, S. & Araújo, J.C. 2007. **Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização**. Eng. Sanit. Ambient. 12(4): 399-409.

GOMES DA SILVA, Paulo Alexandre Jesus et al, Qualidade Da Água De Uma Microbacia Com Fins De Abastecimento Público, Chapada Dos Guimarães, Mt., **Holos**, v. 4, p. 22, 2014.

MACHADO, Taysa Tâmara Viana. **Investigação da Presença de Chumbo (Plumbum) na Bacia do Rio Gramame e suas Possíveis Implicações na Saúde Pública da Região**. João Pessoa: UFPB, 2003. 118 p. Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, João Pessoa, 2003.

MAGALHÃES, Sandra Célia Muniz. **A EXPANSÃO URBANA DE MONTES CLAROS E SUAS IMPLICAÇÕES NA OCORRÊNCIA DE DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA**. 2009. 142 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Pontífca Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: sapientia.pucsp.br. Acesso em: 25 nov. 2019.

MEDEIROS, Adaelson Campelo; LIMA, Marcelo de Oliveira; GUIMARÃES, Raphael Mendonça, Assessment of the quality of water for consumption by river-bank communities in areas exposed to urban and industrial pollutants in the municipalities of Abaetetuba and Barcarena in the state of Pará, Brazil, **Ciencia e Saude Coletiva**, v. 21, n. 3, p. 695–708, 2016.

MEDEIROS, Y.D.P. (Coord.) **Gerenciamento dos recursos hídricos do semi-árido estado da Bahia: enquadramento de rio intermitente – estudo de caso rio Salitre**. (Projeto e subprojeto). Vol. 2, Cap. 6, Bahia: CT-HIDRO/UFBA, 2004.

MENDES, Camila Ferreira *et al*, IV Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA EM RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO : UM OLHAR SOBRE A LEGISLAÇÃO E AS CIANOBACTÉRIAS** . IV Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental, n. 1, p. 1–5, 2016.

Ministério da Saúde. Portaria n.º 2.914, de 12 de dezembro de 2011. **Dispõe sobre normas de potabilidade de água para o consumo humano**. Brasília: SVS, 2011.

NUNES, Edilon Mendes. **Poluição industrial da Bacia do Rio Gramame e conflito socioambiental: análise da complexidade a partir dos atores, impactos e perspectivas**. 2012. 171 f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

Organização das Nações Unidas. **Relatório das Nações Unidas para o Desenvolvimento Humano**. Disponível em: <https://www.br.undp.org/content/dam/brazil/docs/RelatoriosDesenvolvimento/undp-br-hdr_ptBR-2015.pdf>. Acesso em: 04/07/2019.

ORGANIZAÇÃO PAN AMERICANA DE SAÚDE. **Água e Saúde**. Disponível em: <http://www.paho.org/bra/index.php?option=com_docman&view=document&layout=default&alias=203-agua-e-saude-3&category_slug=saude-e-ambiente-707&Itemid=965> . Acesso em: 21/04/2018.

PRISCO DIOGO DE HOLANDA, Victor et al, Análise do déficit e da concentração de oxigênio dissolvido em trecho do rio Piranhas-Açu, sujeito a lançamento de efluentes, mediante a utilização do modelo de Streeter-Phelps simplificado, **Revista Tecnologia**, v. 38, n. 1, p. 55–66, 2017.

R.S. Lima; J.P.H. Alves. Avaliação da qualidade da água dos reservatórios localizados nas bacias hidrográficas dos rios Piauí – Real, utilizando o índice de qualidade da água (IQA). **Scientia Plena**, v. 13, n. 10 (2017).

RÊGO, J. C. ; KOCH, U. . Aplicação de testes não-paramétricos para verificar a homogeneidade de séries hidrometeorológicas. **Revista Brasileira de Engenharia**, v. 3, n.1, 1985.

REIS, E., **Estatística Descritiva** (2ª ed.). Lisboa: Edições Sílabo, 1994.

RIZZI, N. Índices de qualidade de água. **Sanare**, v.15, p.13-25, 2001.

RUSSELL, John B.; Química Geral vol.1, São Paulo: Pearson Education do Brasil, Makron Books, 1994.

SALES, R. J. M. **Aplicação da lógica Fuzzy no modelo de Streeter-Phelps para analisar o risco de contaminação das águas de rios, considerando múltiplos processos e múltiplos**

lançamentos. 2014. 116 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

SANT’ANNA, C. L.; AZEVEDO, M. T. P.; AGUJARO, L. F.; CARVALHO, M. C.; CARVALHO, L. R.; SOUZA, R. C. R. **Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias plactônicas de águas continentais brasileiras**. Rio de Janeiro: Editora Interciência; São Paulo: SBFic, 2006.

SANTOS, Elydeise C. A. dos; ARAÚJO, Lincoln E. de; MARCELINO, Aliny dos S., Análise climática da Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 9–14, 2015.

SILVA, Ana Elizabeth Dias da, **PESCA ARTESANAL E CONDIÇÕES AMBIENTAIS: a percepção dos pescadores do Rio Mumbaba, bacia do Rio Gramame, PB**. 2014. 150f. Dissertação – Universidade Federal da Paraíba.

SILVA, G. S.; JARDIM, W. F.. Um novo índice de qualidade das águas para proteção da vida aquática aplicado ao rio Atibaia, região de Campinas/Paulínia – SP. **Química Nova**, vol. 29, No 4, 689 – 694, 2006.

Silva-Neto. (2015). **Avaliação do Índice de Qualidade da Água do riacho Mussuré no município de João Pessoa/PB**. In anais do XXI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Fortaleza.

SILVA, R. S. de. **Impactos socioeconômicos decorrentes da construção da barragem de Araçagi/PB**. 2016. 34f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia)- Universidade Estadual da Paraíba, Guarabira, 2017.

SILVA, Silas Siqueira da; et al. **Análise de impactos ambientais gerados pela construção de uma barragem na Bacia do Médio Uma, Taubaté, SP**. Anais I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico, Taubaté, Brasil, 07-09 novembro 2007, IPABHi, p. 43-50.

SOUZA, D. V. de. **A construção da barragem de Araçagi - PB e as transformações espaciais e culturais da comunidade Tainha**. 2010. 57f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia)- Universidade Estadual da Paraíba, Guarabira, 2010.

SOUZA, Juliana Rosa de et al. **A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil.** Rede: Revista Eletrônica do Prodem, Fortaleza, v. 8, n. 1, p.26-45, abr. 2014.

TENÓRIO, Marco Antônio. **Análise dos Padrões de Potabilidade da Água Para o Consumo Humano.**2016. 30 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciências Biológicas, Centro Universitário São Lucas, Porto Velho, 2016.

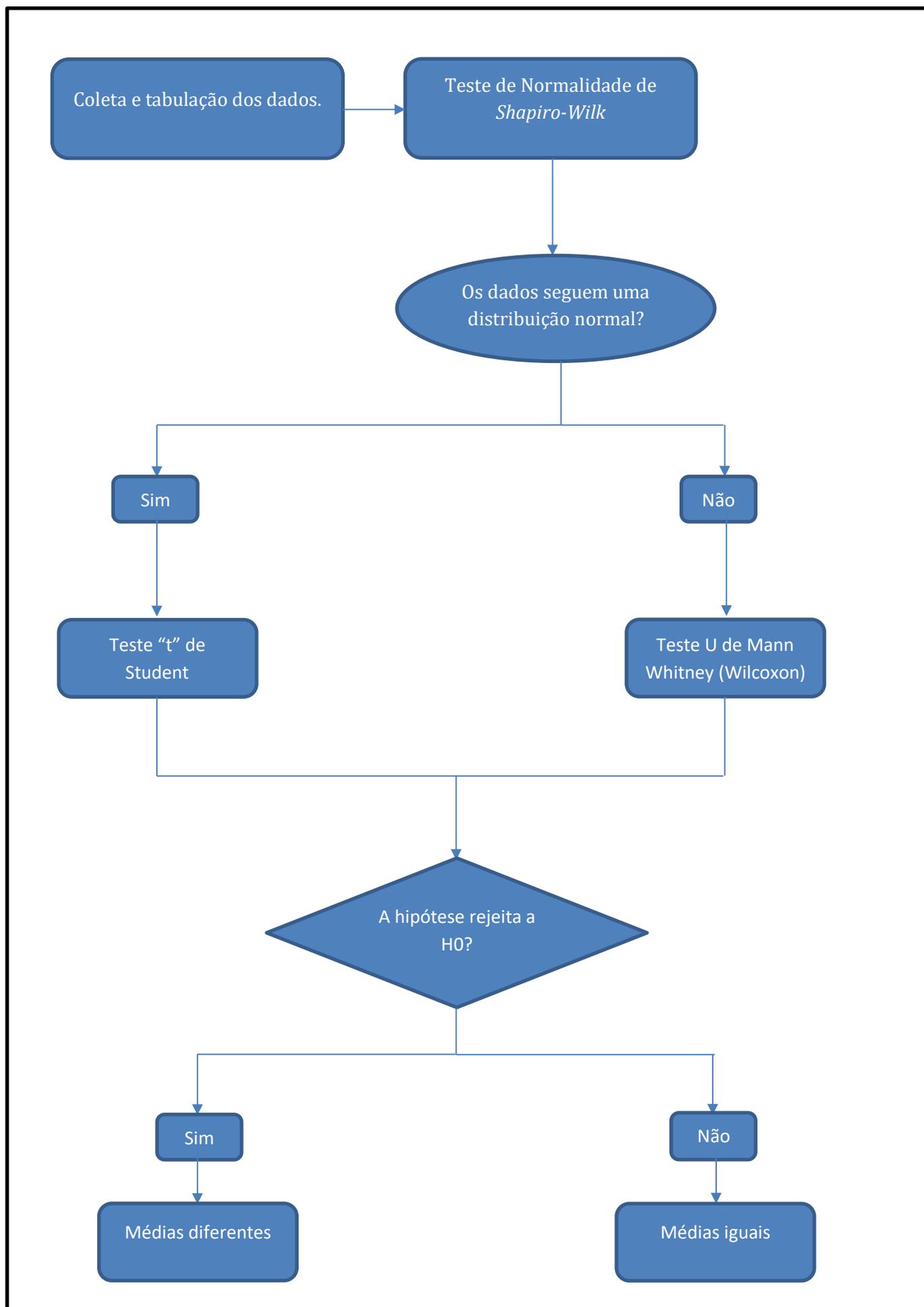
TELLES, D.D.A. **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão.** São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2013. 504 p.

UNESCO, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. **Relatório Mundial das Nações Unidas Sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2018.** Perugia: World Water Assessment Programme, 2018.

VASCONCELOS, V. de M. M.; SOUZA, C. F. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 305-324, 2011.

VON SPERLING. M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2º Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária – Ambiental. UFMG. 1996. 243 p.

APÊNDICES E ANEXOS

Apêndice 1: Fluxograma teste de médias

Apêndice 2: Valores do teste de médias para Gramame-Mamuaba

TESTE DE MÉDIAS PARA GRAMAME-MAMUABA ($\alpha = 0,05$)											
PARÂMETRO	Shapiro-Wilk			Próxima Etapa	Teste t de Student				Teste de Wilcoxon		CONCLUSÃO
	W	p-valor	$W\alpha$		t	p-valor	Intervalo		W	p-valor	
Temperatura da Amostra °C	0,7809	0,000455	0,05	TESTE DE WILCOXON	Não Utilizado				28,5	0,08503	Aceita H0
Turbidez UNT	0,87365	0,01363	0,05	TESTE DE WILCOXON	Não Utilizado				25,5	0,06954	Aceita H0
pH	0,79999	0,000864	0,05	TESTE DE WILCOXON	Não Utilizado				47,5	0,8798	Aceita H0
Oxigênio Dissolvido mg/L O2	0,90848	0,05964	0,05	TESTE T DE STUDENT	-0,03713	0,9709	-0,818594	0,790594	Não Utilizado		Aceita H0
DBO 5,20 mg/L O2	0,90117	0,06023	0,05	TESTE T DE STUDENT	-0,57523	0,5767	-1,0569894	0,618989	Não Utilizado		Aceita H0
Coliformes Termotolerantes UFC/100 mL	0,88677	0,03398	0,05	TESTE DE WILCOXON	Não Utilizado				27,5	0,2861	Aceita H0
Sólidos Totais mg/ L	0,96063	0,6139	0,05	TESTE T DE STUDENT	0,68845	0,501	-32,8289	64,4067	Não Utilizado		Aceita H0
Fósforo Total mg/ L P	0,64622	2,02E-05	0,05	TESTE DE WILCOXON	Não Utilizado				43,5	0,8247	Aceita H0
Nitrogênio Total mg/ L N	0,75265	0,000684	0,05	TESTE DE WILCOXON	Não Utilizado				23,5	0,4262	Aceita H0

Apêndice 3: Valores do teste de médias para Marés

TESTE DE MÉDIAS PARA MARÉS ($\alpha = 0,05$)											
PARÂMETRO	Shapiro-Wilk			Próxima Etapa	Teste t de Student				Teste de Wilcoxon		CONCLUSÃO
	W	p-valor	W α		t	p-valor	Intervalo		W	p-valor	
Temperatura da Amostra °C	0,9232	0,1005	0,05	TESTE T DE STUDENT	1,9341	0,06822	-0,08511044	2,1469	Não Utilizado		Aceita H0
Turbidez UNT	0,6863	0,0000267	0,05	TESTE DE WILCOXON	Não Utilizado				35	0,2799	Aceita H0
pH	0,9703	0,7407	0,05	TESTE T DE STUDENT	1,6786	0,1102	-0,09783253	0,88074162	Não Utilizado		Aceita H0
Oxigênio Dissolvido mg/L O ₂	0,9323	0,1531	0,05	TESTE T DE STUDENT	1,5547	0,1394	-0,3705605	2,4153	Não Utilizado		Aceita H0
DBO 5,20 mg/L O ₂	0,9661	0,6958	0,05	TESTE T DE STUDENT	3,0259	0,007747	0,2299779	1,2945	Não Utilizado		Rejeita H0
Coliformes Termotolerantes UFC/100 mL	0,6939	0,00003285	0,05	TESTE DE WILCOXON	Não Utilizado				23	0,04499	Rejeita H0
Sólidos Totais mg/L	0,9103	0,07489	0,05	TESTE T DE STUDENT	-1,0130	0,3292	-78,8176	28,4220	Não Utilizado		Aceita H0
Fósforo Total mg/L P	0,8101	0,00212	0,05	TESTE DE WILCOXON	Não Utilizado				32,5	0,5056	Aceita H0
Nitrogênio Total mg/L N	0,9325	0,1925	0,05	TESTE T DE STUDENT	-1,0839	0,2937	-1,3335	0,4287896	Não Utilizado		Aceita H0

Apêndice 4: Valores do teste de médias para Araçagi

TESTE DE MÉDIAS PARA ARAÇAGI ($\alpha = 0,05$)											
PARÂMETRO	Shapiro-Wilk			Próxima Etapa	Teste t de Student				Teste de Wilcoxon		CONCLUSÃO
	W	p-valor	$W\alpha$		t	p-valor	Intervalo		W	p-valor	
Temperatura da Amostra °C	0,9232	0,1005	0,05	TESTE T DE STUDENT	1,9341	0,06822	-0,08511044	2,1469	Não Utilizado		Aceita H0
Turbidez UNT	0,8841	0,01741	0,05	TESTE DE WILCOXON	Não Utilizado				43	0,4554	Aceita H0
pH	0,8836	0,01417	0,05	TESTE DE WILCOXON	Não Utilizado				89,5	0,05571	Aceita H0
Oxigênio Dissolvido mg/L O ₂	0,96341	0,5612	0,05	TESTE T DE STUDENT	1,1332	0,282	-0,8414609	2,6125	Não Utilizado		Aceita H0
DBO 5,20 mg/L O ₂	0,9349	0,1551	0,05	TESTE T DE STUDENT	-0,3552	0,7263	-1,3083278	0,9283	Não Utilizado		Aceita H0
Coliformes Termotolerantes UFC/100 mL	0,4479	0,000000179	0,05	TESTE DE WILCOXON	Não Utilizado				30,5	0,2486	Aceita H0
Sólidos Totais mg/L	0,9337	0,1462	0,05	TESTE T DE STUDENT	-0,2031	0,8412	-197,6413	162,7080	Não Utilizado		Aceita H0
Fósforo Total mg/L P	0,6362	0,00000716	0,05	TESTE DE WILCOXON	Não Utilizado				30	0,1484	Aceita H0
Nitrogênio Total mg/L N	0,9752	0,8725	0,05	TESTE T DE STUDENT	0,7732	0,4505	-0,3553	0,7642075	Não Utilizado		Aceita H0

Apêndice 5: Precipitações médias mensais e anuais para os reservatórios estudados

MÊS	PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL E ANUAL POR RESERVATÓRIO (mm)		
	Araçagi	Gramame-Mamuaba	Marés
Janeiro	77,5	89	75,8
Fevereiro	79,5	113	108,4
Março	116,2	186	252,2
Abril	135,2	218	349,8
Maiο	137,3	255	307,3
Junho	181,2	280	346,1
Julho	148,1	244	346,2
Agosto	93,1	170	183,5
Setembro	37,8	85	87,2
Outubro	11,7	59	35,4
Novembro	17,8	38	24,9
Dezembro	29,6	54	28,5
Média Anual	88,75	149,25	178,775
Total Anual	1065	1791	2145,3

Anexo 1: Dados de entrada para os parâmetros de qualidade da água para o reservatório de Gramame-Mamuaba

Estação de Amostragem GRAMAME MAMUABA																				
	1ºSemestre	2º Semestre	1ºSemestre	2º Semestr	1ºSemestre	2º Semestr	2º Semestre	1ºSemestre	2º Semestr	1ºSemestre	2º Semestr	1ºSemestre	1ºSemestre	2º Semestr	1ºSemestre	2º Semestr	1ºSemestre	2º Semestr	1ºSemestre	2º Semestre
Data da Coleta	18/07/2007	11/12/2007	12/06/2008	13/11/2008	16/06/2009	17/12/2009	18/11/2010	09/05/2012	29/11/2012	18/06/2013	16/10/2013	30/07/2014	30/06/2015	16/09/2015	28/06/2016	30/11/2016	19/07/2017	23/11/2017	11/07/2018	28/11/2018
Hora da Coleta	09:22	09:15	09:50	08:43	13:10	09:55	08:44	09:40	10:20	08:00	07:46	08:20	13:10	11:06	11:00	10:43	12:21	12:03	11:08	07:53
Temperatura da Amostra °C	27	27	28	28	27	30	29	28	28	27	28	28	28	28	28	28	27	30,3	27,1	27
Turbidez UNT	23	24	25	9	21	18	1,8	9,89	0,09	10	10	3,4	30,6	1,89	7,07	3,54	7,64	3,95	4,2	2,45
pH	7,4	7,06	6,91	7,07	7,46	7,74	6,37	6,45	6,73	4,42	7,32	7,12	7,23	7,12	5,75	7,41	7,39	6,63	7,56	6,83
Oxigênio Dissolvido mg/L O2	7,7	7,2	7,2	6,8	6	6,8	7,2	7,6	8,2	6,8	6,8	7	7,95	7,42	7,32	5,8	8,1	6,72	4,71	7,3
DBO 5,20 mg/L O2	2,3	2,2	0,8	1,8	0,6	1,4	5	3,8	3,6	0,8	1,6	1,6	2,3	1,4	0,74	1,8	1,6	1,2	3,4	1,2
Coliformes Termotolerantes UFC/100 mL	620	380	580	10	320	0	400	10000	139	660	50	120	380	40	20	820	1500	270	60	80
Resíduo Total mg/L	101	164	100	10	154	148	105	54	117	126	88	239	1,9	19	100	76	38	76	80	
Fósforo Total mg/L P	0,17	0,17	0,41	0,95	0,08	0,08	0,1	0,04	0,11	0,31	0,05	0,11	0,12	0,08	0,82	0,96	0,14	0,07	0,04	
Nitrogênio Total mg/L N	0,5	0,6	1,3	0,7	16,9	2,9	0,3	0,6	1	1,1	0,9	0,4	3,2	0,7	2,3	2,6	0,8	0,3	0,2	

Anexo 2: Dados de entrada para os parâmetros de qualidade da água para o reservatório de Marés

Estação de Amostragem MARÉS

	1ºSemestre	2º Semestre	1ºSemestre	2º Semestr	1ºSemestre	2º Semestr	2º Semestre	2º Semestre	1ºSemestre	2º Semestr	1ºSemestre	2º Semestr	1ºSemestre	1ºSemestre	2º Semestr	1ºSemestre	2º Semestr	1ºSemestre	2º Semestr	1ºSemestre	2º Semestre
Data da Coleta	18/07/2007	11/12/2007	12/06/2008	13/11/2008	04/06/2009	17/12/2009	18/11/2010	22/12/2011	09/05/2012	29/11/2012	09/05/2013	16/10/2013	30/07/2014	30/06/2015	16/09/2015	28/06/2016	30/11/2016	19/07/2017	23/11/2017	11/07/2018	28/11/2018
Hora da Coleta	07:03	07:15	07:39	06:58	06:57	07:31	06:24	07:45	09:00	08:25	07:41	05:31	07:54	08:35	07:56	07:37	07:08	08:39	10:26	10:09	09:00
Temperatura da Amostra °C	27	27	28	28	28	30	30	28	28	29	30	26	27	28	28	26	29	26	29,4	26,6	29
Turbidez UNT	31	8	51	4	27	23	2,2	2,14	0,1	0,06	8,11	10	4,9	3,33	5,06	12,5	5,21	3,55	6,75	5,27	9,39
pH	7,29	7,04	6,92	7,21	6,62	7,63	6,15	7,93	6,31	6,67	5,82	7,18	6,98	6,94	7,59	6,1	7,32	7,65	7,33	7,01	6,66
Oxigênio Dissolvido mg/L O2	6	8,6	5,4	7,2	6	9	6,8	8,4	8,2	8	2,6	7,6	6,8	7,21	8,29	7,8	5,2	7,8	6,3	4,94	8,4
DBO 5,20 mg/L O2	2,3	1,6	1,8	2,4	0,7	1,4	3,3	0,2	4,6	2,4	1,8	1,8	2	1,1	2	0,95	2,1	1,2	2,4	1	2,5
Coliformes Termotolerantes UFC/100 mL	40	70	230	48	80	8	55	200	780	48	270	200	1330	10	30	870	1030	1900	160	2100	360
Resíduo Total mg/ L	109	82	110	48	112	109	127	203	173	92	110	76	244	1,2		9	92	124	21	112	120
Fósforo Total mg/ L P	0,17	0,04	0,28	0,34	0,22	0,22	0,08	0,04	0,05	0,11	0,05	0,02	0,1	0,06		0,06	0,75	0,87	0,06	0,04	0,025
Nitrogênio Total mg/ L N	2,2	0,2	3,8	1,8	2,4	2,4	0,31	2,4	16	2	1	2,5	1,3	2		2,6	1,8	0,9	2	2,1	0,4

Anexo 3: Dados de entrada para os parâmetros de qualidade da água para o reservatório de Araçagi

Estação de Amostragem ARAÇAGI

	1ºSemestre	2º Semestre	1ºSemestre	2º Semestr	1ºSemestre	2º Semestr	2º Semestre	2º Semestre	1ºSemestre	2º Semestr	1ºSemestre	2º Semestr	1ºSemestre	2º Semestr	1ºSemestre	2º Semestre	1ºSemestre	2º Semestr	1ºSemestre	2º Semestre
Data da Coleta	03/07/2007	14/11/2007	29/07/2008	22/10/2008	16/06/2009	20/10/2009	14/12/2010	08/11/2011	20/03/2012	19/11/2012	08/04/2013	26/08/2013	18/06/2014	17/11/2014	28/04/2015	24/11/2015	21/06/2016	23/11/2016	20/06/2017	26/10/2017
Hora da Coleta	18:00	07:25	12:50	14:45	15:30	10:44	14:33	10:50	10:50	15:30	16:55	15:34	09:30	07:12	18:50	08:53	14:52	11:50	08:56	11:35
Temperatura da Amostra °C	27	27	27	28	28	28	30	29	30	31	30	30	29	30	29	31,6	28	30	28	28
Turbidez UNT	16	5	129	4	21	4	12	10,1	3,48	0,09	10	0,06	6,82	7,6	4,59	3,57	1,34	7,89	4,39	3,28
pH	7,91	7,65	7,62	7,73	7,46	7,61	8,33	8,06	6,53	7,56	6,25	8,04	7,66	7,52	7,49	7,96	6,4	7,9	8,06	7,18
Oxigênio Dissolvido mg/L O2	4	6	6,8	5,6	3,8	5,4	7,4	6	6,8	5,4	10	5,4	2,2	6,2	2,7	7,22	4,57	7,47	7	6,4
DBO 5,20 mg/L O2	1,2	0,8	1,4	2	0,2	0,2	2,2	1	3	4	3,8	1,4	3	4,1	3	1,6	1,2	3,1	3,7	1
Coliformes Termotolerantes UFC/100 mL	113	0	0	5	1400	590	1	0	0	16	124	15	1375		0	25	85	275	5	13
Resíduo Total mg/ L	539	577	400	501	469	437	487	649	140	140	556	583	689	628	751	140	191	118	219	380
Fósforo Total mg/ L P	0,29	0,16	0,2	0,78	0,19	0,19	0,13	0,07	0,22	0,12	0,2	0,06	0,12		0,23	0,09	0,11	0,83	0,94	0,05
Nitrogênio Total mg/ L N	1,3	1	1,3	1,1	4,1	1,5	1,6	1,9	0,6	2	2,4	2,3	1,3		1,8		1,3	1,7	0,4	0,6