



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - UFPB
CENTRO DE TECNOLOGIA - CT
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL - DECA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

JONATHAN ANTUNES PONTE CAVALCANTE LEITE

**APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA DE BASCARÁN PARA AOS
RIOS GRAMAME, ABIAÍ E GRAÚ NA ZONA COSTEIRA SUL DA PARAÍBA**

JOÃO PESSOA - PB
JUNHO - 2018

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - UFPB
CENTRO DE TECNOLOGIA - CT
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL - DECA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

JONATHAN ANTUNES PONTE CAVALCANTE LEITE

**APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA DE BASCARÁN PARA AOS
RIOS GRAMAME, ABIAÍ E GRAÚ NA ZONA COSTEIRA SUL DA PARAÍBA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado a Coordenação do curso de Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva

**JOÃO PESSOA - PB
JUNHO - 2018**

FOLHA DE APROVAÇÃO

AGRADECIMENTOS

A Papai do céu, por ter aparecido durante essa caminhada de uma forma totalmente inesperada.

A minha mãe, Antonia Ponte, por ser minha base e conselheira e ao meu pai, Zé Cavalcante, por ter me dado o suporte necessário para tornar minha graduação possível. Também agradeço ao meu irmão, Joseph, por ser um companheiro de longa jornada.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva, por toda a paciência, sabedoria e confiança que tem me passado durante esse a realização desse trabalho.

Também gostaria de agradecer a todos os irmãos de vida, aqueles que me acompanham desde Pombal, e aos irmãos que encontrei durante essa minha estadia em João Pessoa.

Essa conquista é de todos vocês, afinal, felicidade só é real quando compartilhada.

RESUMO

O problema da água surge no âmbito quantitativo e qualitativo, uma vez que a consequência das ações antrópicas interfere nesses tais aspectos, dificultando o desenvolvimento de regiões carentes, podendo causar problemas de saúde para a população. A zona costeira do litoral sul do estado da Paraíba é caracterizada pela diversidade de usos do solo, influentes na qualidade da água, e os principais rios nela inseridos são estudados nesses trabalhos, os rios Gramame, Abiaí e Graú, que, juntos abastecem cerca de 1 milhão de habitantes. Diante desse cenário, o objetivo do estudo foi investigar o estado da qualidade da água dos rios referidos, a partir de dados observados, fazendo uso do Índice de Qualidade de Água de Bascarán (IQA_B). Foram analisados 5 pontos monitorados pela SUDEMA, que disponibiliza os valores de medições em séries históricas de 2006 a 2016 dos parâmetros coliformes termotolerantes, condutividade, cor, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), pH, salinidade, sólidos dissolvidos totais e temperatura. A partir das análises dos parâmetros foram calculados os valores do IQA_B para as séries históricas de dados, construídas as curvas de permanência para cada um dos pontos estudados e, por fim, foi feito um comparativo com o que rege a Resolução CONAMA 357/05 com relação aos limites de cada parâmetro de qualidade da água e as classes dos corpos d'água. Os resultados constataram a flexibilidade da metodologia de Bascarán, apesar da alta rigorosidade dessa metodologia na caracterização dos rios de acordo com o IQA_B calculado. Além disso, foram constatados valores de salinidades maiores que o permitido pela Resolução, fazendo-se necessário novos estudos de enquadramento dos recursos hídricos no estado da Paraíba.

Palavras-chave: Recursos hídricos; Índice de qualidade da água de Bascarán; Curva de permanência.

ABSTRACT

The problem of water falls outside of the single scope of their quantity or availability, since the consequence of the anthropic actions also interferes in their quality, making difficult the development of poor regions and conferring health problems for the population that uses this water. The coastal zone of the southern coast of the state of Paraíba is characterized by its fragility and remarkable scenic beauty. The main rivers therein and the object of this study, Gramame, Abiaí and Graú rivers, together supply about 1 million Paraibans. In this scenario, the objective of this study was to investigate the water quality status of the Gramame, Abiaí and Graú rivers, in the Southern Coastal Zone of Paraíba State, based on observed data, and using the Water Quality Index Bascarán (IQAB). Five points monitored by SUDEMA were analyzed. It disposes of values of measurements in a historical series from 2006 to 2016. Those values englobe the thermotolerant coliform parameters, conductivity, color, biochemical oxygen demand (BOD), dissolved oxygen (DO), pH, salinity, solids dissolved and temperature. From the analysis of the parameters, the respective IQAB values were calculated for the entire historical data series, construction of the respective residence curves for each of the points studied and, finally, a comparison was made with CONAMA357 / 05 in relation to the limits of each parameter of water quality and the classes of water bodies.

Key words: water resources, Bascarán water quality index, permanence curve.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros de Qualidade da Água Objetos de Estudo e Respective Pesos Estabelecidos no Uso do IQA _B	14
Tabela 2 - Caracterização do IQA _B	20
Tabela 3: Caracterização das classes regidas na resolução 357/05 com base no IQA _B calculado.....	21
Tabela 4: Parâmetros analisados para a qualidade da água, com valores máximos e mínimos e resolução para o rio Graú.....	23
Tabela 5: Qualidade da água e frequência de ocorrência para o Rio Graú.....	28
Tabela 6: Parâmetros analisados para a qualidade da água, com valores máximos e mínimos e resolução para o rio Abiaí.....	29
Tabela 7: Qualidade da água e frequência de ocorrência para o Rio Abiaí.....	32
Tabela 8: Parâmetros analisados para a qualidade da água, com valores máximos e mínimos e resolução para o rio Gramame, ponto GR01.....	33
Tabela 9: Qualidade da água e frequência de ocorrência para o ponto GR01 do Rio Gramame.....	35
Tabela 10: Parâmetros analisados para a qualidade da água, com valores máximos e mínimos e resolução para o rio Gramame, ponto GR04.....	36
Tabela 11: Qualidade da água e frequência de ocorrência para o ponto GR04 do Rio Gramame.....	39
Tabela 12: Parâmetros analisados para a qualidade da água, com valores máximos e mínimos e resolução para o rio Gramame, ponto GR01.....	40
Tabela 13: Qualidade da água e frequência de ocorrência para o ponto GR07 do Rio Gramame.....	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.....	18
Figura 2: pontos de monitoramento utilizados para o cálculo do IQA_B	22
Figura 3: Variação do IQA_B ao longo do tempo para o rio Graú.....	26
Figura 4: Curva de Permanência do Rio Graú.....	27
Figura 5: Variação do IQA_B ao longo do tempo para o rio Abiaí.....	30
Figura 6: Curva de permanência do Rio Abiaí.....	31
Figura 7: Variação do IQA_B ao longo da série histórica para o ponto GR01 do rio Gramame.....	34
Figura 8: Curva de permanência para o ponto GR01 do Rio Gramame	35
Figura 9: Variação do IQA_B ao longo da série histórica para o ponto GR04 do rio Gramame.....	37
Figura 10: Curva de permanência para o ponto GR04 do Rio Gramame.....	38
Figura 11: Variação do IQA_B ao longo da série histórica para o ponto GR07 do rio Gramame.....	41
Figura 12: Curva de permanência para o ponto GR07 do Rio Gramame.....	42
Figura 13: Localização dos pontos monitorados e salinidade.....	44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVOS.....	12
1.1.1 Objetivo Geral.....	12
1.1.2 Objetivos Específicos.....	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
3 METODOLOGIA	17
3.1 Área de Estudo	17
3.2 Acervo de Dados	19
3.3 Índices de Qualidade da Água.....	19
3.4 Construção da Curva de Permanência.....	20
4 RESULTADOS	20
4.1 RIO GRAÚ.....	23
4.1.1 Índice de Qualidade da Água de Bascarán - IQA _B	24
4.1.2 Curva de Permanência.....	26
4.2 RIO ABIAÍ.....	28
4.2.1 Índice de Qualidade da Água de Bascarán - IQA _B	29
4.2.2 Curva de permanência	31
4.3 RIO GRAMAME	32
4.3.1 Ponto GR01	32
4.3.1.1 Índice de Qualidade da Água de Bascarán - IQA _B ponto GR01	33
4.3.1.2 Curva de permanência para o ponto GR01	34
4.3.2 Ponto GR04.....	36
4.3.2.1 Índice de Qualidade da Água de Bascarán - IQA _B ponto GR04.....	37
4.3.2.2 Curva de permanência do ponto GR04	38
4.3.3 Ponto GR07.....	39
4.3.3.1 Índice de Qualidade da Água de Bascarán - IQA _B ponto GR07.....	40
4.3.3.2 Curva de permanência do ponto GR07	41
4.4 SALINIDADE.....	43
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento desordenado das populações nas cidades, o ser humano tem se configurado como um agente transformador dos ambientes e ecossistemas os quais o mesmo está inserido, tendo como consequência desse fenômeno não só em uma demanda maior de água, mas também o comprometimento da sua qualidade nos mananciais ao redor do mundo (BRITO et al., 2016).

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 as suas funções fundamentais na natureza. Na sociedade humana a água supre demandas pessoais, econômicas e sociais, destacando que 78% dos empregos do mundo dependem dos recursos hídricos (SOUZA et al., 2014; UNESCO, 2018).

Nas zonas costeiras, que segundo Sorensen e Mc Creary (1990) compreende a interface ou transição onde o continente é afetado pela proximidade com o mar e parte do oceano tem as características da água alteradas ao seu contato com o continente, os problemas parecem se agravar em relação aos recursos hídricos, notadamente pelo alto grau de ocupação devido a urbanização e outros usos, como a agricultura.

Segundo Telles (2013) os problemas relacionados a água fogem do âmbito de sua quantidade ou disponibilidade, uma vez que, eles também interferem na sua qualidade, dificultando o desenvolvimento de regiões carentes e conferindo problemas de saúde para a população que se utiliza da água. Dessa forma, com a perda de água tanto em quantidade como em qualidade, há também uma diminuição da 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”.

As perspectivas futuras também não são favoráveis. Segundo o Relatório Mundial das Nações Unidas Sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (2018), 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 irá piorar nas próximas décadas, conseqüentemente, aumentarão as ameaças à saúde humana, e aos ecossistemas. No mesmo relatório há a estimativa de que 80% dos efluentes industriais e residuais são lançadas nos

corpos hídricos sem tratamento prévio, o que contribui para a deterioração da qualidade das águas dos corpos receptores.

Dados referentes ao último censo populacional do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010), mostraram que, no ano de 2010, o estado da Paraíba possuía uma população de 3.766.528 habitantes. Considerando que os rios Gramame, Abiaí e Graú abastecem juntos cerca de 1 milhão de pessoas, ou seja, mais de 26% da população do estado justifica-se não só a importância da realização do presente estudo, mas também, a necessidade do conhecimento acerca da qualidade da água dos corpos hídricos e os seus principais fatores condicionantes.

Com relação à gestão há a necessidade de se considerar o atendimento das demandas de água tanto para consumo humano, como para a manutenção dos ecossistemas. Dessa forma, faz-se necessário que se leve em consideração o regime hidrológico da região estudada, sendo que as curvas de permanência podem ser amplamente utilizadas para esse propósito (CUNHA; CALIJURI; MENDIONDO, 2012). De acordo com os autores, as curvas de permanência são bastante úteis para estudos ambientais uma vez que representam a frequência acumulada, ou seja, a probabilidade de excedência de um determinado evento com relação ao tempo.

Segundo Souza et al. (2014), tendo em vista a 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 de sua qualidade nos corpos hídricos disponíveis e, conseqüentemente, a sua limitação de uso para seus diversos fins.

Nesse contexto, abre-se uma discussão à cerca da importância do conhecimento sobre a qualidade da água dos mananciais que poderão servir para o abastecimento humano (ALVES et al., 2017).

O monitoramento dos parâmetros físicos, químicos e biológicos que refletem a qualidade da água pode indicar as alterações ambientais naturais e, principalmente, antrópicas que ocorrem nos corpos d'água. Com o objetivo de sintetizar as informações de monitoramento em um só número, surgiram os índices de qualidade da água, que fornecem a condição e evolução da qualidade da água ao longo do tempo e do espaço. Dessa forma, os índices auxiliam de forma direta a análise e interpretação dos resultados obtidos (MOLOZZI; PINHEIRO; SILVA, 2006).

Visando um maior conhecimento acerca da qualidade da água, 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) que passou a ser amplamente utilizado no Brasil (ANA).

A partir do estudo aprofundado do IQA americano, diversos outros índices para qualidade da água surgiram, cada um com suas especificidades e usos distintos. O Índice de Qualidade de Água de Bascarán (IQA_B), objeto desse estudo e bastante utilizado devido a sua flexibilidade, uma vez que se adapta a banco de dados disponível, permitindo seu cálculo mesmo quando existe uma limitação na obtenção dos parâmetros de qualidade da água analisados (RIZZI, 2001).

Assim, buscou-se avaliar por meio de parâmetros individuais e de índices a qualidade da água de rios na zona costeira Sul do Estado da Paraíba, mais especificamente, os rios Gramame, Abiaí e Graú. Também foram feitas investigações sobre a existência de oscilações e tendências nas séries de indicadores de qualidade da água dos rios, bem como as classificações relativas ao conjunto de indicadores de qualidade da água dos rios, seguindo a Resolução Conama Nº 357 de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Investigar o estado da qualidade da água dos rios Gramame, Abiaí e Graú, na Zona Costeira Sul do estado da Paraíba, a partir de dados observados, utilizando o Índice de Qualidade de Água de Bascarán (IQA_B) para divulgação dos resultados.

1.1.2 Objetivos Específicos

1. Analisar as séries dos valores dos parâmetros de qualidade da água observados e disponibilizados pela Superintendência de Desenvolvimento e Meio Ambiente da Paraíba (SUDEMA) para os rios Gramame, Abiaí e Graú;
2. Calcular o índice de qualidade da água de Bascarán (IQA_B) a partir dos dados de qualidade da água existentes para os rios considerados;
3. Analisar o comportamento do índice de qualidade da água de Bascarán (IQA_B) e a sua frequência.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O Art. 2, da Declaração Universal dos Direitos das Águas publicada pela ONU (1992), afirma que “a água é a seiva de nosso planeta. Ela é condição essencial de vida de todo vegetal, animal e ser humano. Sem ela não se pode conceber como seriam a atmosfera, o clima, a vegetação, a cultura ou a agricultura” sendo assim, é de suma importância e interesse do ser humano a manutenção e preservação desse recurso.

Segundo Bittencourt (2014), além de sua importância fundamental para a manutenção dos seres vivos, a água também atua como um solvente natural, fazendo a diluição e transporte de impurezas lançadas no meio ambiente. Sendo assim, para cada finalidade a qual a água é utilizada, existem padrões e normas a serem seguidas baseadas na qualidade da água disponível.

Ainda de acordo com a autora supracitada, a qualidade da água é resultado de condições naturais, como desgaste do leito de rochas ou deposição de poeira e sal pelo vento, bem como das atividades desenvolvidas na bacia hidrográfica ou no trecho do rio estudado. Porém, as atividades humanas interferem na composição da água de forma bem mais elevada do que os eventos naturais que envolvem o meio ambiente.

As ações antrópicas nas zonas costeiras brasileiras têm crescido em conjunto com o desenvolvimento urbano, portuário, turismo, setores industriais e agricultura (MMA, 2008). Diante disso, as modificações provocadas por ações antrópicas nos ambientes costeiros têm provocado um desequilíbrio ambiental ao longo dos anos (RUFINO, 2004).

A zona costeira do litoral sul do estado da Paraíba é caracterizada por apresentar paisagens diversificadas com a presença de elementos naturais e antrópicos que conferem a estes ambientes grande fragilidade e notável beleza cênica (SILVA et al., 2008).

O monitoramento da qualidade da água é feito através da análise de seus parâmetros regulamentadores. As coletas ocorrem para atender legislações nas esferas Municipal, Estadual e Federal, que também regem a frequência com que ocorrem as coletas e análises dos parâmetros. Dito isso, pode-se afirmar que é através desse monitoramento e análises dos parâmetros que é possível determinar tanto a qualidade das águas estudadas, seja na utilização de índices de qualidade de água (IQA, IQA_B), como o enquadramento através da Resolução CONAMA 357/2005 e também é possível analisar possíveis tendências espaciais e temporais desses parâmetros (BITTENCOURT, 2014).

Os parâmetros de qualidade da água traduzem as características físicas, químicas e biológicas da água para seus diversos tipos de usos da água, sendo o abastecimento público

prioritário. Dito isso, é notória a relação existente entre a qualidade da água, que é determinada por meio dos parâmetros de qualidade, e as suas diversas aplicações e usos (VON SPERLING, 1996).

Objetivando uma sintetização dos parâmetros físico-químicos da água, os IQAs surgem como ferramentas de gestão e planejamento, além de facilitarem a compreensão e diálogo, entre população e unidades gestoras, quanto à qualidade da água por elas utilizada.

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 o mesmo é calculado através de um valor percentual para cada parâmetro, exige uma análise cautelosa dos parâmetros estudados (RIZZI, 2001).

Os principais parâmetros físicos de qualidade da água objetos do presente estudo são: cor, condutividade elétrica, temperatura, turbidez e sólidos totais dissolvidos. Já com relação aos parâmetros químicos, destacam-se o pH, Oxigênio Dissolvido e DBO. E, por fim, com relação aos parâmetros biológicos, faz-se necessário destacar os coliformes fecais.

Tabela 1 – 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
Condutividade	4
Cor	2
DBO	3
Oxigênio Dissolvido	4
pH	1
Sólidos Totais Dissolvidos	2
Temperatura	1
Turbidez	4

Fonte: adaptado de Rizzi (2001).

Diante de todo o exposto, faz-se necessário a descrição de todos os parâmetros físicos, químicos e biológicos de qualidade da água importantes e utilizados no presente estudo. Para essa descrição foi utilizado como texto base o livro “*Introdução a Qualidade da Água e Tratamento de Esgotos*”, do Marcos Von Sperling, do ano de 1996 e o livro “*Tratamento de*

Água e Efluentes – Fundamentos de Saneamento Ambiental e Gestão de Recursos Hídricos”, da Cláudia Bittencourt e Maria Aparecida de Paula, de 2014.

Pelo método de Bascarán, é possível determinar o IQA através da utilização de diversos parâmetros, porém o mesmo também se mostra eficaz quando a falta de dados é um problema, sendo assim, na Tabela 1, abaixo, estão os parâmetros de interesse do presente estudo, bem como seus respectivos pesos, que posteriormente serão utilizados para o cálculo do IQA_B.

Cor: responsável pela coloração da água devido à decomposição da matéria orgânica, a cor não apresenta riscos diretos a saúde humana de maneira direta, porém, águas com níveis de cor elevada tendem a ser menos atrativas para a população, que podem optar por utilizar outras águas com potenciais riscos a saúde. Além disso, associados ao processo de diminuição da cor da água está a cloração, que em grandes quantidades pode gerar substâncias potencialmente cancerígenas.

Condutividade elétrica: mede a capacidade que a água tem de transmitir corrente elétrica e está associada à quantidade de sólidos dissolvidos totais, ou sais, presentes na água, uma vez que, quanto maior a quantidade de sólidos, maior será a condutividade.

Temperatura: mede a intensidade de calor na água e exerce influência sobre outros parâmetros como a viscosidade e a tensão superficial. A temperatura é alterada de acordo com a troca de calor, seja por radiação, condução ou convecção, entre a água, o solo e a atmosfera.

Dito isso, vale ressaltar que quanto maior for a temperatura de um corpo hídrico, maiores serão a taxa de ocorrência de reações físicas, químicas e biológicas na água. Além disso, a temperatura também influencia de forma direta no oxigênio dissolvido na água. E, por fim, variação de temperatura fora dos limites da tolerância térmica pode comprometer a sobrevivência de alguns organismos aquáticos.

Turbidez: mede o grau de interferência que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. A mesma resulta da presença de sólidos em suspensão na água. Esses sólidos, em sua maioria, são advindos da erosão e carreamento do solo em épocas de chuva. A turbidez elevada também pode ser resultado do despejo de compostos tóxicos de origem industrial ou esgotos na água.

Sólidos totais dissolvidos: mede o nível de minerais presentes na água provenientes de todas as substâncias orgânicas ou inorgânicas que podem estar na forma de molecular, ionizada ou microgranulares.

pH (Potencial Hidrogeniônico): representa a concentração de íons de Hidrogênio na água, indicando a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da mesma. O pH pode variar

de 0 a 14, ser potencializado por meio natural ou antrópico e é proveniente da presença de sólidos e gases dissolvidos na água.

Valores de pH baixos podem corroer tubulações e peças de abastecimento de água; pH alto pode provocar encrustações nessas tubulações; e pH longe da neutralidade pode comprometer a vida aquática e afetando a sobrevivência de peixes e microorganismos.

Oxigênio dissolvido (OD): proveniente da dissolução do oxigênio atmosférico, natural ou artificialmente, bem como da produção por parte de microorganismos fotossintéticos presentes na água, como algas e bactérias.

Os níveis de disponibilidade de OD num determinado corpo hídrico vai depender da quantidade de OD necessária para que as bactérias possam oxidar toda a matéria orgânica presente na água, bem como da quantidade que é introduzida nessa água das diversas formas supracitadas.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): representa a quantidade de oxigênio necessária para que toda a matéria orgânica presente na água seja oxidada pelas bactérias aeróbicas. Dessa forma, a DBO retrata de forma indireta a quantidade de matéria orgânica presente na água.

Valores muito altos de DBO geralmente estão relacionados com o despejo de esgotos não tratados nos corpos hídricos, e quanto maior for esse valor de DBO, menor será a quantidade de OD na água, provocando a mortandade de peixes e outros organismos aquáticos.

Coliformes Fecais: representa a presença de bactérias do grupo coliforme na água, uma vez que, a presença dessas bactérias detecta a contaminação da água por fezes humanas e/ou de animais. Sendo assim, ao detectar a presença as bactérias do grupo coliforme, consequentemente a presença de fezes na água, esse indicador possibilita a coexistência de organismos patogênicos na mesma.

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 foi estabelecido o Código das Águas, através do Decreto nº 24.643, que visava regularizar o uso da água para a geração de energia elétrica, bem como reduzia alguns tipos de uso e propriedade à água.

A Constituição Federal Brasileira também tem por objetivo, em alguns dos seus artigos, garantir 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 as futuras gerações” (BRASIL,1988).

Também pode ser destacada: 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. Os principais instrumentos de gestão utilizados por essa lei são a Outorga de Direito de Utilização da Água, cobrança pelo uso da água, enquadramento dos corpos hídricos e Sistemas de Informações sobre Recursos Hídricos e a Lei nº 9.984, de julho de 2000, que institui a criação da Agência Nacional das Águas – ANA; e a Portaria n.º 2.914, de 12 de dezembro de 2011 que dispõe sobre normas de potabilidade de água para o consumo humano.

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

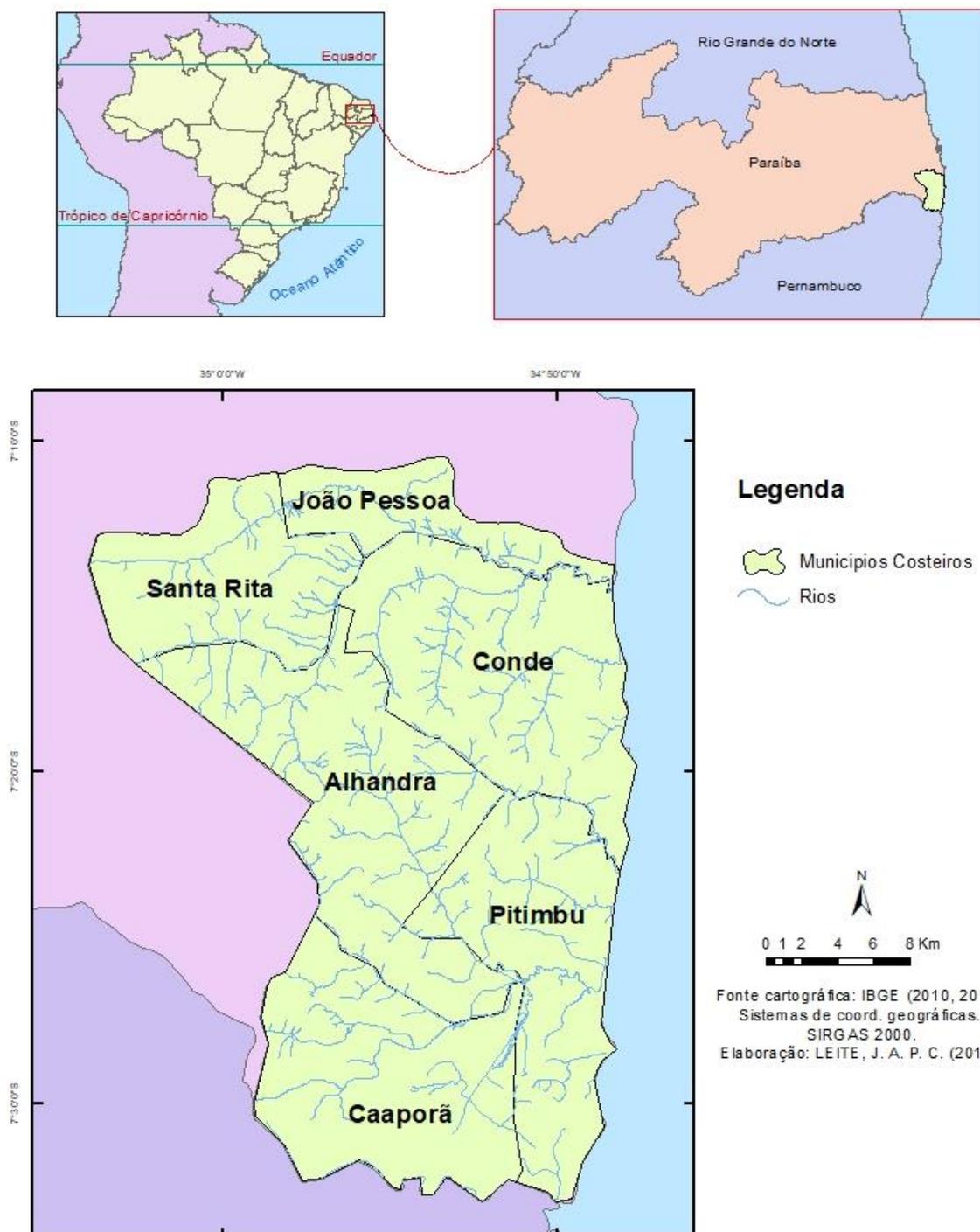
3 METODOLOGIA

3.1 Área de Estudo

A área de interesse objeto deste trabalho localiza-se na zona costeira Sul do estado da Paraíba, com coordenadas geográficas 7°10'25" Sul de latitude e 35°4'02" Oeste de longitude; e 7°33'00" Sul de latitude e 34°47'42" Oeste de longitude, totalizando 801, 45 km² de área. Dentre as várias formas de delimitação da zona costeira, utilizou-se o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro, que abrange os municípios de são: Conde, Alhandra, Caaporã, Pitimbu, além de uma pequena faixa ao sul do município de João Pessoa, bem como um trecho do município de Santa Rita (Figura 1).

Dito isso, afirma-se que as principais bacias hidrográficas inseridas nesta área são: uma parte da bacia do rio Gramame, a bacia do rio Abiaí e a Micro bacia do Rio Graú.

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo



3.2 Acervo de Dados

O banco de dados a ser utilizado no presente trabalho compreende aos dados do monitoramento mensal de qualidade da água que é realizado pela Superintendência de Desenvolvimento e Meio Ambiente (SUDEMA) na Paraíba.

O trabalho de monitoramento da SUDEMA teve início em 2004 e visa a medição de 10 parâmetros de qualidade de água, quais sejam: coliformes termotolerantes, condutividade, cor, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total, nitrogênio total, oxigênio dissolvido (OD), pH, salinidade, sólidos dissolvidos totais e temperatura, tornando viável o cálculo do IQA para os reservatórios por diferentes metodologias de análises. Para os rios, apenas os parâmetros nitrogênio e fósforo não são monitorados.

3.3 Índices de Qualidade da Água

O índice de qualidade da água utilizado neste trabalho é o IQA_B de Bascarán que é descrito pela Equação 1:

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

Na qual:

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, 2015).

Neste trabalho, a constante de ajuste “ k ” foi adotada como sendo igual a 1 para todos os cálculos do índice de Bascarán. Vale ressaltar que a metodologia de bascarán fornece uma categorização para a qualidade da água que variam, conforme pode ser observado na Tabela 2, de Muito ruim, para valores de IQA_B até 10, até uma categorização Excelente, com valores de IQA_B igual a 100.

Tabela 2: 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).

3.4 Construção da Curva de Permanência

A curva de permanência representa de modo gráfico a relação existente entre frequência e magnitude de ocorrência de um certo evento em um determinado intervalo de tempo.

Aplicando essa ferramenta agregada aos valores do IQA_B, a curva de permanência vai relacionar a magnitude e frequência com que um determinado valor de IQA_B é igualado ou superado. Desta forma, aplicada num determinado espaço temporal de valores, essa curva fornece a variabilidade do IQA 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 IQA₁ 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 2, conhecida pela fórmula de Kimball.

$$p_i = P(IQA > IQA_i) = \frac{i}{N+1} \quad (2)$$

4 RESULTADOS

Os resultados obtidos através do presente trabalho estão organizados de acordo com os rios estudados e os parâmetros que apresentaram uma maior representatividade no cálculo do

IQA_B . Além disso, também serão apresentados os valores calculados do IQA_B bem como a curva de permanência de cada ponto monitorado durante a série histórica compreendida entre 2006 e 2016.

Para o estudo, foram analisados cinco pontos, desses pontos, um está localizado no rio Graú (GR01), um ponto no rio Abiaí (AB01) e três pontos no rio Gramame, que são os pontos GR01, localizado a jusante do reservatório Gramame-Mamuaba e antes da contribuição do rio Mumbaba, o ponto GR04, localizado após a contribuição do rio Mumbaba e, por fim, o ponto GR07, localizado próximo ao mar, ou seja, no baixo curso do rio, conforme Figura 2.

Também foi levado em consideração o cálculo do IQA_B para as classes I, II e III da Resolução CONAMA N° 357/05 com relação as águas doces, utilizando os limites previstos na resolução para cada um dos parâmetros objeto deste estudo, com exceção da Temperatura e Condutividade, uma vez que não existem limites para esses dois parâmetros pela Resolução citada. A partir da obtenção desses dados, foi possível determinar a frequência com que o rio se enquadrava na sua classe.

O cálculo do IQA_B com base nos limites previstos para cada uma das classes foi executado para um melhor comparativo de como as séries históricas do IQA_B calculado se comportava, ou seja, foi possível observar a frequência com que cada ponto entrava em conformidade ou não com suas respectivas classes de rios. Além disso, o cálculo do IQA_B a partir dos limites regidos para cada parâmetro de qualidade da água torna possível analisar a rigorosidade da metodologia de Bascarán, conforme Tabela 3.

Tabela 3: Caracterização das classes regidas na Resolução 357/05 e correspondente IQA_B calculado.

Classe	IQAB	Caracterização
Classe I	73	Agradável
Classe II	55	Normal
Classe III	42	Imprópria

Fonte: autor (2018).

Figura 2: Localização dos pontos de monitoramento utilizados para o cálculo do IQA_B



4.1 RIO GRAÚ

O monitoramento da qualidade da água do Rio Graú é feito pela SUDEMA no ponto denominado GU01, que tem latitude 0301062 e longitude 9183011, na zona 25S, em coordenadas UTM.

De acordo com o enquadramento dos corpos d'água executado pela Agencia Executiva de Gestão das Águas – AESA tendo como base a resolução CONAMA 357/05, o Rio Graú é caracterizado como um rio de água doce classe III, ou seja, suas águas podem ser destinadas, além de outros usos, para o abastecimento humano (pós-tratamento convencional), irrigação de culturas, pesca amadora, recreação, dentre outros.

Fez-se um comparativo entre os valores os padrões de qualidade da água impostos pela Resolução N° CONAMA 357/05 e os valores máximos e mínimos dos parâmetros obtidos por meio do monitoramento realizado pela SUDEMA (Tabela 4). Vale salientar que os valores máximos e mínimos dos parâmetros estudados dispostos na Tabela 4 não são referentes a mesma data de coleta, mas de acordo com os valores mínimos e máximos dos parâmetros medidos ao longo da série histórica de dados.

Tabela 4: Parâmetros analisados para a qualidade da água, com valores máximos e mínimos e resolução para o rio Graú.

Parâmetro	Valores monitorados		CONAMA 357/05
	Mínimo	Máximo	
Coliformes (UFC/100 ml)	0	15000	4000
Condutividade (µS/cm)	740	56500	-
Cor (Pt/L)	0	150	75
DBO (mg/L)	0,1	8,8	10
OD (mg/L)	3,2	7,6	4*
pH	5,49	8,6	6 a 9
Sólidos Dissolvidos	505	46330	500
Temperatura (°C)	25	32	30
Turbidez (UNT)	0	73	100
Salinidade (ppt)	0,1	36,9	<0,5

* valor mínimo.

Fonte: autor (2018).

Pela Tabela 4, se observa que o único parâmetro que se comportou de acordo com o padrão exigido pela Resolução 357 do CONAMA foi a DBO. Esse fato o que demonstra uma

pequena concentração de matéria orgânica presente no corpo d'água, apresentando-se em conformidade com a Resolução.

Ainda com relação a Tabela 4, os sólidos dissolvidos merecem destaque por apresentarem valores mínimos acima do permitido pela Resolução 357. Esse dado pode acusar uma presença de minerais na água, podendo estar associados à matéria orgânica, bem como inorgânica.

Além disso, também há de se destacar valores da cor na ordem de duas vezes mais do que o limite máximo permitido pela Resolução para rios de classe III. Segundo a *American Public Health Association* - APHA (2012) a cor da água está bastante associado à presença de matéria orgânica na água, porém, a presença de algas, argila, ferro e manganês também podem contribuir para a ocorrência elevada desse parâmetro. Diante da análise da DBO, sólidos dissolvidos e cor, uma hipótese é que o Rio Graú apresenta significativa de material orgânico.

4.1.1 Índice de Qualidade da Água de Bascarán - IQA_B

Os valores dos parâmetros de qualidade da água medidos pela SUDEMA não se encontram disponibilizados de forma uniforme ao longo dos anos de medição. Observa-se uma boa regularidade entre os anos 2006 a 2010, ausência frequente de dados no ano de 2011, e frequência regular de medições a partir do ano de 2012.

Com relação aos valores do IQA_B calculado para toda a série histórica, notou-se uma variabilidade dos índices calculados ao longo da série de dados, uma vez que, os resultados obtidos para esse ponto variam, de acordo com a categorização de RIZZI (2012) disposta na Tabela 2 entre muito ruim, com valor mínimo do IQA_B igual a 25, até a categoria Agradável, com valor máximo do IQA_B igual a 73. Porém, há de se ressaltar que para a coleta de água que resultou no menor valor de IQA_B para o rio Graú não foi medido o valor da DBO que, conforme a Tabela 4, foi o único parâmetro que esteve sempre em conformidade com a Resolução CONAMA N° 357/05, diante desse fato e do peso que o parâmetro DBO tem para o cálculo do IQA_B (Tabela 1), esse pode ser um dos motivos que fizeram com que, nessa data, o IQA_B apresentou um valor tão baixo.

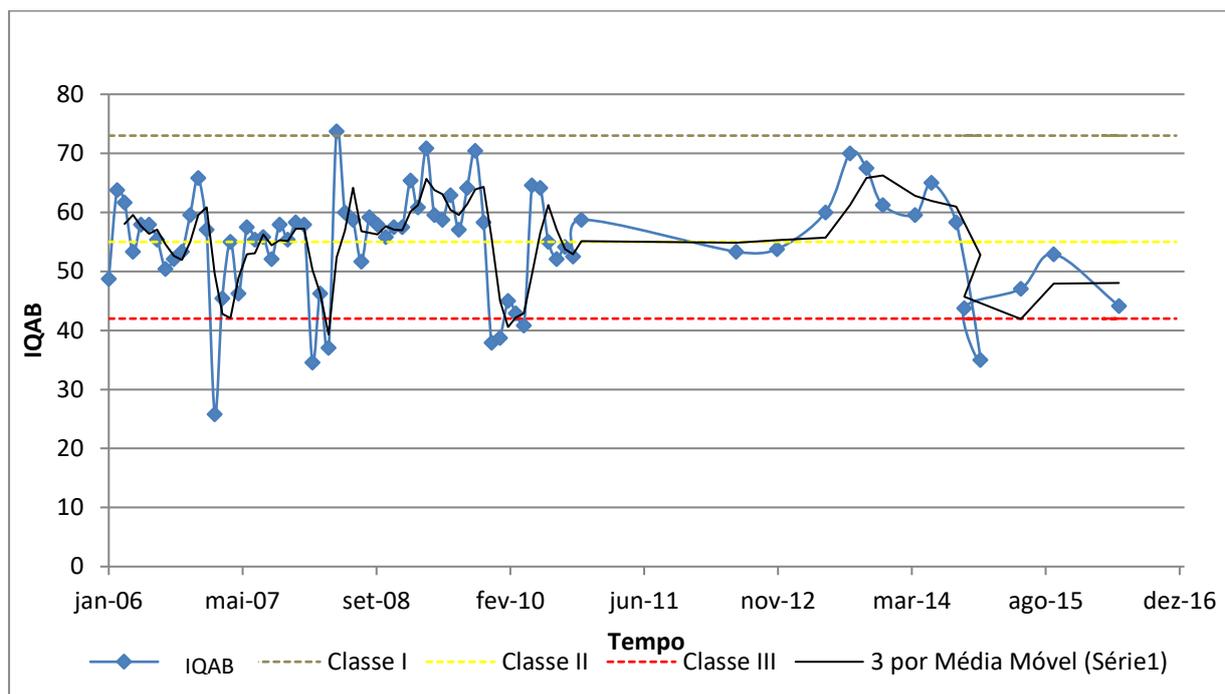
Por outro lado, em maio de 2008, foram obtidos valores de IQA_B iguais a 55,3, que ainda de acordo com Rizzi (2012) classifica o corpo d'água como agradável. O que se verificou na coleta da amostra foi à ausência de coliformes fecais na água, o que pode ter contribuído para esse resultado.

Pode ser observado na Figura 3, os valores máximos e mínimos do IQA_B para o rio Graú. Existem uma disparidade muito grande nos valores do índice ao longo do tempo. Tendo como exemplo as três amostras que apresentaram menor valor para o índice calculado, conforme Figura 3, para esse conjunto de valores mínimos houveram ausência na medição de algum parâmetro. Diante disso, um dos motivos que podem associar esses picos negativos no valor calculado do índice de Bascarán pode ser, além de falhas de medição, bem como a presença de matéria orgânica no ponto monitorado, a ausência da medição dos parâmetros utilizados no cálculo do IQA_B , que acarreta numa menor representatividade do índice estudado.

De forma análoga, a amostra referente a fevereiro de 2008 obteve um IQA_B igual a 34,5, e como os exemplos já citados, esse valor tão baixo pode estar associado à ausência da medição de alguns parâmetros de qualidade da água. Para essa amostra, não foram medidos os valores de DBO e de Coliformes.

Fazendo uma análise com base na média móvel na ordem dos 3 pontos mais próximos para a Figura 3, visando diminuir a influência dos picos, para que fosse possível analisar a variação do IQA_B ao longo da série de dados, percebeu-se que, mesmo diminuindo a influência desses pontos de pico, uma vez que a média móvel tem esse propósito de suavizar a curva, ainda foi notório o quanto esses picos deslocam a curva em curtos períodos de tempo, porém, quando levado em consideração todo o período de análise dos dados, constatou-se pequenas variações dos valores de IQA_B .

Vale ressaltar que apenas 9% dos valores obtidos no cálculo do IQA_B não se enquadraram, tomando como base a Tabela 3, como sendo classe III, classe a qual o rio Graú é enquadrado no seu ponto GU01, isso significa que 91% da amostra obtiveram valores de IQA_B iguais ou maiores que 42, entrando em conformidade com a Resolução CONAMA N° 357/05.

Figura 3: Variação do IQA_B ao longo do tempo para o rio Graú

Um ponto a ser destacado numa análise geral da Figura 3 é que, apesar do ponto GU01 ser classificado como Classe III pela Resolução CONAMA357/05, ou seja, ser a classe de águas doces menos exigente com relação aos parâmetros de qualidade da água, ainda houve a ocorrência, mesmo que em pequena porcentagem, de valores do IQA_B abaixo dessa classe, o que escancara a desatenção dos órgãos ambientais competentes com relação a fiscalização ambiental com relação as reais condições da água do rio Graú.

Também pode ser observado na Figura 3 que houve uma tendência negativa dos valores do IQA_B ao longo do tempo para o rio Graú, ou seja, a qualidade da água no rio vem piorando com o tempo, e esse dado pode ser reflexo da ausência de medidas que visem a recuperação da qualidade da água ou a redução na emissão de matéria orgânica no rio.

4.1.2 Curva de Permanência

Aplicando ao IQA_B a curva de permanência representa, em percentual, a frequência com que um determinado valor de IQA_B calculado foi igualado ou excedido a uma determinada categorização para a qualidade da água ao longo do tempo compreendido entre 2006 e 2016.

Diante disso, foi observado para o rio Graú, após a elaboração de sua curva de permanência (Figura 4), que os valores de IQA_B variaram entre ruim até a condição agradável. Sendo que a condição agradável foi atingida e/ou superada por apenas 5% da amostra, a grande

maioria dos resultados, cerca de 54% da série histórica apresentaram condição normal para a qualidade da água pelo método de Bascarán.

Seguindo a caracterização proposta por RIZZI (2012) disposta na Tabela 2, cerca de 21,2% dos resultados analisados apresentaram uma qualidade da água aceitável. Outros 12,3% dos valores apresentam condição imprópria para a qualidade da água. Além desses, 6,25% da amostra apresentou uma condição desagradável. E, por fim, apenas uma amostra, ou 1,25% do total, apresentou qualidade da água ruim. A Figura 4 traz a construção da curva de permanência para o Rio Graú ao longo da série histórica analisada no ponto GU01, além disso, a Tabela 5 traz uma síntese dos valores obtidos pela análise da curva de permanência.

Dito isso, o que se nota a partir da análise dos resultados obtidos para o Rio Graú é que a qualidade da água pode estar comprometida, visto que apenas 5% dos valores foram classificados como agradável segundo os critérios de Bascarán, ou seja, em 95% da amostra analisada, a qualidade da água para o ponto GU01 no rio Graú apresentaram valores, de acordo com a caracterização de RIZZI (2012) (Tabela 2) abaixo de valores agradáveis.

Figura 4: Curva de Permanência do Rio Graú

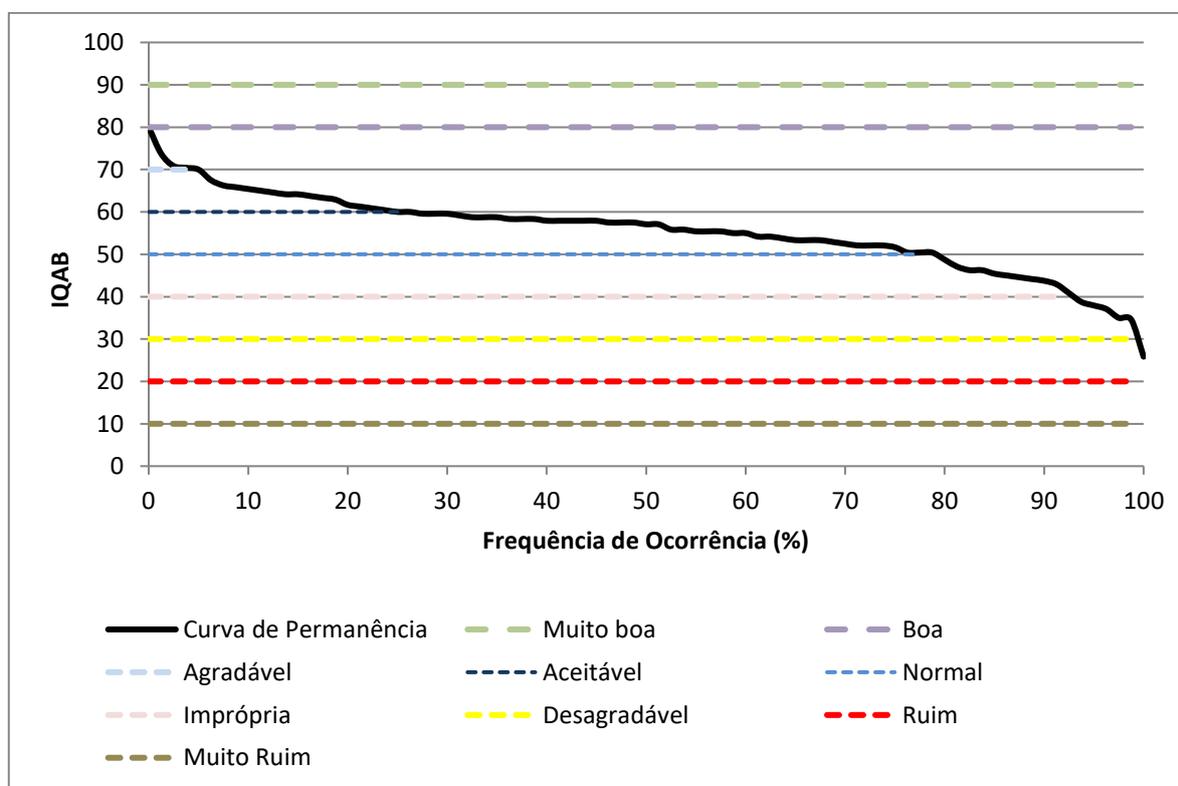


Tabela 5: Qualidade da água e frequência de ocorrência para o Rio Graú.

Qualidade	Frequência (%)
Muito Boa	0,0
Boa	0,0
Agradável	5,0
Aceitável	21,25
Normal	54,0
Imprópria	12,3
Desagradável	6,25
Ruim	1,25
Muito Ruim	0

Fonte: autor (2018).

4.2 RIO ABIAÍ

Os parâmetros de qualidade da água do rio Abiaí analisados pela SUDEMA são de amostras coletadas em três pontos distintos. No presente trabalho apenas o ponto AB01, que é enquadrado pela AESA, com base na resolução CONAMA 357/05 como um trecho do rio de água doce e classificado como Classe III. Em coordenadas UTM, o ponto AB01 possui latitude 293856 e longitude 9178198, na zona 25S.

Dito isso, fez-se necessário a análise de cada parâmetro individualmente com base nos seus valores máximos e mínimos, para entender como esses parâmetros podem influenciar tanto no cálculo do IQA_B, como também para fazer um comparativo da medição dos parâmetros com o que é regido pela Resolução CONAMA N° 357/05 para essa classe de rio, conforme Tabela 6.

Tabela 6: Parâmetros analisados para a qualidade da água, com valores máximos e mínimos e limites máximos estabelecidos pela Resolução para o rio Abiaí.

Parâmetro	Valores monitorados		CONAMA 357/05
	Mínimo	Máximo	
Coliformes (UFC/100 ml)	0	970	4000
Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	72	19990	-
Cor (Pt/L)	0	118	75
DBO (mg/L)	0	6,8	10
OD (mg/L)	0,4	5,5	4*
pH	5,98	8,23	6 a 9
Sólidos Dissolvidos	58	16392	500
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	25	30	25
Turbidez (UNT)	0,09	30	100
Salinidade (ppt)	0	6,2	<0,5

* valor mínimo.

Fonte: autor (2018).

Como pode ser observado o rio Abiaí apresentou, nas medições feitas pela SUDEMA ao longo de toda a série histórica, alguns valores mínimos e máximos dos parâmetros de qualidade da água fora do que é estabelecido pela norma.

Vale destacar o Oxigênio dissolvido, com valor mínimo observado em abril de 2006, porém ao longo de toda a série histórica várias amostras apresentaram valores de OD abaixo do estabelecido pela Resolução. Segundo Marcone (2007) o OD é o principal parâmetro para caracterizar efeitos de poluição causados por lançamento de matéria orgânica nos corpos d'água.

Outros parâmetros que apresentaram valores em desacordo com a Resolução foram os sólidos dissolvidos e a cor. As disparidades encontradas nos três parâmetros citados poderiam estar relacionadas à presença de matéria orgânica na água, porém, com a análise dos valores de DBO, nota-se que seus valores são muito baixos para que se possa fazer esse tipo de afirmação.

4.2.1 Índice de Qualidade da Água de Bascarán - IQA_B

Os valores do IQA_B apresentaram, conforme Figura 5, uma variabilidade muito grande a partir do ano de 2007, com índices na ordem de 88, em novembro de 2006, para 26 em janeiro do ano seguinte. Em outras palavras, a qualidade da água do rio Abiaí cai, segundo a

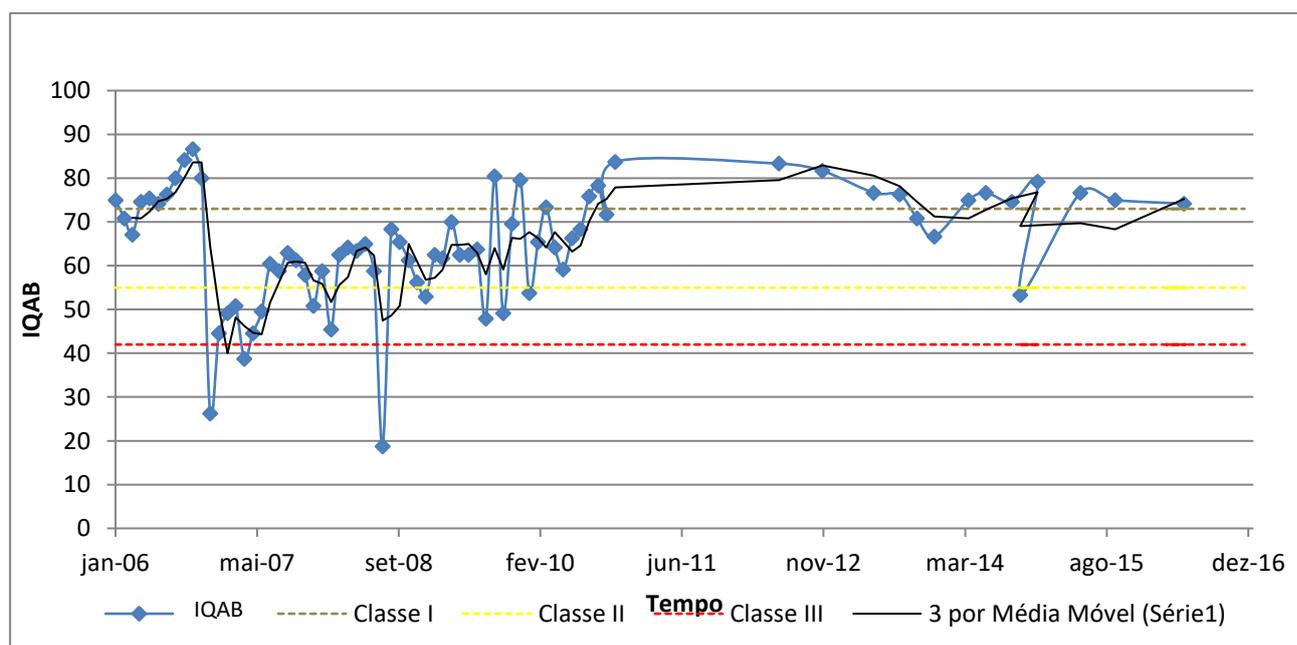
metodologia de Rizzi (2002) disposta na Tabela 2, de uma condição boa no ano de 2006 para uma condição ruim no início de 2007.

Ainda pela Figura 5, se destaca que após essa queda brusca na qualidade da água do rio Abiaí, o comportamento do restante da série foi melhorando com o passar do tempo, chegando, no ano de 2016 com uma classificação de aceitável.

Há de se questionar os motivos que levaram o ano de 2007 e final de 2008 apresentarem valores para o índice de Bascarán tão baixos. A partir da análise da média móvel das três datas de coletas mais próximas, é observado o mesmo comportamento, ou seja, a série de dados tem duas quedas bruscas na sua qualidade da água e que depois foi sendo reestabelecida de forma bastante suave. Não se vislumbra motivos que seriam plausíveis para as amostras nos meses janeiro de 2007 e novembro de 2008 que explicariam esses valores singulares, uma vez que não são observados empreendimentos poluidores a montante nem centros urbanos que pudessem contribuir com esgotos domésticos.

De toda a amostra analisada no ponto AB01 do rio Abiaí, apenas 4%, ou 3 amostras, não se enquadraram na Classe III para os valores de IQA_B calculados, ou seja, 96% da amostra obteve valores de IQA_B acima de 42. Também pode ser observado na Figura 3 que hou uma tendência negativa bastante suave ao longo de toda a série de índices calculados, uma vez que, em janeiro de 2006 o valor do IQA_B foi de 75 e termina o ano de 2016 com valor na ordem de 70.

Figura 5: Variação do IQA_B no rio Abiaí ao longo da série histórica para o rio Abiaí



4.2.2 Curva de permanência

Com base na análise da curva de permanência para os dados obtidos do IQA_B, o que pode ser observado é uma variação da qualidade da água entre uma condição muito ruim até aceitável. Porém, a grande frequência de ocorrência dos dados concentrou-se entre normal e imprópria.

Em termos de porcentagem, com base na Figura 6, foi observado que apenas 11,4% da amostra apresentaram uma condição de qualidade da água, pelo método de Bascarán (Tabela 2), boa. Outros 33,0% da amostra apresentaram uma condição agradável de qualidade de água.

Dando continuidade a análise, uma parcela muito grande da amostra analisada, 29,1%, apresentou uma qualidade da água aceitável. Outros 13,9% apresentaram uma classificação normal para a qualidade da água, enquanto que apenas 9,9% apresentou uma qualidade da água imprópria. Uma amostra, ou 1,26% dos dados se caracterizou como sendo desagradável. Por fim, outra amostra (1,26%) foi categorizada como sendo ruim, conforme Figura 6.

Com base na leitura da Figura 6 foi possível fazer uma síntese dos dados observados na curva de permanência do ponto AB01 do rio Abiaí, essa síntese está disposta na Tabela 7.

Figura 6: Curva de permanência do Rio Abiaí – Ponto AB01

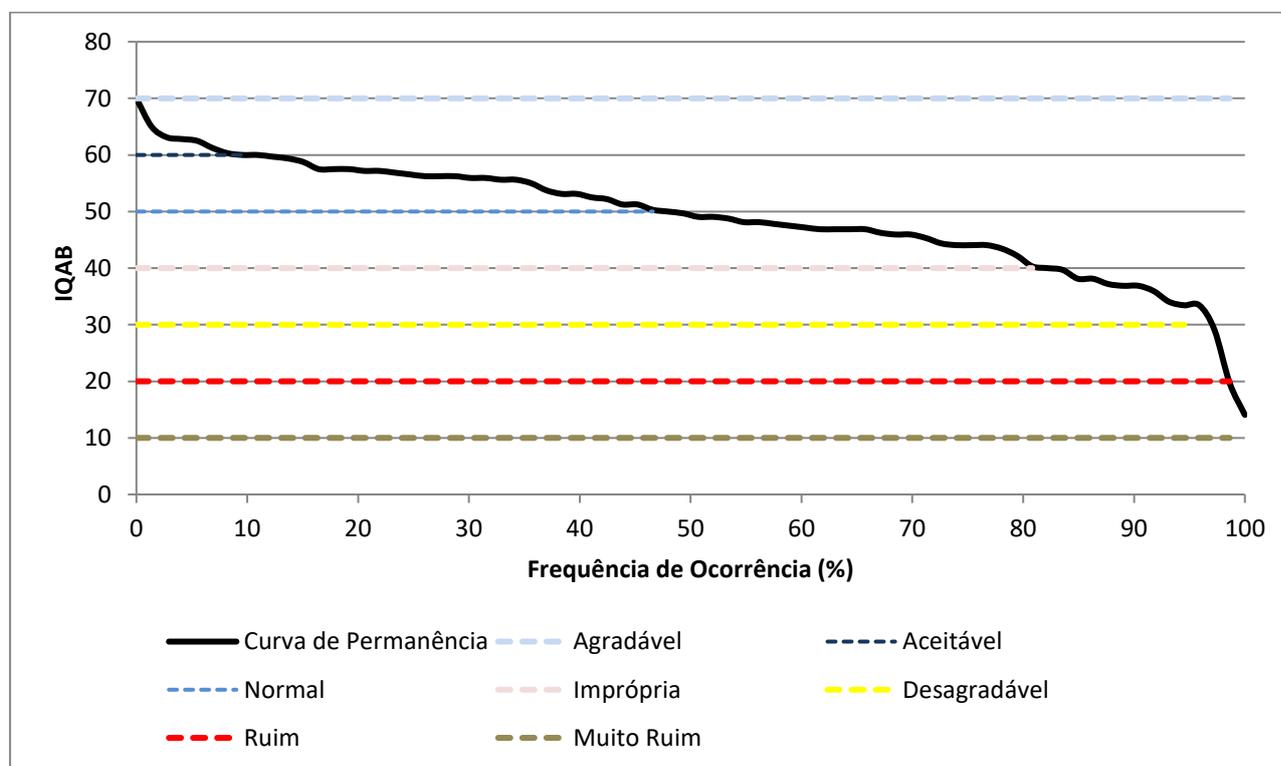


Tabela 7: Qualidade da água e frequência de ocorrência para o Rio Abiaí.

Qualidade	Frequência (%)
Muito Boa	0,0
Boa	11,4
Agradável	33,0
Aceitável	29,11
Normal	13,9
Imprópria	9,9
Desagradável	1,26
Ruim	1,26
Muito Ruim	0

Fonte: autor (2018).

4.3 RIO GRAMAME

Devido a sua extensão e importância, existem alguns pontos de monitoramento da qualidade da água realizado pela SUDEMA. Neste trabalho foram observados três pontos de monitoramento denominados GR01, GR04 e GR07. Dito isso, a análise dos dados obtidos foi feito ponto a ponto.

4.3.1 Ponto GR01

O ponto GR01 tem, em UTM, latitude 288320 e longitude 9201695 e é enquadrado como Classe II, foi observada uma adequação dos valores dos parâmetros de qualidade da água monitorados com os que são regidos para esse tipo de classe de rio.

Como pode ser observado na Tabela 8, houve discrepâncias na medição de alguns parâmetros, como por exemplo, a DBO, a cor e o oxigênio dissolvido, que apresentaram valores de medições distante do estabelecido pela Resolução, porém, na grande maioria da amostra os parâmetros se enquadraram dentro do que rege a resolução CONAMA 357/05 para rios Classe II.

Também pode ser observada na mesma Tabela 8 que os parâmetros que apresentaram essas discrepâncias são os que comprovam a presença de matéria orgânica no ponto monitorado, e é a partir desses dados é que se torna possível afirmar a presença de material orgânico nesse ponto do rio Gramame.

Tabela 8: Parâmetros analisados para a qualidade da água, com valores máximos e mínimos e limites da Resolução para o rio Gramame, ponto GR01.

Parâmetro	Valores monitorados		CONAMA 357/05
	Mínimo	Máximo	
Coliformes (UFC/100 ml)	0	23000	1000
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	39	175	-
Cor (Pt/L)	13	2016	75
DBO (mg/L)	0	37	5
OD (mg/L)	1	7,8	5*
pH	6,67	7,75	6 a 9
Sólidos Dissolvidos	27	133	500
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	24	30	25
Turbidez (UNT)	4	89,9	100
Salinidade (ppt)	0	0	<0,5

* valor mínimo.

Fonte: autor (2018).

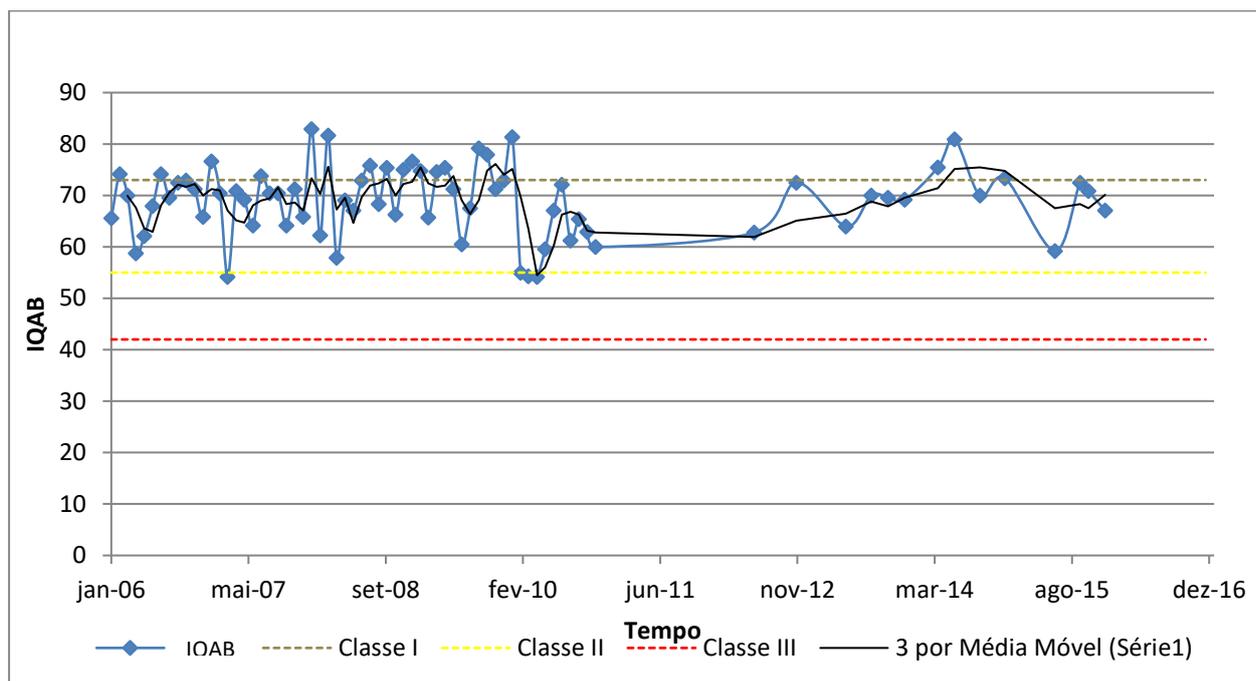
4.3.1.1 Índice de Qualidade da Água de Bascarán - IQA_B ponto GR01

A partir do cálculo e análise do IQA_B para o ponto GR01, foi observadas durante toda a série histórica variações dos valores obtidos. Como pode ser observado na Figura 7, também não houveram pontos de pico na série de valores calculados para o índice de Bascarán.

Os valores do IQA_B obtidos classificaram o ponto GR01 do rio Gramame entre uma qualidade da água normal e boa, ou seja, a qualidade da água nesse ponto vai de encontro com a análise feita a partir da Tabela 8, uma vez que, tanto na Figura 7, bem como na tabela citada, a tendência ou a amostra de dados demonstra uma conformidade com a Resolução CONAMA N° 357/05 tanto na análise dos parâmetros de qualidade da água, bem como na análise do índice de Bascarán.

Dito isso, a Figura 7 traz os valores calculados do IQA_B para o ponto GR01 do rio Gramame, onde é possível observar um valor mínimo do IQA_B em torno de 53 e valor máximo de aproximadamente 82.

Figura 7: Variação do IQA_B ao longo da série histórica para o ponto GR01 do rio Gramame



Ainda com relação a Figura 7, é de se destacar o comportamento da série de dados do IQA_B com relação a sua uniformidade. Observou-se que as variações ocorridas nesse ponto foram bastante suaves, além disso, é de se destacar que quase 98% dos dados obtidos para o ponto GR01 se enquadraram, em comparativo com a Tabela 2, como sendo de Classe II.

4.3.1.2 Curva de permanência para o ponto GR01

Como já dito, houve uma pequena variação do IQA_B ao longo da série histórica, dessa forma, a curva de permanência para o mesmo ponto estudado apresentou uma curva bastante suave. Em dados e seguindo a categorização da Tabela 2, 6,8% da amostra foi classificada como boa, a maior parte do IQA_B para o ponto GR01 calculado, 52%, foi classificada como aceitável, outros 38,3% foram classificadas como sendo aceitável e, por fim, 1,4% foi classificada como normal, conforme Figura 8. A Tabela 9 traz a síntese dessas porcentagens observadas.

Figura 8: Curva de permanência para o ponto GR01 do Rio Gramame

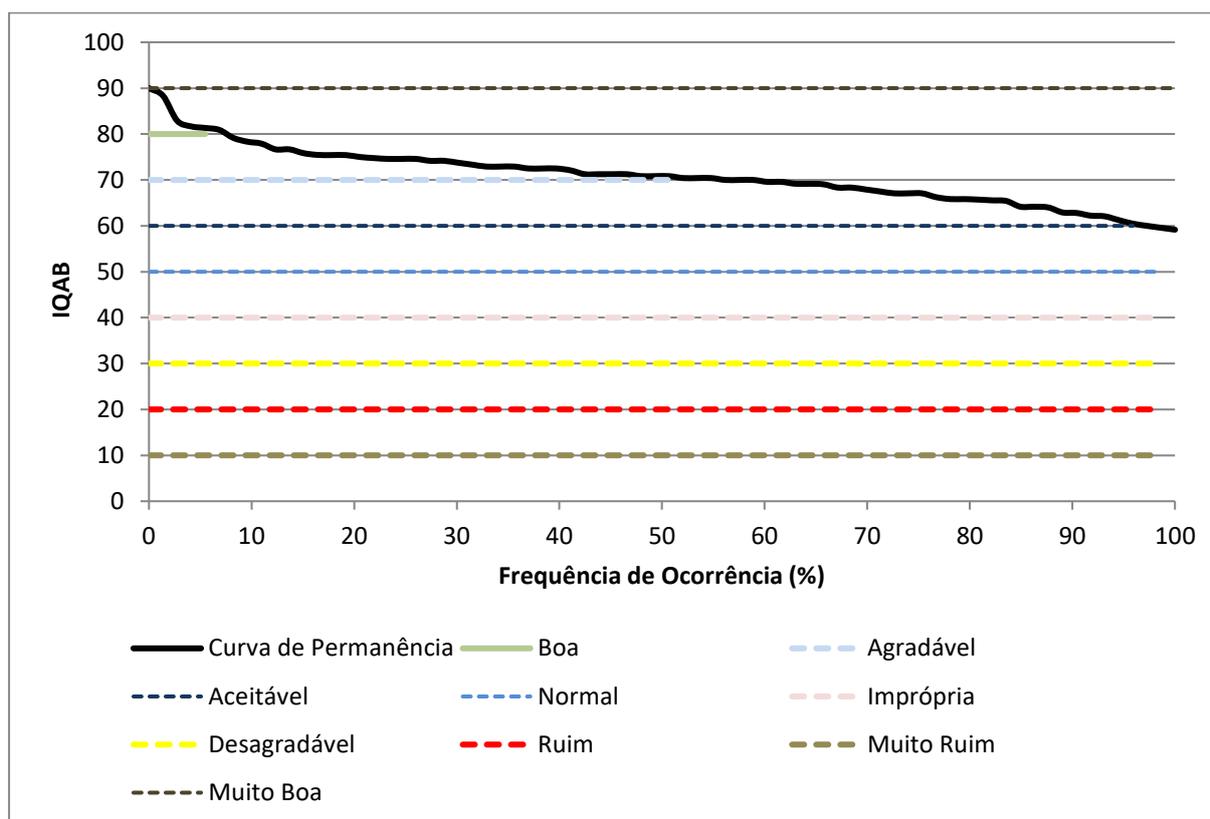


Tabela 9: Qualidade da água e frequência de ocorrência para o ponto GR01 do Rio Gramame.

Qualidade	Frequência (%)
Muito boa	0,0
Boa	6,8
Agradável	52,0
Aceitável	38,35
Normal	1,4
Imprópria	0,0
Desagradável	0
Ruim	0
Muito ruim	0

Fonte: autor (2018).

Fazendo o comparativo entre a Tabela 9 e a Figura 8, o que se observa é justamente essa pequena variabilidade da qualidade da água no ponto GR01, visto que, em toda a série de dados analisadas foram caracterizadas para o presente rio apenas três classificações.

Esse dado pode ser interpretado como sendo o resultado da ausência de ações antrópicas nesse ponto do rio ou despejo de carga orgânica em quantidades que não resultassem em alterações tão significativas na qualidade da água no ponto analisado.

4.3.2 Ponto GR04

O ponto GR04, que tem latitude 292555 e longitude 9201682, na zona 25, em coordenadas UTM, é enquadrado como sendo de Classe III. Esse ponto torna-se interessante pela sua localização, uma vez que a coleta nesse local é feita a jusante do rio Mumbaba, que por sua vez recebe contribuição do riacho Mussuré. O riacho Mussuré recebe uma grande carga de poluentes, principalmente pelo setor industrial as margens do mesmo. Sendo assim, o ponto GR04 no rio Gramame acaba sendo influenciado pelas cargas provenientes do riacho Mussuré e rio Mumbaba.

Na análise ao longo da série, disposta na Tabela 10, verificou-se que os valores de oxigênio dissolvido apresentaram valores bem abaixo do mínimo previsto na Resolução, aqui vale ressaltar que esses valores baixos para o OD foram bastante frequentes durante toda a série de dados e esse dado pode ser justificado pela presença de carga orgânica nesse corpo hídrico. Outro parâmetro que pode confirmar essa presença de carga orgânica nesse ponto é a cor, que apresentou valores de até 192 Pt/l quando o limite para essa classe de rio é de, no máximo, 75 Pt/l.

Tabela 10: Parâmetros analisados para a qualidade da água, com valores máximos e mínimos e resolução para o rio Gramame, ponto GR04.

Parâmetro	Valores monitorados		CONAMA 357/05
	Mínimo	Máximo	
Coliformes (UFC/100 ml)	0	9200	4000
Condutividade (µS/cm)	138	545	-
Cor (Pt/L)	25	192	75
DBO (mg/L)	0.1	5.2	10
OD (mg/L)	0.6	9.8	4*
pH	5.7	7.3	6 a 9
Sólidos Dissolvidos	83	509	500
Temperatura (°C)	26	30	30
Turbidez (UNT)	0	63	100
Salinidade (ppt)	0	0	<0,5

* valor mínimo.

Fonte: autor (2018).

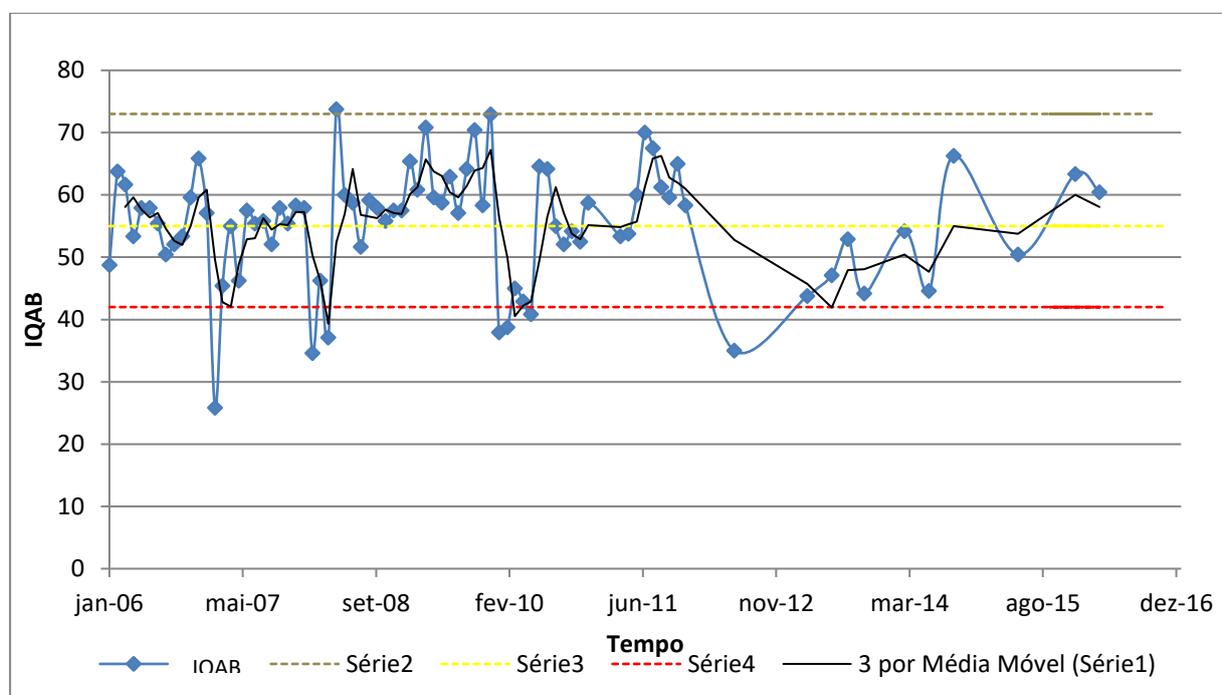
4.3.2.1 Índice de Qualidade da Água de Bascarán - IQA_B ponto GR04

Apesar da hipótese com relação a presença de carga orgânica no ponto GR04 possa conter, o que foi observado na análise do IQA_B em toda a série histórica, conforme a Figura 9, foi um enquadramento, em mais de 91% da amostra, do rio na Classe III.

O que também pode ser observado na Figura 9 é que a variação do IQA_B, pela metodologia de Bascarán, variou entre imprópria e agradável, apresentando valor mínimo para o IQA_B igual a 25,8 e máximo na ordem de 73,7. Ainda de acordo com a mesma figura, é notória a presença de alguns pontos de picos que, como já dito nas outras análises, não se pode afirmar o motivo, uma vez que esse tipo de comportamento pode estar associado a erros na hora da medição dos parâmetros, bem como a presença de matéria orgânica em altas concentrações no ponto no momento da coleta.

Também pode ser observado na mesma Figura 9 uma queda brusca da qualidade da água no ponto GR04 a partir do ano de julho de 2011 e uma recuperação lenta durante o restante da série de dados disponíveis.

Figura 9: Variação do IQA_B ao longo da série histórica para o ponto GR04 do rio Gramame



4.3.2.2 Curva de permanência do ponto GR04

Como já mencionado, as variações ocorridas com relação ao IQA_B durante toda a série história tiveram variações, de acordo com a caracterização de Bascarán, entre imprópria e agradável. De acordo com a Figura 10, 6,25% da amostra se qualificou como sendo agradável, outros 21,25% foram caracterizados com condição aceitável para a qualidade da água; 51,25% se classificaram como sendo normal; 13,75% da amostra analisada se configurou como sendo imprópria; 6,25% da amostra se classificou como desagradável; e um valor de IQA_B calculado, ou 1,25% da amostra foi classificada como ruim.

Figura 10: Curva de permanência para o ponto GR04 do Rio Gramame

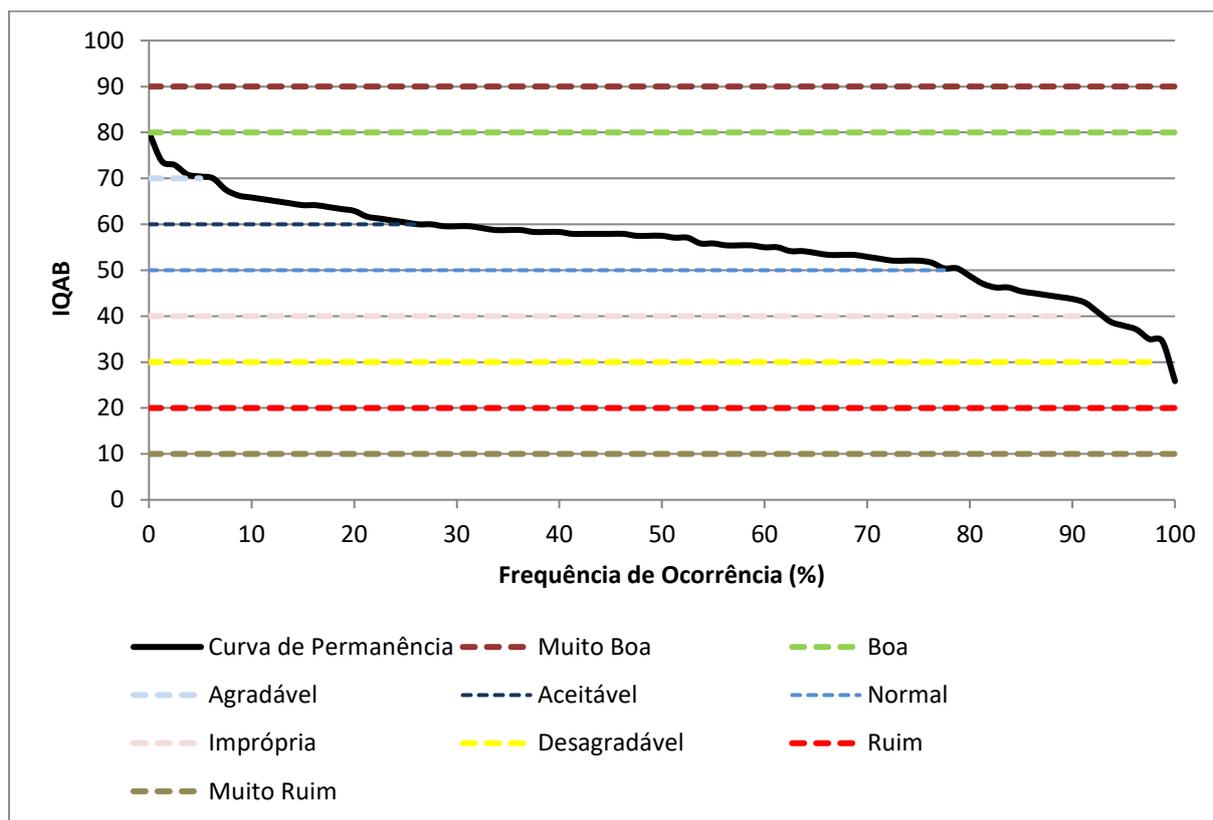


Tabela 11: Qualidade da água e frequência de ocorrência para o ponto GR04 do Rio Gramame.

Qualidade	Frequência (%)
Muito boa	0,00
Boa	0,00
Agradável	6,25
Aceitável	21,25
Normal	51,25
Imprópria	13,75
Desagradável	6,25
Ruim	1,25
Muito ruim	0,00

Fonte: autor (2018).

4.3.3 Ponto GR07

O ponto GR07, enquadrado como um corpo d'água classe III tem, em coordenadas UTM, latitude 300612 e longitude 9199631, na zona 25S, apresentou uma grande quantidade de amostras fora do rege a resolução para esse tipo de corpo hídrico.

Alguns parâmetros que merecem destaque são os coliformes fecais, por exemplo, que só apresentaram valores fora do rege a classe III em duas amostras analisadas; a cor também foi um parâmetro que se comportou mais próximo do que é estabelecido, bem como a DBO e o oxigênio dissolvido.

Já com relação aos sólidos totais, temperatura e turbidez o que se observou foi um número muito grande de amostras que se enquadraram fora dos padrões. A Tabela 10 traz a análise dos parâmetros medidos com seus valores máximos e mínimos, bem como os limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05.

Tabela 12: Parâmetros analisados para a qualidade da água, com valores máximos e mínimos e resolução para o rio Gramame, ponto GR01.

Parâmetro	Valores monitorados		CONAMA 357/05
	Mínimo	Máximo	
Coliformes (UFC/100 ml)	0	10000	4000
Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	145	54700	-
Cor (Pt/L)	5	110	75
DBO (mg/L)	0,1	5,4	10
OD (mg/L)	0,4	15	4*
pH	6,1	8,3	6 a 9
Sólidos Dissolvidos	99	49500	500
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	25	39	30
Turbidez (UNT)	0,1	4150	100
Salinidade (ppt)	0,5	35,7	<0,5

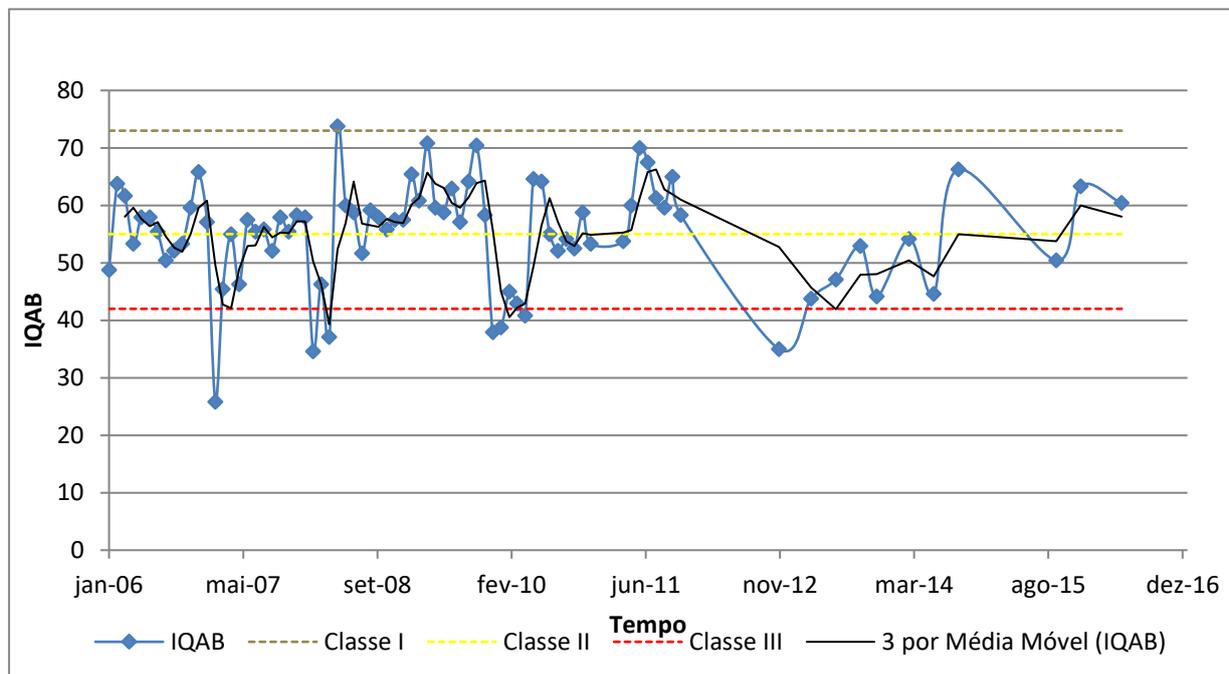
* valor mínimo.

Fonte: autor (2018).

4.3.3.1 Índice de Qualidade da Água de Bascarán - IQA_B ponto GR07

Os valores do IQA_B calculados para o ponto GR07, Figura 11, apresentaram algumas variações bem como pontos de pico, além disso, os resultados variaram dentro de três classificações propostas na Tabela 2, variando entre imprópria agradável. A grande maioria dos valores se enquadraram na categoria normal. Também foram observados alguns pontos de picos na série histórica, tanto positivos quanto negativos.

O valor mínimo calculado para o IQA_B foi de 25,8, datado de 2007, enquanto que o máximo, com valor de 74, foi observado em 2008. Toda a variação do IQA_B ao longo da série histórica de dados está contida na Figura 11.

Figura 11: Variação do IQA_B ao longo da série histórica para o ponto GR07 do rio Gramame

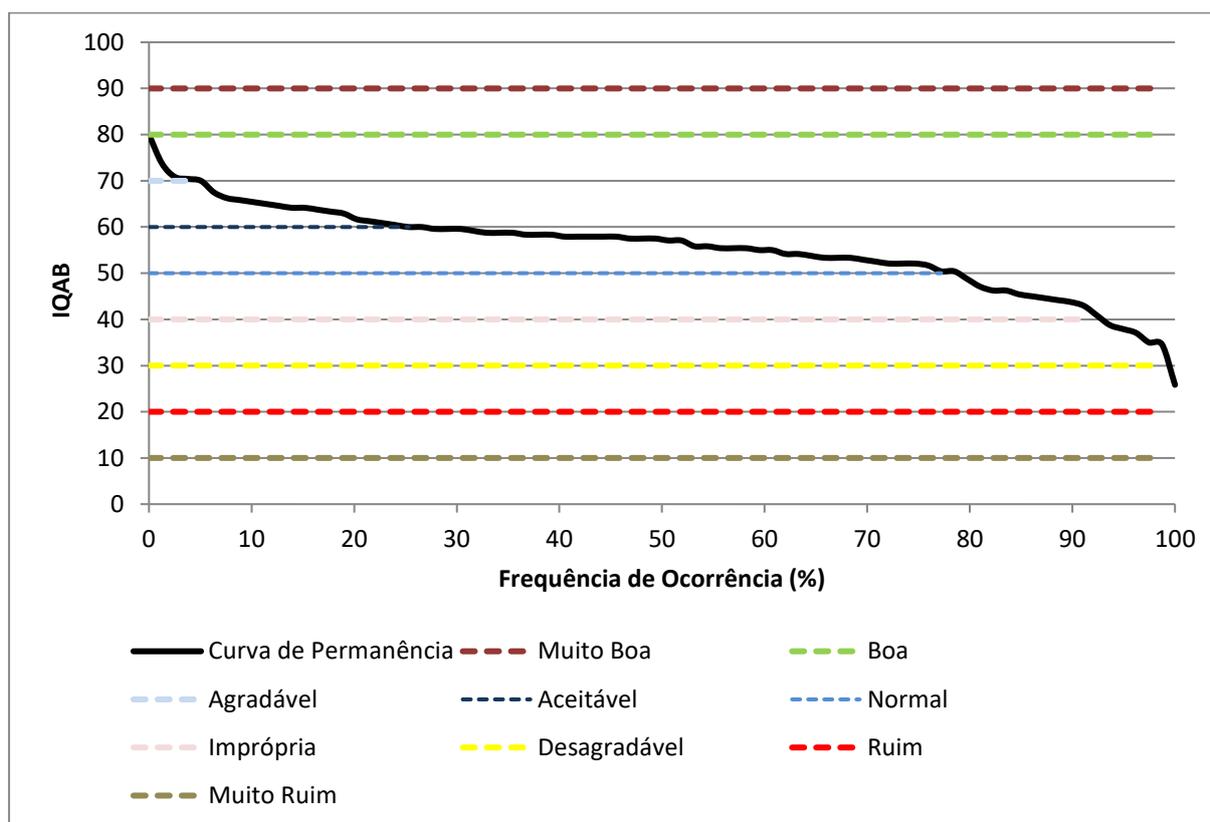
4.3.3.2 Curva de permanência do ponto GR07

Com relação a curva de permanência do ponto GR07, observou-se uma variação da caracterização da água do ponto GR07, com relação a metodologia de Bascarán, entre ruim e aceitável, porém, essa condição de aceitável só foi atingida em um ponto de pico, considerando a variação dos valores do IQA_B com relação à média móvel, a caracterização do ponto GR07 ficou entre ruim e normal.

A partir da análise da curva de permanência gerada para o ponto GR07, observou-se que 5% da amostra foi caracterizada como sendo agradável; outros 21% foi considerada aceitável; a grande maioria dos resultados, ou 54,3%, foram caracterizados como sendo normal; outros 13,8% foram consideradas imprópria; 5% foi considerada desagradável e, por fim, 1,25% da amostra analisada teve sua qualidade da água considerada ruim.

Considerando que o ponto GR07 é classificado como Classe III e possui, segundo Tabela 2, o IQA_B esperado para essa classe de rio é de no mínimo 42, verificou-se que aproximadamente 91% da amostra obteve IQA_B igual ou superior ao mínimo estabelecido para sua classe de água.

Figura 12: Curva de permanência para o ponto GR07 do Rio Gramame

**Tabela 13:** Qualidade da água e frequência de ocorrência para o ponto GR07 do Rio Gramame.

Qualidade	Frequência (%)
Muito boa	0,00
Boa	0,00
Agradável	5,00
Aceitável	21,00
Normal	54,30
Imprópria	13,80
Desagradável	5,00
Ruim	1,25
Muito ruim	0,00

Fonte: autor (2018).

Com base em toda a análise dos cinco pontos referentes aos rios Graú, Abiaí e Gramame, foi observado que, a partir de dezembro de 2010, a coleta da água para a análise da qualidade da mesma, realizada pela SUDEMA, passou a ocorrer com menos frequência, uma vez que, a

partir do ano de 2011 houve a falta de periodicidade com relação as coletas, chegando a anos, como o caso do ano de 2016, que só foi realizada uma coleta.

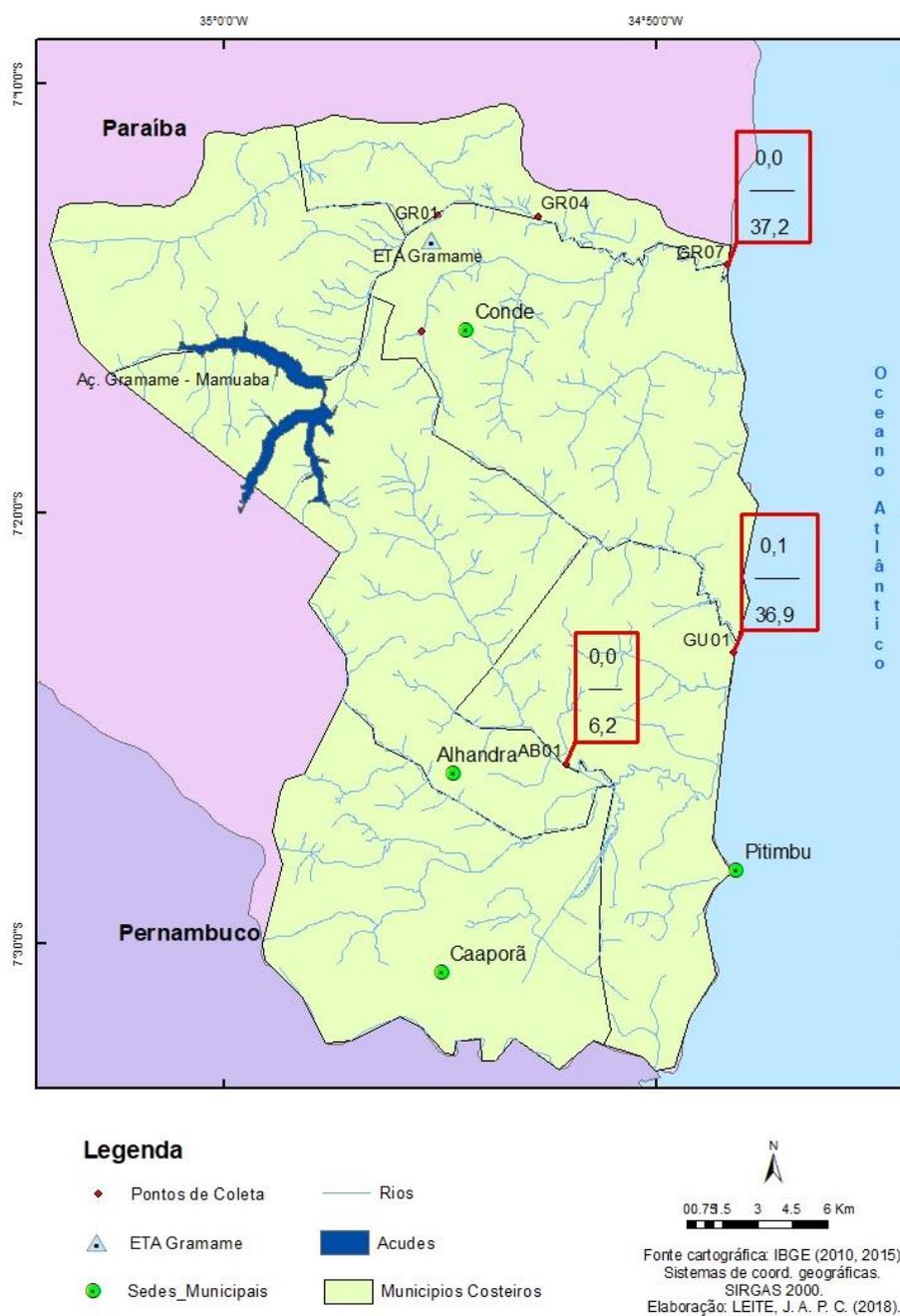
Essa ausência de periodicidade na coleta da água justifica a forma como os gráficos referentes à análise do IQA_B ao longo do tempo tiveram uma concentração menos de pontos a partir de 2011, justificando a espacialidade existente entre os mesmos.

4.4 SALINIDADE

A salinidade é outro parâmetro medido pela SUDEMA, diante disso, foi observado salinidade somente nos pontos AB01, GU01 e GR07, isso pode ser justificado pela proximidade de tais pontos com relação ao mar. Além disso, verificou-se que a salinidade nesses pontos, em varias amostras, ultrapassou os limites pré-estabelecidos no enquadramento dos corpos d'água, que para águas doces não pode ultrapassar o limite de 0,5 ppm. No entanto, há evidente inadequação metodológica na definição das classes dos rios, uma vez que a resolução CONAMA 357/05 prevê classificações referentes a Águas Salobras e Águas Salinas, com salinidade sempre acima de 0,5 ppm.

O rio Abiaí, no seu ponto monitorado, apresentou valor de 0,0 de salinidade e máximo de 6,2 datado de setembro de 2011; No rio Graú, no ponto GU01, foi encontrado o valor mínimo de 0,1 em maio de 2008 e máximo igual a 36,9 em dezembro de 2006 e, por fim, no rio Gramame, no mês de março de 2008, foi verificada uma salinidade na ordem de 37,2 ppm, conforme Figura 13.

Figura 13: Localização dos pontos monitorados e salinidade



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com relação aos valores dos parâmetros de qualidade da água realizados pela SUDEMA, foi observado que, nas séries históricas de dados analisados, a frequência com que tais parâmetros entraram em não conformidade com a resolução CONAMA 357/05 foi significativa, uma vez que, diante desse cenário, abre-se o questionamento para dois pontos importantes descritos nos parágrafos seguintes.

O primeiro é com relação aos motivos que contribuíram e contribuem para que esses parâmetros ultrapassem os seus limites pré-estabelecidos, uma vez que, os mesmos forneceram dados suficientes para que fosse possível afirmar a existência de lançamentos contínuos de matéria orgânica nos rios Gramame, Abiaí e Graú. Consequente a esse lançamento, têm-se todos os problemas ambientais, como desequilíbrio dos ecossistemas, perda da qualidade da água, aumento das doenças de veiculação hídrica e perda de vida na fauna e flora aquática.

Dito isso, outro ponto que pode ser elencado é a eficiência da fiscalização e comprimento da legislação ambiental na zona costeira Sul da Paraíba, uma vez que, confirmado os lançamentos de carga orgânica, compromete-se a qualidade da água para seus diversos usos, porém, como não foi verificada nas séries históricas uma tendência positiva com relação aos parâmetros.

Foi verificada ainda a falta de periodicidade das coletas realizadas pela SUDEMA, uma vez que, a partir de 2011 as coletas não foram mais realizadas mensalmente, além disso, a frequência de coleta de amostras de água não foi rigorosamente, observando-se até ano sem coleta, como o caso de 2011, e anos com três ou quatro medições.

Não obstante a isso, outro problema encontrado foi, além da ausência das coletas, a ausência de medições de alguns parâmetros que dificultam a análise dos dados sobre a real condição dos pontos estudados, inviabilizando até a aplicação com índices de qualidade da água, como IQA da CETESB.

Com os resultados obtidos a partir da análise do IQA_B durante a série histórica compreendida entre janeiro de 2006 e dezembro de 2016, foi comprovada oscilações de valores obtidos em todos os rios, além disso, foram encontrados momentos de picos, positivos e negativos, que não puderam ser justificados, uma vez que esses picos podem estar relacionados com falha na medição, bem como introdução de componentes poluentes que influenciasssem nos parâmetros e consequentemente no IQA_B calculado.

A metodologia de Bascarán, que configura o cálculo do IQA_B , mostrou-se bastante flexível com relação à disponibilidade de dados existentes, além disso, o trabalho com os índices fornece uma informação mais confortável e mais fácil de ser entendida, porém, é de se questionar até que ponto a ausência de dados pode fornecer, através do IQA_B , as reais condições de um corpo hídrico, uma vez que, quanto menor o número de parâmetros utilizados no cálculo do IQA_B , mais cada um desses parâmetros vai influenciar no valor final.

Outro dado importante na análise dos resultados obtidos foi a construção de curvas de permanência com base nos valores calculados do IQA_B e suas respectivas frequências de ocorrência e excedência. Esse dado é importante, pois fornece a porcentagem com que a série histórica de dados estudados se enquadrou nas categorias da metodologia de Bascarán. Também foi através da construção das curvas de permanência que se obteve a frequência com que os pontos estudados entraram em não conformidade com a resolução CONAMA 357/05.

Através da análise das curvas de permanência foi possível constatar que na grande maioria dos valores calculados para cada um dos pontos, o IQA_B se enquadrou nos seus respectivos valores para as classes dos rios.

Os valores do IQA_B calculados, em geral se apresentaram em categorias não favoráveis. Diante disso, questiona-se a confiabilidade da informação sobre a qualidade da água, uma vez que, os índices calculados fornecem uma grande quantidade de valores de parâmetros em não conformidade com suas classes pré-estabelecidas. Porém, no cálculo dos valores do IQA_B , e conseqüente sintetização dos dados dos parâmetros, houve atendimento as classes de enquadramento na grande maioria dos resultados calculados.

Ficou evidenciada a necessidade de se revisar a metodologia de enquadramento dos cursos d'água à luz da resolução CONAMA 357/05 uma vez que, o enquadramento vigente no estado da Paraíba não contempla todas as referências da resolução, principalmente em relação as classes Águas Salobras e Águas Salinas.

REFERÊNCIAS

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. <http://dx.doi.org/10.20873/uft.2359-3652.2017v4n2p112>.

APHA. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**, 22th Ed. Washington, 2012.

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

BRASIL. ANA - Agência 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. Decreto Nº 24.643, de 10 de julho de 1934. **Código de Águas**. Brasília, 1934.

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. 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.

BRASIL. 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.

BRASIL. 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.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Macrodiagnóstico da zona costeira e marinha do Brasil**. Brasília, Brasil. 2008.

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>).

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-aguas01.pdf/02.pdf/03.pdf>> Acesso em: 21 de abril de 2018.

CUNHA, Davi Gasparini Fernandes; CALIJURI, Maria do Carmo; MENDIONDO, Eduardo Mario. Integração entre curvas de permanência de quantidade e qualidade da água como uma ferramenta para a gestão eficiente dos recursos hídricos. **SciELO**, São Carlos (sp), v. 17, n. 4, p.369-376, dez. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v17n4/v17n4a03.pdf>>. Acesso em: 17 maio 2018.

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.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 4. ed. Campinas: Átomo & Alínea, 2016.

MARCONE, Glauciene Paula de Souza. **Implementação de ponderação baseada em IQAs na análise exploratória (HCA e PCA) para estudos de qualidade de água**. 2007. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2007. Disponível em: <<http://www.quimica.ufpb.br/ppgq/contents/documentos/teses-e>

dissertacoes/dissertacoes/2006/Dissertacao_Glauciene_P_S_Marcone.pdf>. Acesso em: 17 maio 2018.

MOLOZZI, Joseline; PINHEIRO, Adilson; SILVA, Marcos Rivail da. Qualidade da água em diferentes estádios de desenvolvimento do arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 41, n. 9, p.1393-1398, set. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2006000900007>.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Água para consumo humano**. Relatório do desenvolvimento humano 2006. Capítulo 2. Nova York: ONU; 2006.

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.

PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS. Disponível em: <<http://www.oocities.org/wwwweibull/Param.htm>>. Acesso em: 9 mai 2018.

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

RUFINO, I. A., GALVÃO, C. O, REGO, J. C., ALBUQUERQUE, J. P., & SRINIVASAN, V. **S. Rebaixamento Do Lençol Freático Como Alternativa De Gestão Para Áreas Urbanas Em Planícies Costeiras**. In: VII Simpósio De Recursos Hídricos Do Nordeste. 2004, São Luiz, Anais do VII Simpósio De Recursos Hídricos Do Nordeste. 2004.

SILVA, T. C. Diagnóstico e Hierarquização de Problemas de Drenagem Urbana da Zona Costeira Sul Do Estado da Paraíba. **Eng. Sanitária e Ambiental**, Vol.13 - Nº 2 - abr/jun 2008, 144-152. 2008.

SILVA-NETO. **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. 2015.

SORENSEN, J. MCCRARY, S. Institutional Arrangements for Managing Coastal Resources and Environments. (C. M. Publications, Ed.) Washington, DC, U.S.A.: 194p. No. 1. NPS/US AID Series, National Park Service, Office of International Affairs. 1990.

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 Prodepa, Fortaleza, v. 8, n. 1, p.26-45, abr. 2014.

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.