

UFPA

PPGEC

Universidade Federal do Pará



Rodrigo Silvano Silva Rodrigues

**Correlação entre Índice de Qualidade da
Água e usos múltiplos na bacia
hidrográfica do igarapé da Prata, Capitão
Poço/PA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Instituto de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Dissertação orientada pelo Prof. Dr. Lindemberg Lima Fernandes

Belém – Pará – Brasil

2018

Rodrigo Silvano Silva Rodrigues

**CORRELAÇÃO ENTRE ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA E USOS
MÚLTIPLOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ DA PRATA,
CAPITÃO POÇO/PA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, na área de concentração em Engenharia Hídrica, linha de Pesquisa em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Lindemberg Lima Fernandes.

BELÉM/PA
2018

Rodrigo Silvano Silva Rodrigues

**CORRELAÇÃO ENTRE ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA E USOS
MÚLTIPLOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ DA PRATA,
CAPITÃO POÇO/PA**

Data da Defesa: 06/02/2018.

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA:

Professor Dr. Lindemberg Lima Fernandes (Orientador)
Universidade Federal do Pará

Professora Dra. Érika da Justa Teixeira Rocha
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará

Professora Dra. Luiza Carla Girard Mendes Teixeira
Universidade Federal do Pará

Professora Dra. Germana Menescal Bittencourt
Universidade Federal do Pará

BELÉM/PA
2018

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistemas de Biblioteca da UFPA**

Rodrigues, Rodrigo Silvano Silva, 1988-

Correlação entre índice de qualidade da água e usos múltiplos na bacia hidrográfica do igarapé da Prata, Capitão Poço/PA/ Rodrigo Silvano Silva Rodrigues.- 2018.

Orientador: Lindemberg Lima Fernandes

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belém, 2018.

1. Água- Qualidade 2. Controle de qualidade da água- Capitão Poço (PA) 3. Gestão ambiental I. Título

CDD 22.ed.628.161

À Deus, pelo dom da vida.

À minha esposa, Flávia, por segurar forte minha mão e me apoiar em todos os
momentos.

Aos meus pais, por todo apoio, carinho, paciência e amor.

A todos que acreditam no meu trabalho.

AGRADECIMENTOS

Glória a Deus! Sem Ele nada seria possível. Ele capacita, fortalece, sustenta. Ele liga caminhos distintos, de pessoas diferentes, possibilitando que grandes coisas aconteçam. Obrigado por tudo, Senhor! E a Nossa Senhora, Mãe e Rainha, que muito ouviu minhas orações e por mim intercedeu.

Agradeço imensamente a minha esposa, Flávia. Pelo companheirismo, amor, reciprocidade e aconselhamento dado em todos os momentos dessa jornada. Aos meus pais, José e Fátima, por estarem ao meu lado incondicionalmente.

Acredito que as relações de trabalho criem laços fortes de confiança e respeito, de onde surgem grandes amizades. Agradeço ao meu orientador, professor Lindemberg Fernandes, por todas as oportunidades que me ofereceu, pela parceria em nosso trabalho, cumplicidade e apoio até nos assuntos fora da orientação. Obrigado por acreditar na minha capacidade. Espero ter correspondido as expectativas.

Do mesmo modo agradeço à professora Germana Bittencourt e ao professor Francisco Pessoa, pelas oportunidades oferecidas, pela confiança no meu trabalho, por toda disponibilidade.

Falando em equipe de trabalho, como não falar dos meus parceiros Artur Abreu e Diêgo Crispim. Dois anos muito produtivos, de muito aprendizado, de conhecimento compartilhado, de ajuda mútua. Obrigado, parceiros.

Jamais posso deixar de agradecer os companheiros de projeto de pesquisa, Raimunda Silva e Igor Campos. Obrigado pela disponibilidade e parceria. Parabéns pelo grande trabalho que vocês desempenham. Do mesmo modo, agradeço aos professores Cláudio Blanco pela excelente coordenação deste projeto, e Luiza Girard por todo suporte disponibilizado e atenção ao desenvolvimento de nosso trabalho.

À minha amiga e anjo da guarda, Kely Lobo, obrigado por estar ao meu lado, cuidando, se preocupando em fazer todo o possível para que eu pudesse seguir em frente da melhor maneira possível. Aos meus amigos de infância, Rodrigo Lobato, Enio Imbeloni e Izadora Alexandrino, parte da minha família, sempre ao meu lado em todos os momentos querendo o melhor para minha vida.

Aos alunos do curso de graduação de Eng. Ferroviária e Logística pelos momentos em sala de aula, pelo respeito que me trataram e pelas experiências e conhecimentos compartilhados. Às orientandas de TCC do curso de graduação de Eng. Sanitária e Ambiental, obrigado pela oportunidade de compartilhar conhecimento. Espero ter contribuído com a formação profissional de todos vocês.

Não posso deixar de agradecer a todos os colegas de pós-graduação. Pessoas que se encontraram na busca por um objetivo maior, lutando por desenvolvimento pessoal, pelo desenvolvimento acadêmico e por pesquisas e ensino da melhor qualidade em nosso país.

Aos amigos da vida esportiva, obrigado pelo apoio e pelos importantes momentos de descontração.

À CAPES, que financiou minha bolsa e colabora constantemente no desenvolvimento técnico-científico do nosso país.

RESUMO

Indicadores de qualidade das águas são ferramentas importantes para o resumo e geração de bases sólidas sobre a degradação dos recursos hídricos. O Índice de Qualidade das Águas da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (IQA-CETESB) é o principal índice de qualidade da água utilizado no Brasil. Na relação entre qualidade e degradação hídrica em bacias de drenagem é comum se associar os usos múltiplos do solo e da água. Este trabalho correlaciona o IQA-CETESB aos usos múltiplos da água e do solo, em três pontos de coletas na bacia hidrográfica do igarapé da Prata, localizada no município de Capitão Poço/PA, cerca de 154 km a leste de Belém/PA. Trata-se de uma área rural no nordeste paraense com intensas atividades agropecuárias. Realizou-se dezoito campanhas, com vinte e três coletas, sendo doze no período chuvoso e onze no período menos chuvoso. O índice foi calculado a partir da análise de seus nove parâmetros: turbidez, OD, DBO, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total, pH, temperatura e coliformes termotolerantes. A estatística descritiva foi aplicada para sintetizar os dados obtidos. A morfometria das áreas de drenagem dos pontos de coletas foi analisada a fim de compreender a influência destas características físicas sobre a quantidade e a qualidade hídrica. O uso e cobertura do solo foi mapeado com auxílio de ferramentas de georreferenciamento. A associação entre os resultados de IQA-CETESB e os usos múltiplos se deu por meio da verificação das variáveis com maiores influências ao valor obtido para o índice. Com base no IQA-CETESB, a qualidade da água na bacia do igarapé da Prata oscila entre a classificação Regular e Boa. Os valores obtidos em sua maioria não apresentaram variações significativas para os diferentes períodos (chuvoso e menos chuvoso). A estatística descritiva mostrou-se eficiente para a análise dos resultados obtidos de IQA-CETESB. A análise morfométrica das áreas de drenagem mostrou que a forma e a topografia não são fatores impactantes sobre a quantidade e qualidade hídrica na bacia. O mapeamento do uso e cobertura do solo, e das atividades relacionadas aos usos múltiplos da água, mostrou-se eficiente como auxílio na visualização da dinâmica local. As variáveis que mais influenciaram para os resultados obtidos foram coliformes termotolerantes, pH, OD, DBO e fósforo total, com representatividade associada aos três pontos de coletas estudados. As principais fontes de poluição levantadas pelo mapeamento estão fortemente relacionadas aos resultados obtidos. Devem ser estabelecidas metas para melhoria da qualidade e medidas mitigadoras com o intuito de reduzir a degradação hídrica local.

Palavras Chaves: Monitoramento ambiental. Qualidade das águas. IQA.

ABSTRACT

Water quality indicators are important tools for the summary and generation of solid foundations about water resources degradation. The Water Quality Index of the Environmental Company of the State of São Paulo (WQI-CETESB) is the main water quality index used in Brazil. In relation between water quality and degradation in drainage basins, it is common to associate multiple uses of soil and water. This research correlates the WQI-CETESB to multiple uses of water and soil at three collection sites in the Prata catchment, located in the municipality of Capitão Poço / PA, about 154 km east of Belém / PA. It is a rural area in northeast Pará with intense agricultural activities. It was carried out eighteen campaigns with twenty-three collections, being that are twelve ones in the rainy season and eleven ones in the less rainy season. The index was calculated from the analysis of its nine parameters: turbidity, dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD), total nitrogen, total phosphorus, total solids, pH, temperature and thermotolerant coliforms. The descriptive statistics was applied to synthesize the obtained data. The morphometry of the drainage areas of the collection sites was analyzed in order to understand the influence of these physical characteristics on the water quantity and quality. Soil use and coverage were mapped using georeferencing tools. The association between WQI-CETESB results and multiple uses was verified by checking the variables with the greatest influence on the value obtained for the index. Based on the WQI-CETESB, the water quality in the Prata catchment ranges between the categories Fair and Good. The values obtained in the majority did not present significant variations for the different periods (rainy and less rainy). The descriptive statistics proved to be efficient for the analysis of the results obtained from WQI-CETESB. The morphometric analysis of the drainage areas showed that the shape and the topography are not factors that impact the water quantity and quality in the catchment. The mapping of soil use and coverage and activities related to multiple uses of water, showed to be efficient as an aid in the visualization of local dynamics. The variables that most influenced the results were thermotolerant coliforms, pH, DO, BOD and total phosphorus, with representativeness associated to the three collection sites studied. The main sources of pollution raised by the mapping are strongly related to the results obtained. Targets for quality improvement and mitigation measures should be established with the aim of reducing local water degradation.

Keywords: Environmental monitoring. Water quality. WQI.

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1. Classificação das águas doces em função dos usos preponderantes.	22
Quadro 2. Classes de Qualidade da água Doce e seus usos preponderantes.	23
Quadro 3. Categorização de índices de qualidade da água.	30
Quadro 4. Conceito principal e características entre alguns dos índices de qualidade da água mais utilizados.	31
Quadro 5. Classificação da qualidade da água em rios da Amazônia Legal.	34
Quadro 6. Coordenadas geográficas dos pontos de coleta na bacia hidrográfica do igarapé da Prata.	42
Quadro 7. Definição de cada classificação da qualidade da água de acordo com a metodologia do IQA.	49
Quadro 8. Variação da faixa de classificação do IQA-CETESB por critérios estaduais no Brasil.	50
Quadro 9. Parâmetros morfométricos calculados.	54
Quadro 10. Campanhas de coleta de água realizadas na bacia hidrográfica do igarapé da Prata.	60
Quadro 11. Valores de IQA-CETESB calculados para os três pontos de coletas na bacia hidrográfica do igarapé da Prata.	61
Quadro 12. Estatística descritiva dos dados observados para o Ponto de Coleta 1, considerando o período completo (geral) e a sazonalidade (chuvoso e menos chuvoso).	62
Quadro 13. Estatística descritiva dos dados observados para o Ponto de Coleta 2, considerando o período completo (geral) e a sazonalidade (chuvoso e menos chuvoso).	63
Quadro 14. Estatística descritiva dos dados observados para o Ponto de Coleta 3, considerando o período completo (geral) e a sazonalidade (chuvoso e menos chuvoso).	64
Quadro 15. Valores de Resultado IQA Inverso para cada variável para o Ponto de Coleta 1 em todo o período de estudo.	76
Quadro 16. Representatividade dos valores de Resultado IQA Inverso para cada variável para o Ponto de Coleta 1 em todo o período de estudo.	77
Quadro 17. Valores de Resultado IQA Inverso para cada variável para o Ponto de Coleta 2 em todo o período de estudo.	78
Quadro 18. Representatividade dos valores de Resultado IQA Inverso para cada variável para o Ponto de Coleta 2 em todo o período de estudo.	79
Quadro 19. Valores de Resultado IQA Inverso para cada variável para o Ponto de Coleta 3 em todo o período de estudo.	80
Quadro 20. Representatividade dos valores de Resultado IQA Inverso para cada variável para o Ponto de Coleta 3 em todo o período de estudo.	81
Tabela 1. Parâmetros, unidades e pesos relativos de cada variável do IQA CETESB.	47
Tabela 2. Classificação padrão do IQA-CETESB.	49
Tabela 3. Maiores valores possíveis ao se calcular o IQA-CETESB, conforme as conversões de qi pelas curvas médias de variação de qualidade das águas.	58
Tabela 4. Informações morfométricas das áreas de drenagem dos pontos de coletas na bacia hidrográfica do igarapé da Prata.	66

Tabela 5. Quantificação das áreas de uso e cobertura do solo nas áreas de drenagem dos pontos de coletas na bacia hidrográfica do igarapé da Prata..... 67

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do igarapé da Prata.....	37
Figura 2. Localização dos pontos de coletas na bacia hidrográfica do igarapé da Prata.	42
Figura 3. Fluxograma do processo metodológico.	43
Figura 4. Curvas médias de variação de qualidade das águas.	48
Figura 5. Delimitação dos pontos de coletas na bacia hidrográfica do igarapé da Prata.	65
Figura 6. Uso e cobertura do solo nas áreas de drenagem dos pontos de coletas na bacia hidrográfica do igarapé da Prata.....	67
Figura 7. Grande plantação de maracujá na área de drenagem do Ponto de Coleta 1.....	68
Figura 8. Grande área de cultivo destinada à produção de frutas cítricas.	68
Figura 9. Imagem de satélite da concentração de edificações às margens do curso d'água na área de drenagem do Ponto de Coleta 1.	69
Figura 10. Barramento construído na nascente do curso d'água principal.....	69
Figura 11. Barramento construído com ensacadeiras.....	70
Figura 12. Movimentação do gado em áreas de pastagem.....	70
Figura 13. Piscicultura na área de drenagem do Ponto de Coleta 2.	71
Figura 14. Barramento para criação de um balneário.....	71
Figura 15. Escavação e barramento para represar água para atividades domésticas.	71
Figura 16. Piscicultura na área de drenagem do Ponto de Coleta 3.	72
Figura 17. Resíduos sólidos descartados a céu aberto.....	72
Figura 18. Descarte a céu aberto de resíduos perigosos (frascos de vacina contra febre aftosa).....	73
Figura 19. Trecho com regularização do curso d'água.	73
Figura 20. Escavação para acumulo de água às margens do curso d'água na área de drenagem do Ponto de Coleta 3.	73
Figura 21. Estrada pavimentada com terra, areia e seixo.	74
Figura 22. Curso d'água durante uma chuva intensa.	75

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Água
BCWQI	Índice de Qualidade da Água da Colúmbia Britânica
CCME WQI	Índice Canadense de Qualidade Da Água
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CT	Coliformes Termotolerantes
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
Dd	Densidade de Drenagem
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FA	Fator de Forma
FAPESPA	Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas
FWQI	Índice de Qualidade da Água do Fluxo da Flórida
GESA	Grupo de Estudos em Gerenciamento de Águas e Reuso de Efluentes
GPS	<i>Global Position System</i>
IAP	Índice de Qualidade Das Águas Brutas para fins de Abastecimento Público
IB	Índice de Balneabilidade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Ic	Índice de Circularidade
ICB	Índice da Comunidade Bentônica
ICF	Índice da Comunidade Fitoplanctônica
IET	Índice De Estado Trófico
Ir	Índice de Rugosidade
IVA	Índice De Qualidade Das Águas para Proteção da Vida Aquática e de Comunidades Aquáticas
IQA	Índice de Qualidade da Água
Kc	Coefficiente de Compacidade
MDE	Modelo Digital de Elevação
NRCS	Serviço de Conservação Dos Recursos Naturais
NSF	<i>Us National Sanitation Foundation</i>
NSFWQI	<i>Us National Sanitation Foundation Water Quality Index</i>
NT	Nitrogênio Total
NTK	Nitrogênio Total Kjeldahl
OD	Oxigênio Dissolvido
OWQI	Índice de Qualidade da Água do Oregon
pH	Potencial hidrogenionico
PNRH	Política Nacional dos Recursos Hídricos
PT	Fósforo Total
RT	Resíduo Total
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SINGREH	Sistema Nacional de Gestão de Recursos Hídricos

SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
Tc	Tempo de Concentração
UFPA	Universidade Federal do Pará
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
UTM	<i>Universal Transversa De Mercator</i>
%OD	Saturação de Oxigênio Dissolvido

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS.....	16
2.1. GERAL.....	16
2.2. ESPECÍFICOS	16
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3.1. MEIO URBANO, PERI-URBANO E RURAL	17
3.2. A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA	19
3.3. BACIAS HIDROGRÁFICAS	20
3.4. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL APLICADA AO CONTROLE DA QUALIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL.....	21
3.4.1. Uso e cobertura do solo em áreas agrícolas	24
3.4.2. Usos múltiplos e degradação hídrica	25
3.5. ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA	28
3.5.1. Índice de qualidade da água da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (IQA-CETESB)	33
3.5.1.1. Classificação do IQA-CETESB em rios da Amazônia Legal	34
4. ÁREA DE ESTUDO	37
4.1. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA	37
4.2. ASPECTOS AMBIENTAIS (CLIMA, SOLO E GEOLOGIA)	38
4.3. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DAS ÁREAS DE DRENAGEM DOS PONTOS DE COLETAS	39
4.4. RELAÇÕES ENTRE PRECIPITAÇÃO E DEFLÚVIO	39
4.5. USO E COBERTURA DO SOLO	40
4.6. ESCOAMENTO SUPERFICIAL	40
5. MATERIAIS E MÉTODOS	41
5.1. PROCEDIMENTO DE COLETA E ANÁLISE DAS VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS ENVOLVIDAS NO IQA-CETESB	44
5.2. CÁLCULO DO IQA	46
5.2.1. IQA-CETESB	46
5.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	52
5.4. CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DAS ÁREAS DE DRENAGEM DOS PONTOS DE COLETAS	54
5.5. MAPEAMENTO DE USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA, USO E COBERTURA DO SOLO	57
5.6. VARIÁVEIS MAIS SIGNIFICATIVAS AO RESULTADO DO IQA-CETESB	58

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
6.1. VALORES DE IQA-CETESB	60
6.2. MORFOMETRIA DAS ÁREAS DE DRENAGEM DOS PONTOS DE COLETAS	65
6.3. MAPEAMENTO DE USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA, USO E COBERTURA DO SOLO NA ÁREA DE ESTUDO.....	66
6.4. IDENTIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS MAIS REPRESENTATIVOS AO RESULTADO DO IQA.....	75
7. CONCLUSÃO	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89

1. INTRODUÇÃO

Os usos importantes da terra incluem agricultura, pastoreio, vegetação natural, vida selvagem, pecuária, desenvolvimento residencial, retenção de água e infraestrutura de transporte, associados a estes usos o crescimento da população é uma das principais causas dos conflitos cada vez mais frequentes sobre os usos da terra que estão ocorrendo em todo o mundo (SEEBOONRUANG, 2012).

O aumento nas atividades urbanas, agrícolas e industriais preocupa especialistas quanto às questões ambientais e, em particular, sobre a poluição da água. Para Seeboonruang (2012) a degradação da qualidade da água pode resultar de múltiplas atividades de uso da terra, incluindo fontes pontuais e não pontuais. A poluição está destinada a afetar a integridade biológica dos sistemas aquáticos, a degradar a qualidade da água e a afetar a saúde humana direta e indiretamente (WONG; HU, 2014).

Giri e Qiu (2016) definem a qualidade da água como uma medida que pode avaliar o uso da água para diferentes propósitos (consumo, agricultura, indústria, recreação e habitat) usando vários parâmetros físicos, químicos e biológicos, variando com base na localização, tempo, clima e presença de fontes de poluição, além de desempenhar um papel fundamental em todos os aspectos dos organismos vivos na terra que atrai a atenção de cientistas ambientais, ecologistas, hidrólogos, gerentes de bacias hidrográficas e cientistas agrícolas.

A qualidade da água varia com base na localização, tempo, clima e presença de fontes de poluição. A avaliação da qualidade da água é uma das principais tarefas para garantia da segurança hídrica, por conseguinte, devem ser desenvolvidos métodos de avaliação eficazes e critérios de avaliação concretos para avaliar o risco dos recursos hídricos, a fim de garantir a segurança da água para o desenvolvimento sustentável e a saúde pública (WONG; HU, 2014).

De acordo com Augusto et al. (2012), o uso e a ocupação do solo, assim como também a proteção do manancial são elementos importantes para serem considerados na qualidade final da água das bacias; assim, a admissão do uso múltiplo das bacias hidrográficas de mananciais importantes para o consumo humano se apresenta como indesejável na garantia da qualidade das águas.

Na região amazônica somente as grandes bacias hidrográficas são monitoradas, limitando o planejamento e a gestão dos recursos hídricos na região, onde pequenas comunidades não têm meios para utilização sustentável dos recursos hídricos, o que

dificulta o desenvolvimento socioeconômico da região (BLANCO et al., 2008). Blanco et al. (2013) enfatizam que a bacia hidrográfica do Igarapé da Prata é a única na região que tem uma longa série de dados de vazão, no entanto, não possui em sua área dados de precipitação.

Um índice de qualidade da água (IQA) é uma ferramenta comum para a avaliação quantitativa da qualidade da água (FENG et al., 2015), converte dados de concentração de poluentes em valores de subíndices e, em seguida, combina o valor de uma pontuação única (DOBBIE; DAIL, 2013; FOX, 2014). A principal vantagem do IQA é sua capacidade de comunicação resumida e clara (FENG et al., 2015). Ramesh et al. (2010) sintetizam que o IQA é uma ferramenta matemática para integrar os dados complexos de qualidade da água em um escore numérico que descreve o estado geral da qualidade da água.

Para obter informações de maneira relativamente rápida e fácil com uma visão global, índices de qualidade da água têm sido popularmente aplicados em diversas pesquisas no monitoramento da qualidade da água doce nos últimos anos. Estes índices geralmente levam em conta os parâmetros gerais da água, como oxigênio dissolvido, pH, temperatura, turbidez e concentrações de amônia, entre outros (LOBATO et al., 2015).

Diversos estudos aplicam técnicas estatísticas para propor especificamente um Índice de Qualidade da Água utilizando ponderações para cada parâmetro de qualidade da água analisada, bem como, estudos de avaliação da qualidade da água foram realizados aplicando técnicas estatísticas como análise de componentes principais (WHITTAKER et al., 2012).

Comprovadamente o IQA é um método prático que considera variáveis ambientais críticas que representam as condições de poluição no corpo aquático (SIMÕES et al., 2008), além disso o índice facilita comparações entre diferentes locais de amostragem e identificar as mudanças nas tendências da qualidade da água (SUN et al., 2016).

Assim, o trabalho visa compreender as interações entre o índice de qualidade da água e os usos múltiplos, afim de criar referências para a avaliação da qualidade hídrica no Igarapé da Prata em Capitão Poço/PA. Para isso, a pesquisa utiliza o Índice de Qualidade da Água da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (IQA-CETESB) como ferramenta para interpretar facilmente estas informações ambientais de fundamental importância para o planejamento e gestão dos recursos hídricos.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL

- Correlacionar o Índice de Qualidade da Água (IQA-CETESB) com os usos múltiplos na bacia hidrográfica do igarapé da Prata em Capitão Poço no Estado do Pará.

2.2. ESPECÍFICOS

- Calcular o IQA em três pontos de coletas do igarapé da Prata, de maneira geral e de acordo com a sazonalidade pluviométrica, ou seja, na estação de maior e de menor pluviosidade;
- Aplicar a estatística descritiva para análise dos resultados obtidos para o IQA-CETESB em cada ponto de coleta e atribuição do valor do índice referente a bacia em estudo;
- Caracterização morfométrica das áreas de drenagem dos pontos de coletas;
- Identificar e mapear as principais atividades associadas aos usos múltiplos da água e características de uso e cobertura do solo nas áreas de drenagem dos pontos de coletas;
- Identificar as variáveis mais representativas para os valores obtidos de IQA-CETESB encontrados em cada ponto de coleta no igarapé da Prata.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica buscou abordar os principais assuntos pertinentes ao desenvolvimento da pesquisa. Pela área de estudo ser predominantemente rural, buscou-se compreender a diferenciação entre espaços urbanos e rurais, e suas relações com os recursos hídricos.

A importância da água foi tratada sob o ponto de vista quantitativo, apresentando sua distribuição no mundo, no Brasil e na Amazônia. Além disso, tratou-se de sua importância relacionando-a com a manutenção da vida e com o desenvolvimento socioeconômico, pressionando a adoção de medidas para prevenção e gerenciamento de sua qualidade.

Ao se abordar sobre gestão e gerenciamento de recursos hídricos, não se pode deixar de discutir sobre as bacias hidrográficas, que são definidas por lei como unidades de planejamento para fins de conservação dos recursos naturais. Um planejamento hídrico norteado por legislação específica que aborda conceitos, principais usos e suas associações com estabelecimento de metas de qualidade da água.

Mesmo com o suporte de legislação aplicada aos recursos hídricos, a degradação da qualidade das águas no Brasil é uma realidade. Áreas agrícolas são de fundamental importância para o desenvolvimento do país e sofrem com problemas hídricos característicos as suas atividades. Assim, entende-se que os diversos usos da água e do solo estão diretamente associados à degradação hídrica e, por este motivo, diversos indicadores de qualidade foram desenvolvidos de acordo com os usos preponderantes da água.

Os índices de qualidade das águas são ferramentas práticas para monitorar a qualidade da água e tomar decisões qualitativas e quantitativas com base em dados reais, observando e representando problemas da poluição de água. Assim, buscou-se conhecer os diversos índices utilizados, bem como sua evolução histórica, até se chegar no que é usual no Brasil, o IQA-CETESB.

3.1. MEIO URBANO, PERI-URBANO E RURAL

Atualmente, a maioria da população mundial vive em cidades, pela primeira vez na história da humanidade, e 66% dessa população pode viver em áreas urbanas em 2050 (UNITED NATIONS, 2014). A urbanização sem precedentes transformou o

planeta de 10% urbanos em 1990 para mais de 50% urbanos em apenas duas décadas (UNDESA, 2010).

“O desenvolvimento urbano se acelerou na segunda metade do século XX com a concentração da população em espaço reduzido, produzindo grande competição pelos mesmos recursos naturais (solo e água), destruindo parte da biodiversidade natural” (TUCCI, 2008); o autor ainda enfatiza que “a urbanização aumenta com o crescimento econômico, quando o perfil da renda se altera e o emprego se concentra mais nos serviços e na indústria do que na agricultura”.

O problema das ocupações informais dos territórios para moradia de população de baixa renda nas grandes cidades brasileiras resulta do crescimento urbano acelerado e da carência de políticas públicas que garantam a infraestrutura necessária à satisfação das necessidades básicas do cidadão. Observa-se que o modelo antrópico de ocupação e urbanização da atualidade não contribui para a conservação ambiental, particularmente dos recursos hídricos (NEFFA et al., 2011).

“As águas urbanas englobam o sistema de abastecimento de água e esgotos sanitários, a drenagem urbana e as inundações ribeirinhas, a gestão dos sólidos totais, tendo como metas a saúde e conservação ambiental” (TUCCI, 2008).

Ao se tratar do meio rural pode-se defini-lo como a área externa ao perímetro urbano, composta por setores, sendo eles: rural de extensão urbana, rural povoado, rural núcleo, rural aglomerados e rural exclusivo aglomerado; algumas definições são importantes para complementar o entendimento sobre o urbano e o rural, conforme diferenciado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010):

- Área urbanizada de vila ou cidade - Setor urbano situado em áreas legalmente definidas como urbanas, caracterizado por construções, arruamentos e intensa ocupação humana; áreas afetadas por transformações decorrentes do desenvolvimento urbano e aquelas reservadas à expansão urbana;
- Área não urbanizada - área não urbanizada de vila ou cidade, setor urbano situado em áreas localizadas dentro do perímetro urbano de cidades e vilas reservadas à expansão urbana ou em processo de urbanização; áreas legalmente definidas como urbanas, mas caracterizadas por ocupação predominantemente de caráter rural;
- Área urbanizada isolada - Setor urbano situado em áreas definidas por lei municipal e separadas da sede municipal ou distrital por área rural ou por um outro limite legal;
- Área rural de extensão urbana - Setor rural situado em assentamentos situados em área externa ao perímetro urbano legal, mas desenvolvidos a partir de uma cidade ou vila, ou por elas englobados em sua extensão;

- Aglomerado rural (povoado) - Setor rural situado em aglomerado rural isolado sem caráter privado ou empresarial, ou seja, não vinculado a um único proprietário do solo (empresa agrícola, indústria, usina etc.), cujos moradores exercem atividades econômicas no próprio aglomerado ou fora dele. Caracteriza-se pela existência de um número mínimo de serviços ou equipamentos para atendimento aos moradores do próprio aglomerado ou de áreas rurais próximas;
- Aglomerado rural (núcleo) - Setor rural situado em aglomerado rural isolado, vinculado a um único proprietário do solo (empresa agrícola, indústria, usina etc.), privado ou empresarial, dispondo ou não dos serviços ou equipamentos definidores dos povoados;
- Aglomerado rural (outros) - Setor rural situado em outros tipos de aglomerados rurais, que não dispõem, no todo ou em parte, dos serviços ou equipamentos definidores dos povoados, e que não estão vinculados a um único proprietário (empresa agrícola, indústria, usina etc.);
- Rural - exclusive aglomerados rurais - Área externa ao perímetro urbano, exclusive as áreas de aglomerado rural.

3.2. A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA

Victorino (2007) explana sobre a distribuição da água, informando que quase toda a superfície do planeta Terra está coberta por água: água dos oceanos, água dos rios e lagos, arroios e sangas. Ainda segundo a autora, toda a água do planeta (1.370.000.000 km³) é constituída basicamente de dois tipos: água salgada dos mares e água doce dos rios, lagos e subsolo, onde a água salgada ocupa 97% do total.

“Os recursos hídricos superficiais gerados no Brasil representam 50% do total dos recursos da América do Sul e 11% dos recursos mundiais, totalizando, como já salientado, 168.870 m³/s” (TUCCI, 2001). O autor deixa claro que esta distribuição não é uniforme espacial e sazonalmente, destacando-se os extremos do excesso de água na região amazônica e a escassez na disponibilidade hídrica na região Nordeste.

Tucci (20010) enfatiza que a Amazônia brasileira representa 71,1% do total gerado da vazão no Brasil. Isso representa 36,6% do total gerado na América do Sul e 8% em nível mundial. Considerando a vazão total da Amazônia que escoar pelo território brasileiro, a proporção é de 81,1% do total nacional. Considerando esse volume, o total que escoar a partir do Brasil representa 77% total da América do Sul e 17% em nível mundial.

A água tem fundamental importância para a manutenção da vida no planeta, e, portanto, falar da relevância dos conhecimentos sobre a água, em suas diversas dimensões, é falar da sobrevivência da espécie humana, da conservação e do equilíbrio da biodiversidade e das relações de dependência entre seres vivos e ambientes naturais. A presença ou ausência de água escreve a história, cria culturas e hábitos, determina a ocupação de territórios, vence batalhas, extingue e dá vida às espécies, determina o futuro de gerações. Nosso planeta não teria se transformado em ambiente apropriado para a vida sem a água. Desde a sua origem, os elementos hidrogênio e oxigênio se combinaram para dar origem ao elemento-chave da existência da vida (BACCI; PATACA, 2008).

Behmel et al. (2016) abordam que dada a crescente pressão sobre os recursos hídricos, a gestão integrada de recursos hídricos vem sendo cada vez mais adotada para alcançar metas destinadas a prevenir e gerenciar a poluição da água. Ainda segundo os autores, um dos principais desafios é obter uma avaliação confiável da qualidade da água superficial através de programas de monitoramento da qualidade da água, para que os gestores possam entender, interpretar e usar estas informações como apoio para tomadas de decisão de acordo com a destinação do recurso hídrico, tendo as bacias hidrográficas como foco nesta gestão.

A utilização da água pela sociedade humana visa a atender suas necessidades pessoais, atividades econômicas (agrícolas e industriais) e sociais. No entanto, essa diversificação no uso da água, quando realizada de forma inadequada, provoca alterações na qualidade da mesma, comprometendo os recursos hídricos e por consequência seus usos para os diversos fins. A qualidade da água é aspecto indispensável, quando se trata dos seus principais usos, em especial, para fins como o abastecimento humano. Este uso tem sofrido restrições significativas em função de prejuízos nos rios provenientes das ações naturais e antrópicas, as quais alteram os aspectos de qualidade e quantidade de água disponível para o uso humano (SOUZA et al., 2014).

3.3. BACIAS HIDROGRÁFICAS

A gestão de recursos hídricos abrange uma gama de informações de várias fontes e áreas de conhecimento técnicas, jurídicas e institucionais que têm seus aspectos conceituais, ideológicos e éticos e novos modelos administrativos, diferentes formas de pensar e novos fenômenos como crises econômicas, mudanças climáticas e atividades antropogênicas que mudam continuamente o meio ambiente (ARAÚJO et al., 2015).

Segundo a Lei Federal nº 9.433 de 08/01/1997 da Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), a bacia hidrográfica é o instrumento de gestão nos planos de recursos hídricos elaborados os estados e para o país, servindo para o planejamento das intervenções humanas (BRASIL, 1997).

Na definição, bacia hidrográfica, é como um conjunto de terras limitadas por divisores de águas contendo uma rede de drenagem que escoar a água para um único ponto denominado exutório; sendo que o sistema de drenagem da bacia é composto de nascentes dos cursos de água, principais e secundários, denominados afluentes e subafluentes (TARGA et al., 2012; TUCCI, 2001; WATRIN; GERHARD; MACIEL, 2009).

As bacias hidrográficas são unidades fundamentais para o gerenciamento dos recursos hídricos e para o planejamento ambiental, sendo identificadas como unidades de planejamento administrativo para fins de conservação dos recursos naturais (PEGADO, 2010; VITTALA; GOVINDAIAH; GOWDA, 2008).

Os componentes das bacias hidrográficas coexistem em permanente e dinâmica interação, respondendo às interferências naturais e àquelas de natureza antrópica, o que afeta os ecossistemas como um todo (SOUZA; FERNANDES, 2000; SOUZA; SILVA; DIAS, 2012).

3.4. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL APLICADA AO CONTROLE DA QUALIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), foi instituído pela Lei 6.938/1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada pelo Decreto 99.274/1990.

A Resolução CONAMA nº 20/1986 é pioneira no estabelecimento de faixas para o controle de poluição hídrica, fixando padrões específicos de qualidade das águas para fins de balneabilidade ou recreação de contato primário, dividindo as águas do território nacional em águas doces (com salinidade $\leq 0,5\%$), salobras (com salinidade entre 0,5% e 30%) e salinas (com salinidade $\geq 30\%$), classificadas segundo seus usos preponderantes em um total de nove classes (Quadro 1).

Quadro 1. Classificação das águas doces em função dos usos preponderantes.

Uso	Classe								
	Especial	Doces				Salinas		Salobras	
		1	2	3	4	5	6	7	8
Abastecimento doméstico	X (a)	X (b)	X (c)	X (c)					
Preservação e equilíbrio natural das comunidades aquáticas	X								
Proteção das comunidades aquáticas		X	X			X		X	
Recreação de contato primário		X	X			X		X	
Irrigação		X (d)	X (e)	X (f)					
Criação natural e/ou intensiva de espécies (aquicultura)		X	X			X		X	
Dessedentação de animais				X					
Navegação					X		X (g)		X (g)
Harmonia paisagística					X		X		X
Recreação de contato secundário							X		X
Usos menos exigentes					X				

Nota: (a) sem prévia ou com simples desinfecção; (b) após tratamento simplificado; (c) após tratamento convencional; (d) hortaliças consumidas cruas e frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; (e) hortaliças e plantas frutíferas; (f) culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; e (g) navegação comercial. Fonte: Brasil (1986).

No Brasil, a legislação específica sobre manejo de recursos hídricos é denominada Lei das Águas, Lei 9.433 de 1997 (BRASIL, 1997), que instituiu a PNRH e criou o Sistema Nacional de Gestão de Recursos Hídricos (SINGREH).

De acordo com esta lei, os princípios fundamentais da PNRH são que a água é um bem público e um recurso natural finito com valor econômico; a gestão da água deve permitir múltiplos usos da água, ser descentralizada e incluir a participação do governo, usuários e comunidades; em caso de escassez de água, a água deve ser utilizada para consumo humano e pecuário; e o SINGREH e a PNRH têm jurisdição sobre as bacias hidrográficas.

A PNRH inclui os seguintes instrumentos: planos de recursos hídricos; Classificação das massas de água com base na sua utilização primária da água; Concessão de direitos de uso de água; Cobrança pelo uso de recursos hídricos; e sistemas de informação para recursos hídricos.

No ano 2000, o CONAMA, por meio da Resolução CONAMA nº 274 (BRASIL, 2000) revogou os artigos 26 a 34 da Resolução nº 20 (BRASIL, 1986), definindo os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Posteriormente, estas resoluções foram revogadas pela Resolução nº 357 (BRASIL, 2005), que dispõe sobre a

classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, e o grande diferencial: estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 define o estabelecimento de uma meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento do corpo d'água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo (BRASIL, 2005). No Quadro 2 apresentam-se as classes de enquadramento e respectivos usos possíveis para as águas doces.

Quadro 2. Classes de Qualidade da água Doce e seus usos preponderantes.

Classes de Qualidade	Usos Preponderantes
Classe Especial	Abastecimento para consumo humano, com desinfecção; Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe 1	Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; Proteção das comunidades aquáticas; Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/2000; Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e Proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
Classe 2	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; Proteção das comunidades aquáticas recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/2000; 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 Aquicultura e à atividade de pesca.
Classe 3	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; Pesca amadora; Recreação de contato secundário; e Dessedentação de animais.
Classe 4	Navegação; e Harmonia paisagística.

Fonte: Brasil (2005).

3.4.1. Uso e cobertura do solo em áreas agrícolas

Diferentes atividades agrícolas degradam a qualidade da água, por exemplo, práticas agrícolas inadequadas, como o arado excessivo, perturbam as partículas do solo e essas partículas de solo entram nas águas mais próximas através da erosão do solo pelo escoamento superficial (GIRI; QIU, 2016).

Aumentar a concentração de sedimentos reduz o nível de oxigênio na água e também altera a temperatura da água, resultando em um ambiente desfavorável ao organismo aquático (MALONE, 2009). A aplicação excessiva de fertilizantes, estrume e pesticidas para uma melhor produção agrícola, bem como a proteção das culturas pode ser prejudicial (GIRI; QIU, 2016).

O excesso de nitrogênio e fósforo dos campos agrícolas entra em cursos de água através de escoamento superficial e o aumento desse teor de nutrientes acelera a eutrofização resultando na morte de peixes e outros organismos aquáticos (CARPENTER, 2008).

Giri e Qiu (2016) pontuam que as buscas por soluções para os problemas de degradação hídrica, bem como outras questões ambientais, baseiam-se nos seguintes fatores: i) educação ambiental, ii) formação de legislação ambiental, iii) uso de novas tecnologias e iv) aceitação da tecnologia pela sociedade.

Souza et al. (2014) avaliam a qualidade da água do rio Almada (Bahia) considerando as variações temporais e espaciais das variáveis físicas, químicas e microbiológicas, identificando seus usos múltiplos e seu enquadramento de acordo como estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2000).

Ainda segundo os autores, no rio Almada, os usos múltiplos da água foram avaliados a partir de observações e fichas de campo, e estão relacionados ao abastecimento doméstico, a dessedentação de animais, a diluição de efluentes domésticos e sanitários, a pesca, o lazer e a navegação.

Ainda na bacia do rio Almada, porém, considerando uma área de abrangência maior, Franco et al. (2015) avaliaram a qualidade da água por meio de parâmetros microbiológicos, associando estes resultados ao uso e ocupação do solo, e salientam que as ocupações urbanas degradam a qualidade hídrica principalmente devido ao lançamento de esgotos domésticos.

Pinto et al. (2012) realizaram a caracterização física do entorno de cinco nascentes na bacia hidrográfica do rio Mogi Guaçu/MG, visando avaliar os impactos do uso e ocupação do solo nos indicadores de qualidade da água. Os autores identificaram

e avaliaram impactos positivos como proteções, presença de matas e práticas conservacionistas, assim como impactos negativos como erosão, atividades agrícolas (uso de defensivos e consumo para irrigação) e atividades pecuárias, associando estes impactos ao IQA.

Batalha et al. (2014) avaliaram as condições físico-químicas e biológicas por meio do IQA em águas superficiais no entorno da Flona Tapajós (oeste do estado do Pará) apontando evidências do uso conservacionista sobre a qualidade da água. Os autores realizaram a identificação do uso e cobertura do solo por meio de equipamento *Global Position System* (GPS) e concluíram que os corpos hídricos são sensíveis às alterações no uso e cobertura do solo.

3.4.2. Usos múltiplos e degradação hídrica

De acordo com explicações de Carrera-Fernandez (2000), o setor de geração energética brasileiro, por conta de um tratamento assimétrico estabelecido pelo Governo Federal, centralizava decisões sobre recursos hídricos até os anos de 1970, quando outros setores usuários (como a irrigação, o abastecimento urbano e, em certa extensão, a indústria) começaram a se posicionar contra esta priorização.

Ainda segundo o autor, dessa forma, começou a florescer no Brasil o chamado “princípio dos usos múltiplos”, segundo o qual os recursos hídricos devem ser acessíveis a todos os setores interessados em seu uso, dando-se o predomínio, em cada bacia ou região hidrográfica, ao uso que gerar os maiores benefícios sociais líquidos.

A base para a gestão dos recursos hídricos está na legislação que contém parâmetros que irão responder às políticas específicas (ARAÚJO et al., 2015). Assim, por meio da PNRH (BRASIL, 1997), compreende-se que no Brasil podemos destacar a adoção da bacia hidrográfica como unidade físico-territorial de planejamento; o princípio dos usos múltiplos da água, no qual os recursos hídricos devem estar disponíveis em igualdade de oportunidades, para todos os usuários interessados em seu uso, dando prioridade em cada bacia ao uso que gerar os maiores benefícios sociais líquidos; o reconhecimento da água como bem econômico, devido à sua escassez na natureza; e a gestão descentralizada, participativa e integrada do uso da água.

Entre os instrumentos adotados pela PNRH, vale sempre salientar a importância dos Planos de Recursos Hídricos, do enquadramento dos corpos de água em

classes segundo os usos preponderantes da água e do o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Atualmente, os usos múltiplos das águas proporcionam desafios para a gestão dos recursos hídricos nacionais em todas as regiões, como: a expansão da geração hidrelétrica e da navegação; a expansão da fronteira agrícola; o controle da poluição; e o déficit hídrico. Para Nascimento (2011) os usos múltiplos d'água nas atividades rurais e urbanas alteram as condições naturais dos rios, principalmente da sua dinâmica fluvial, com consequências de causa e efeito, podendo provocar impactos irreparáveis.

Segundo a Agenda 21 brasileira (1996), há poucas regiões no mundo ainda livres dos problemas da perda de fontes potenciais de água doce, da degradação na qualidade da água e da poluição das fontes de superfície e subterrâneas, onde os problemas mais graves que afetam a qualidade da água de rios e lagos decorrem, em ordem variável de importância, segundo as diferentes situações, de esgotos domésticos tratados de forma inadequada, de controles inadequados dos efluentes industriais, da agricultura migratória sem controle e de práticas agrícolas deficientes.

“As atividades regionais desenvolvidas modificam os usos múltiplos da água e seus aspectos espaciotemporais, desfigurando as paisagens, reduzindo sua biodiversidade” (NASCIMENTO, 2011). Na Agenda 21 brasileira, enfatiza-se que os esgotos e excrementos humanos são causas importantes dessa deterioração da qualidade da água em países em desenvolvimento; ecossistemas aquáticos são perturbados, e as fontes vivas de água doce estão ameaçadas.

Os impactos ambientais relacionados aos poluentes (dejetos humanos, lixos, venenos, efluentes agrícolas e resíduos industriais) e ao uso intensivo do solo, segundo o modelo agrícola com dependência de agrotóxicos e de biotecnologia, mecanização, irrigação, monocultura e concentração de terras, afetam negativamente a disponibilidade e qualidade da água para consumo humano (AUGUSTO et al, 2012).

As atividades agrícolas provocam impactos sobre o ambiente, tais como desmatamentos e expansão da fronteira agrícola, queimadas em pastagens e florestas, poluição por dejetos animais e agrotóxicos, erosão e degradação de solos, desertificação e contaminação das águas (LEITE; SILVA; HENRIQUES, 2011). As consequências das emissões de misturas tóxicas como pesticidas, metais pesados, produtos industriais e uma variedade de outras substâncias, podem ser sérias no processo de degradação hídrica (VEGA et al., 1996).

A gestão dos recursos hídricos assume grande importância porque afeta quase todos os aspectos da economia, em particular: a produção de alimentos, saúde, segurança do abastecimento doméstico de água, esgotamento sanitário, indústria, energia e sustentabilidade ambiental (CARR et al, 2012); os usos múltiplos da água devem ser planejados a fim de viabilizar a sustentabilidade ambiental (AUGUSTO et al, 2012).

Sánchez (2008) relaciona o uso dos ambientes naturais aquáticos, e a forma que os processos produtivos econômicos e a sociedade os utilizam, enfatizando sobre a importância de estar alerta quanto as repercussões degradadoras como a poluição, que possivelmente é o maior fenômeno que altera toda a natureza de forma danosa.

Augusto et al. (2012) afirmam que a baixa preocupação com a qualidade da água é uma questão crítica permanente, e que houve um retrocesso em relação ao “velho Código de Águas”, que era mais rigoroso do que a atual legislação.

Ao se admitir o “uso múltiplo” das águas dos mananciais criou-se um incentivador do aproveitamento ou exploração máxima das bacias hidrográficas, o que é incompatível com a necessidade prioritária para o consumo humano; a crítica à legislação atual se dá quando o uso para o consumo humano é colocado no mesmo plano de igualdade dos demais usos, diferentemente do Código de Águas, que o definia como o mais nobre dos usos (AUGUSTO et al., 2012).

Em uma visão geral, a demanda hídrica visa atender os usos múltiplos de maneira sustentável, porém, a heterogeneidade espaçotemporal, bem como a poluição, afeta diretamente esta relação. Como os recursos hídricos têm usos múltiplos, a água pode ser classificada como boa ou ruim de acordo com a atividade fim. Para que haja a definição da qualidade da água em determinado uso, alguns índices que agrupam os diversos parâmetros de qualidade de interesse foram desenvolvidos.

Segundo a CETESB (2007), no Brasil ao menos sete índices são usualmente utilizados como indicadores de qualidade das águas de acordo com os usos preponderantes da água, ou seja, os usos mais exigentes a que a água fora destinada:

- IVA – Índice de qualidade das águas para proteção da vida aquática e de comunidades aquáticas;
- IAP – Índice de qualidade das águas brutas para fins de abastecimento público;
- IB – Índice de balneabilidade;
- ICB – Índice da comunidade bentônica;
- IET – Índice de estado trófico;
- ICF – Índice da comunidade fitoplanctônica; e

- IQA – Índice de qualidade das águas.

A necessidade de adequações para avaliar diferentes usos da água, além de possíveis ajustes em índices já conhecidos, gerou outros. “Todos estes índices contemplam um grau de subjetividade, pois dependem da escolha das variáveis que constituirão os indicadores principais das alterações da qualidade de água” (TOLEDO; NICOLELLA, 2002).

3.5. ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA

Assegurar volumes suficientes de água doce com qualidade adequada para satisfazer uma variedade de utilizações (ou fins específicos) é uma medida necessária para apoiar o desenvolvimento econômico e a saúde dos ecossistemas (SCHEWE et al., 2014).

Monitorar a qualidade da água e tomar decisões qualitativas e quantitativas com base em dados reais tornou-se um desafio para engenheiros ambientais em todas as etapas do processo, desde a coleta, armazenamento e processamento até análise e interpretação dos resultados (LERMONTOV et al., 2009).

A água contém diversas características provenientes do ambiente natural ou incorporados a partir de atividades antrópicas associadas a seus usos múltiplos. A partir destas características (físicas, químicas e biológicas) é possível avaliar sua qualidade.

Os parâmetros que compõem as características físicas da água são: temperatura, sabor, odor, cor, turbidez, sólidos (em suspensão ou dissolvidos) e condutividade elétrica. Os parâmetros químicos incluem pH, alcalinidade, acidez, dureza, cloretos, ferro e manganês, nitrogênio, fósforo, fluoretos, oxigênio dissolvido, matéria orgânica, demanda bioquímica e química de oxigênio, componentes inorgânicos e orgânicos. Dentre os parâmetros que representam suas características biológicas têm-se vírus, bactérias (sobretudo coliformes) e algas.

Índices de qualidade da água são amplamente utilizados como um método prático para observar e representar problemas da poluição de água, pois não requer um número enorme de diferentes parâmetros para seu desenvolvimento e validação, apenas a concentração de um número limitado de parâmetros, possibilitando simplesmente olhar um único número e escala correspondente para entender a qualidade da água de forma eficaz (AKKOYUNLU; AKINER, 2012).

Existem diferentes ferramentas para controle e gestão de bacias hidrográficas, sendo o IQA uma delas (AKKOYUNLU; AKINER, 2012). Um IQA é comumente calculado a partir dos resultados da análise de componentes principais usando o produto da proporção de variação e as cargas para cada variável (WHITTAKER et al., 2012).

Poonam et al. (2015) sintetizaram o histórico do desenvolvimento do IQA. A categorização da qualidade da água começou em meados do século XX por Horton em 1965 (HORTON, 1965). Em 1970, Brown et al. (1970) desenvolveram um índice geral de qualidade da água.

Em 1982, Steinhart et al. (1982) aplicaram um novo índice de qualidade ambiental para resumir informações técnicas sobre o estado e tendências no ecossistema dos Grandes Lagos. O Grupo de Tarefas de Qualidade da Água do Conselho Canadense de Ministros do Meio Ambiente introduziu o IQA no Canadá, em meados da década de 1990.

Na Índia, o trabalho pioneiro em IQA foi feito por Bhargava, onde a qualidade da água é expressa como um número (variando de 0 para água extremamente poluída até 100 para a água absolutamente não poluída) representando o efeito integrado dos parâmetros que amplificam a carga de poluição (BHARGAVA, 1983).

Nos países em desenvolvimento, o maior desafio foi desenvolver estratégias de controle de poluição com custo analítico como fator limitante devido aos recursos restritos. Portanto, Ongley em 1998 sugeriu, para tais situações, apenas alguns parâmetros críticos devem ser usados para avaliar o IQA (ONGLEY, 1998; ONGLEY; BOOTY, 1999).

Alguns índices de qualidade da água frequentemente usados em domínios públicos são o *US National Sanitation Foundation Water Quality Index* (NSFWQI), Índice de Qualidade da Água do Fluxo da Flórida (FWQI), Índice de Qualidade da Água da Colúmbia Britânica (BCWQI), Índice de Qualidade da Água do Oregon (OWQI) e o Índice Canadense de Qualidade da Água (CCME WQI) que foi certificado pelo Conselho Canadense de Ministros do Meio Ambiente (SAID et al., 2004).

Poonam et al. (2015) abordam sobre a categorização de índices de qualidade da água em quatro grupos principais (Quadro 3).

Quadro 3. Categorização de índices de qualidade da água.

Categoria	Objetivos
Índices públicos	Avaliação da qualidade da água, independente do tipo de consumo
Índices específicos de consumo	Avaliar a qualidade da água considerando o tipo de consumo e aplicação (consumo, industrial, preservação do ecossistema, etc.)
Delineamento ou planejamento de índices	Auxiliar a tomada de decisões e planejamento em projetos de gestão da qualidade da água
Índices estatísticos	Avaliar os dados através de métodos estatísticos e de maneira impessoal

Fonte: Poonam et al. (2015).

Poonam et al. (2015) enfatizam que a não utilização da avaliação por métodos estatísticos é uma abordagem de opinião de especialistas, subjetiva, devido aos pesos diferentes para as mesmas variáveis, levando a diminuir a objetividade e a comparabilidade dos índices, ainda assim, muitos índices alternativos foram desenvolvidos, porém, os pressupostos de subjetividade no desenvolvimento dos índices podem ser reduzidos usando abordagens estatísticas, que também podem ser usadas para identificar parâmetros importantes na determinação da qualidade de um corpo de água, bem como a extensão de sua significância.

Por meio de uma revisão literária, Poonam et al. (2015) apresentam o procedimento básico para desenvolvimento do IQA, partindo da seleção de variáveis com base no monitoramento de amostras de água para geração de dados brutos. Uma vez que os dados brutos são gerados, as variáveis são transformadas por meio de diferentes abordagens estatísticas, onde vários parâmetros têm diferentes unidades a fim de classifica-los numa escala comum e geração de subíndices.

A ponderação é atribuída a cada parâmetro com atribuir pesos (através da opinião de especialistas) de acordo com sua importância e impactos potenciais na qualidade da água (alguns índices desenvolvidos não utilizam atribuição de peso), desse modo é possível agregar subíndices para gerar um valor de índice cumulativo, e, finalmente, a avaliação e classificação da qualidade da água é feita (POONAM et al., 2015).

Resumidamente o autor delinea o cálculo do IQA em quatro etapas: 1) selecionar um conjunto de variáveis para descrever a qualidade da água; 2) variáveis de diferentes unidades são convertidas na mesma escala; 3) às variáveis são atribuídas ponderações com base na sua importância relativa para a qualidade da água; 4) gerar o IQA usando agregação ponderada ou método de agregação não ponderada.

De acordo com Dobbie e Dail (2013), um índice composto é uma combinação de múltiplas fontes de informação medidas de forma a fornecer um resumo que não é diretamente mensurável considerando cinco etapas fundamentais para sua construção, a saber, (1) a definição de um quadro teórico para apoiar a composição do índice; (2) selecionar, limpar e manipular os dados indicadores brutos; (3) padronização dos dados; (4) ponderação e agregação dos indicadores; e (5) avaliação da robustez e sensibilidade do índice.

Tziritis et al. (2014), a fim de esclarecer as diferenças significativas entre índices, apresenta uma breve visão geral de suas características, incluindo os objetivos / processo visado, os parâmetros envolvidos e o conceito de classificação, conforme apresenta-se no Quadro 4.

Quadro 4. Conceito principal e características entre alguns dos índices de qualidade da água mais utilizados.

Índice	Objetivo/Processo	(Número) Parâmetros	Classificação
Cd Backman et al. (1998)	Qualidade da água subterrânea	Sem restrições	3 classes: baixa contaminação ($Cd < 1$), contaminação média ($1 \leq Cd \leq 3$), alta contaminação ($Cd > 3$)
WQI Štambuk-Giljanovic (1999)	Qualidade da água para beber	(10) Temperatura, mineralização, coeficiente de corrosão, $K = (Cl + SO_4) / HCO_3$, DO, DBO5, TN, TP, proteína N, coliformes totais	Estimado em função do fator de avaliação da qualidade da água (WQE) e da concentração máxima admissível (WQE) _{mac}
OWQI Cude (2001)	Qualidade da água (geral)	(8) Temperatura, oxigênio dissolvido, DBO5, pH, NH3, NO3-N, TP, TSS, coliformes fecais	Escala numérica relacionada ao grau de qualidade (0-100) com intervalos de classe intermediários
IER Rapant and Kordik (2003)	Probabilidade de ocorrência de impacto ambiental negativo como resultado de contaminações específicas	(8) Al, Cu, Mn, Zn, Fe, Pb, Cd, Ni	Escala numérica relacionada a valores IER (0-10) com intervalos de classe intermediários

Continuação...

Índice	Objetivo/Processo	(Número) Parâmetros	Classificação
RSI Liou et al. (2004)	Qualidade da água de rios	(13) DO, DBO5, NH3-N, coliformes fecais, turbidez, sólidos em suspensão, temperatura, pH, Cd, Pb, Cr, Cu e Zn	Escala numérica relacionada ao grau de qualidade (0-100)
LPI Kumar and Alappat (2005)	Avaliação do impacto dos lixiviados em aterros	(18) pH, TDS, BOD5, DQO, TKN, NH3-N, Fe, Cu, Ni, Zn, Pb, Cr, Hg, As, fenóis, Cl, CN, coliformes totais	Estimado como uma função da taxa de poluição global ($\pi \cdot Wi$) com base em fatores de peso para cada parâmetro
WQI Bordalo et al. (2006)	Gestão de recursos hídricos entre fronteiras	(9) Temperatura, CE, SS, pH, NH3, DO, coliformes fecais, DBO5, DQO	
GWQI Stigter et al. (2006)	Impactos das práticas agrícolas na qualidade da água subterrânea	(12) pH, EC, Na, K, Mg, Ca, NH4, Cl, HCO3, SO4, NO3, PO4	Escala numérica relacionada ao grau de qualidade (-1 a +1) com intervalos de classe intermediários
UWQI Boyacioglu (2007)	Qualidade da água para beber	(12) Coliformes totais, Cd, CN, Se, Hg, As, F, NO3-N, DO, pH, BOD5, TP	Escala numérica relacionada ao grau de qualidade (0-100) com intervalos de classe intermediários
HPI Prasad and Sangita (2008)	Poluição por metais pesados de água subterrânea	(7) Fe, Mn, Pb, Cu, Cd, Cr, Zn	Com base no limiar do valor HPI (100)
WQI Simoes et al. (2008)	Impacto da atividade de agricultura	(3) Turbidez, TP, DO	
DWQI Ramesh et al. (2010)	Qualidade da água para beber	(21) Alcalinidade total, dureza total, Ca, Mg, Cl, SO4, FE, NO3, NO2, K, Na, Fe, Cu, Mn, Zn, Pb, Cr, Ni, Cd, coliformes totais, salmonelas	Escala numérica relacionada ao grau de qualidade (0-100) com intervalos de classe intermediários
GWQI Saeedi et al. (2010)	Qualidade da água para beber	(8) K, Na, Mg, Ca, SO4, Cl, pH, TDS	Estimativa em função do teor de água mineral: baixa (GWQI <0,04), adequada (0,04 <GWQI <0,15), alta (GWQI > 0,15)

Continuação...

Índice	Objetivo/Processo	(Número) Parâmetros	Classificação
WQI _{min} Akkoyunlu and Akiner (2012)	Qualidade da água superficial	(5) Temperatura, pH, EC, DO, TSS	
WQI _{eut} Akkoyunlu and Akiner (2012)	Impacto da eutrofização	(6) DO, PO4-P, NO3-N, NO2-N, BOD5, COD	

A grande quantidade de dados apresenta desafios para a extração de informações significativas dos parâmetros de qualidade da água, assim, em alguns índices, são amplamente utilizadas abordagens estatísticas como análise de cluster (CA), análise discriminante (DA), análise de fatores (FA) e análise de componentes principais (PCA), para explorar a estrutura e os relacionamentos em dados multivariados para etapas de transformação e agregação no desenvolvimento de índices, ou seja, o uso de abordagens estatísticas reduz pressupostos subjetivos e melhora a precisão do índice (POONAM et al., 2015).

3.5.1. Índice de qualidade da água da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (IQA-CETESB)

Em 1970, a partir do estudo realizado pela *US National Sanitation Foundation*, a CETESB adaptou e desenvolveu o IQA-CETESB.

O IQA-CETESB é um índice compostos por nove parâmetros com objetivo de avaliar a qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas.

A criação do IQA baseou-se numa pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade de águas, que indicaram as variáveis a serem avaliadas, o peso relativo e a condição com que se apresenta cada parâmetro, segundo uma escala de valores “rating”. Das 35 variáveis indicadoras de qualidade de água inicialmente propostos, somente nove foram selecionados. Para estes, a critério de cada profissional, foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro (CETESB, 2016).

O cálculo do IQA-CETESB possui abordagem conforme apresentado no tópico “5. Materiais e Métodos”.

3.5.1.1. Classificação do IQA-CETESB em rios da Amazônia Legal

Áreas tropicais passam anualmente por ciclos hidrológicos bem definidos, e esses recursos têm sido cada vez mais estudados para obter informações que possam auxiliar no monitoramento de impactos ambientais causados por pressões antropogênicas e pode levar à tomada de decisões; entretanto, não foram construídos dados do IQA na literatura considerando a transparência da água ou o ciclo hidrológico da região amazônica (LOBATO et al., 2015).

A Amazônia Legal tem território de 5.217.423 km², equivalente a 61% do território brasileiro. Foi criada em 1953 para fins de planejamento político (HOMMA, 2008) e compreende integralmente os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins e, parcialmente, o Maranhão.

Vários estudos foram elaborados a fim de avaliar e classificar a qualidade da água na região amazônica, no Quadro 5 apresentam-se os principais estudos publicados sobre esta avaliação.

Quadro 5. Classificação da qualidade da água, de acordo com o IQA-CETESB, em rios da Amazônia Legal.

Rio Localização	Descrição	Classificação	Referência
Parauapebas, localizado no centro-sul do Estado do Pará e cortando o município de mesmo nome.	20 pontos ao longo do rio Parauapebas, no trecho de maior urbanização distanciados em cerca de 400 m entre cada ponto, tendo extensão de aproximadamente 8 km. Todo mês de setembro dos anos de 2004, 2007 e 2009, durante o período de menor precipitação na região e fluxo básico do rio, águas superficiais (0,10 m) foram coletadas contra a corrente.	Regular	SIQUEIRA et al. (2012)
Arari, localizado na porção leste da ilha do Marajó, norte do Brasil.	Quatro campanhas foram realizadas no rio Arari em 2009 com duas no período de descarga máxima e duas no período de descarga mínima. No trecho compreendido entre Santana e Cachoeira do Arari (43,7 km de comprimento) foram distribuídas três estações de coleta.	Período chuvoso: Ruim. Período menos chuvoso: Ruim / Regular.	ALVES et al. (2012)

Continuação...

Rio Localização	Descrição	Classificação	Referência
Caiabi, localizado na região médio Norte do Estado de Mato Grosso.	Foram selecionados 5 locais de coleta ao longo canal principal do rio, considerando os aspectos de logística e acessibilidade ao local de coleta nos meses de seca e de chuva.	Boa	ANDRIETTI et al. (2016)
Araguari, em Ferreira Gomes, Estado do Amapá.	Oito pontos de coleta distribuídos na Reserva Particular de Patrimônio Natural Seringal Triunfo, no mês de dezembro 2012 representando o período seco e no mês de junho 2013 representando o período de cheia.	Período de cheia: Regular. Período de seca: Boa / Regular.	SILVA; OLIVEIRA (2014)
Caba Vida, município de Brejinho de Nazaré, parte central do Estado do Tocantins, zona metropolitana de Palmas.	Dois pontos de coletas, analisando os meses de outubro e novembro de 2012.	Regular / Ruim.	PINTO et al. (2015)
Pedreira, dentro dos limites do Município de Porto Grande com Ferreira Gomes, Amapá,	Quatro campanhas amostrais divididas entre período de seca e de cheia, de 2013 a 2014.	Boa / Regular.	SOUZA et al. (2015)
Estado de Rondônia	Vinte e quatro pontos distribuídos entre bacias hidrográficas estaduais. Com três campanhas entre os anos de 1996 e 1997	Boa	ZUFFO et al. (2013)
Arapiranga, inicia-se na cidade de Abaetetuba, no norte do Brasil, e desagua no rio Pará junto à Vila de Beja.	A amostragem foi realizada em três pontos, em fevereiro, maio, agosto e novembro de 2012.	Boa	COSTA et al. (2016)
Curuperê-Dendê, nas proximidades das regiões industriais e portuárias da cidade de Barcarena.	A amostragem foi realizada em três pontos, em fevereiro, maio, agosto e novembro de 2012.	Regular	COSTA et al. (2016)

Continuação...

Rio Localização	Descrição	Classificação	Referência
Murucupi, nas proximidades das regiões industriais e portuárias da cidade de Barcarena.	A amostragem foi realizada em três pontos, em fevereiro, maio, agosto e novembro de 2012.	Ruim / Regular.	COSTA et al. (2016)
Arapiranga, em Abaetetuba	A amostragem foi realizada em oito pontos	Regular / Boa	MEDEIROS et al. (2017)
Murucupi, em Barcarena	A amostragem foi realizada em oito pontos	Regular / Boa	MEDEIROS et al. (2017)
Pebas, em Rondon do Pará	A amostragem foi realizada em três pontos, considerando os períodos de estiagem e chuvoso.	Regular	REGO et al. (2013)
Ararandeua, em Rondon do Pará	A amostragem foi realizada em três pontos, considerando os períodos de estiagem e chuvoso.	Ruim / Regular	REGO et al. (2013)

De acordo com Brito et al. (2010), a classificação da qualidade da água na região amazônica pode estar muito mais associada às características naturais dos corpos de água, como, por exemplo, baixos valores de pH e baixas concentrações de oxigênio dissolvido, do que com agentes poluidores (esgoto não tratado, defensivos agrícolas) de origem doméstica, industrial ou agrícola.

Segundo Alves et al. (2012), valores de sólidos totais e turbidez, característicos de rios amazônicos, favorecem a diminuição do IQA.

A acidez, carga de matéria orgânica de origem vegetal e elevada turbidez das águas são características típicas dos rios amazônicos de águas brancas (SIOLI, 1957), e o efeito combinado entre algumas variáveis torna as águas Amazônicas diferenciadas de outros rios do Brasil (ALVES et al., 2012).

4. ÁREA DE ESTUDO

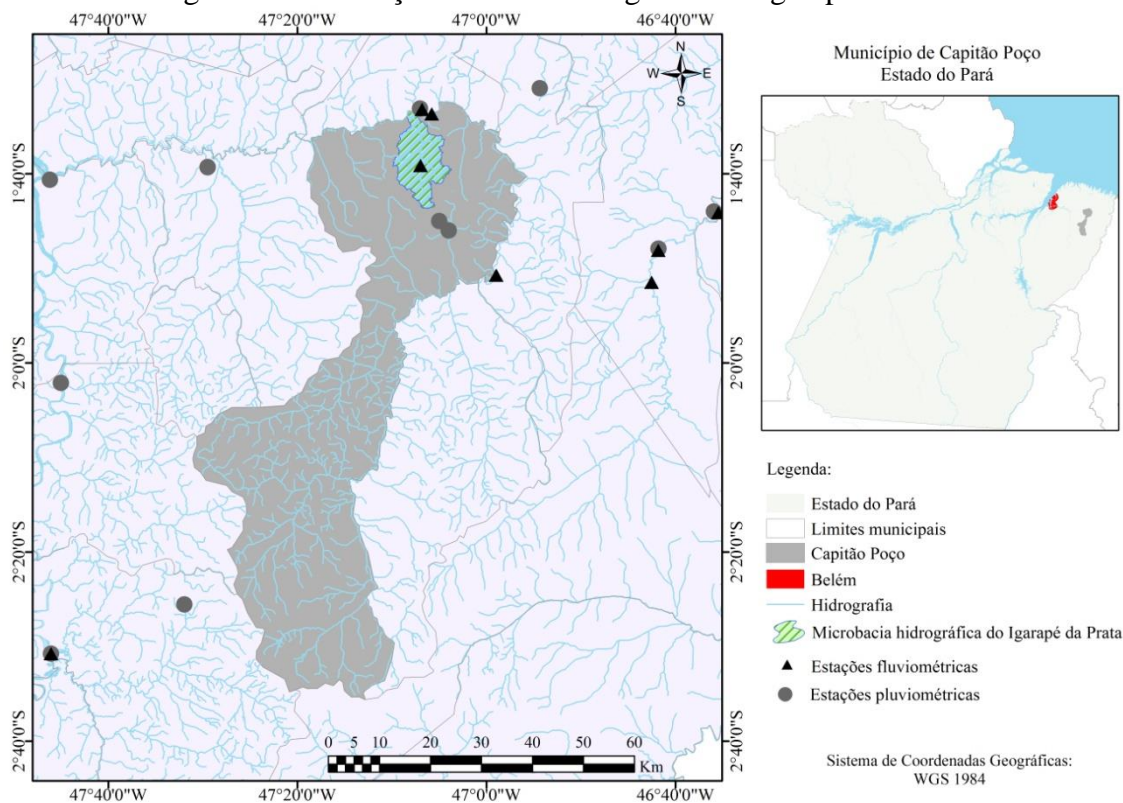
4.1. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

A pesquisa foi realizada na bacia hidrográfica do igarapé da Prata, área rural localizada no município de Capitão Poço no Estado do Pará, situada entre as coordenadas latitude $1^{\circ} 33' 34''$ S, longitude $47^{\circ} 7' 55''$ O e latitude $1^{\circ} 43' 40''$ S, longitude $47^{\circ} 6' 09''$ O, no sentido Norte-Sul.

O município está inserido na mesorregião do Nordeste Paraense e microrregião do Guamá. A bacia hidrográfica está localizada a 154 km a leste da capital do Estado, Belém, sua descarga é junto ao rio Guamá, com seu exutório localizado nas coordenadas de latitude $1^{\circ} 33' 53,8''$ S e de longitude $47^{\circ} 8' 21,5''$ O. As principais atividades desenvolvidas estão ligadas a agropecuária.

Na Figura 1 apresenta-se o mapa de localização do município, contendo a área de estudo e as estações meteorológicas adjacentes.

Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do igarapé da Prata.



Fonte: Autor (2018).

A bacia hidrográfica do igarapé da Prata foi escolhida por sua localização, suas características e presença de uma estação de monitoramento de precipitação, vazão e

cota da Agência Nacional das Água (ANA), a estação Marambaia. Ou seja, uma área rural no nordeste paraense, com intensas atividades agropecuárias e, com monitoramento hidrológico (embora os dados disponíveis estejam desatualizados), e além disso, sem influência de marés.

4.2. ASPECTOS AMBIENTAIS (CLIMA, SOLO E GEOLOGIA)

“O clima da região, enquadra-se no tipo climáticos Am da classificação de Köppen, sendo úmido com pequena estação seca entre setembro e novembro” (SANTOS et al., 2015).

No município de Capitão Poço, a temperatura do ar é um dos elementos meteorológicos que se caracteriza por apresentar pequena variação térmica durante o ano, tendo como temperatura média anual valores oscilando em torno de 26 °C. As temperaturas máximas médias anuais oscilam entre 32 °C e 33,7 °C, enquanto que, as mínimas médias anuais, variam de 21,1 °C a 22,4 °C (PACHECO E BASTOS, 2001).

SANTOS et al. (2015) mostram que a precipitação pluviométrica média anual no município de Capitão Poço é de 2.400 mm, com os meses mais chuvosos entre fevereiro e abril, com o pico em março.

O município de Capitão Poço está localizado em uma região sujeita a índices pluviométricos elevados e, conseqüentemente, a valores elevados de umidade relativa, tendo como médias anuais de umidade relativa valores variando de 70% a 85%. Os maiores índices de umidade relativa do ar ocorrem no período chuvoso (janeiro a maio), enquanto que os menores índices de umidade relativa acontecem no período menos chuvoso (outubro e novembro) (PACHECO E BASTOS, 2001).

A hidrografia do município de Capitão Poço, a qual se enquadram as características do igarapé da Prata, é descrita pela Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA, 2016):

O rio Guamá é o de maior importância no município, servindo de limite entre Capitão Poço e o município de Ourém, em toda sua porção norte e leste. Para o rio Guamá, converge toda a trama de pequenos rios e igarapés que se inserem no município; uns, em direção sul-norte, outros, em direção sudoeste-nordeste e outros, ainda, em direção, norte-sul (FAPESPA, 2016).

A vegetação do município de Capitão Poço, a qual se enquadram as características da bacia hidrográfica do igarapé da Prata, é descrita pela FAPESPA (2016):

A vegetação é caracterizada pela cobertura de Floresta Densa Latifolheada de platô, terraços e vegetação aluvial. Estando a área inserida na condição de frente pioneira, há incidência muito grande de desmatamentos e, conseqüentemente, áreas de capoeira. Atualmente, existe uma grande área com o cultivo de citrus (laranja), com fins industriais (FAPESPA, 2016).

“No trecho da bacia estudada predominam os Latossolos Amarelos distróficos e Latossolos Vermelho-Amarelo distróficos, com 84 e 14 % do total, respectivamente, ambos são solos profundos, homogêneos e quimicamente pobres” (SANTOS et al., 2015).

A FAPESPA (2016) aborda sobre os aspectos geológicos do município de Capitão Poço, os quais se enquadram nas características da bacia hidrográfica do igarapé da Prata:

A área do município de Capitão Poço é constituída, geologicamente, por sedimentos do Terciário Barreira e do Quaternário; possui, ainda, áreas com rochas cristalinas do Grupo Gurupi na curva do rio Guamá, no limite com o Município de Ourém. Também ocorrem restos de sedimentos do Cretáceo. O relevo acompanha a geologia, apresentando áreas de tabuleiros, terraços, várzeas e colinas baixas do Cristalino. Insere-se no Planalto Rebaixado da Zona Bragantina (FAPESPA, 2016).

4.3. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DAS ÁREAS DE DRENAGEM DOS PONTOS DE COLETAS

Rodrigues et al. (2016^a) realizaram a análise espacial da bacia hidrográfica do igarapé da Prata como um todo (até seu exutório junto ao rio Guamá), com a obtenção de um *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) e processamento dos dados digitais de elevação e drenagem, gerados através do Sistema de Informações Geográficas (SIG) utilizando softwares de geoprocessamento para obtenção da delimitação da bacia, e posterior definição das características físicas, como: área da bacia, perímetro, coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade, declividades, altitudes, densidade de drenagem e ordem dos cursos d'água.

4.4. RELAÇÕES ENTRE PRECIPITAÇÃO E DEFLÚVIO

Rodrigues et al. (2016^b) analisaram relações entre chuvas, cotas e vazões na bacia do igarapé da Prata, com base em dados das estações pluviométrica Ourém e fluviométrica Marambaia.

4.5. USO E COBERTURA DO SOLO

Rodrigues et al. (2016c) estimaram a evolução do uso e cobertura do solo na bacia do igarapé da Prata por meio da análise de imagens do sensor TM/Landsat 5 considerando os anos de 1984, 1990, 2001, 2006, 2009 e 2010. Por se tratar de uma área predominantemente rural, com atividades agropecuárias, a quantificação das áreas foi classificada em floresta (primária e secundária), terras cultivadas e pastagens.

4.6. ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Rodrigues, Bittencourt e Fernandes (2018, no prelo), avaliaram o coeficiente de escoamento superficial na bacia hidrográfica do igarapé da Prata por meio de valores literários usuais e do método do Serviço de Conservação dos Recursos Naturais (NRCS). Os autores encontraram um coeficiente próximo a 0,42 e concluíram que a bacia do igarapé da Prata apresenta boa infiltração, característica de áreas rurais, em função de seu coeficiente de escoamento superficial ser baixo.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

O processo de avaliação da qualidade da água superficial parte da elaboração de um planejamento de monitoramento definindo os pontos de amostragem e as variáveis que deverão ser monitoradas, considerando os usos múltiplos das águas, a localização de atividades que possam influenciar na sua quantidade e/ou qualidade e a natureza das possíveis cargas poluidoras.

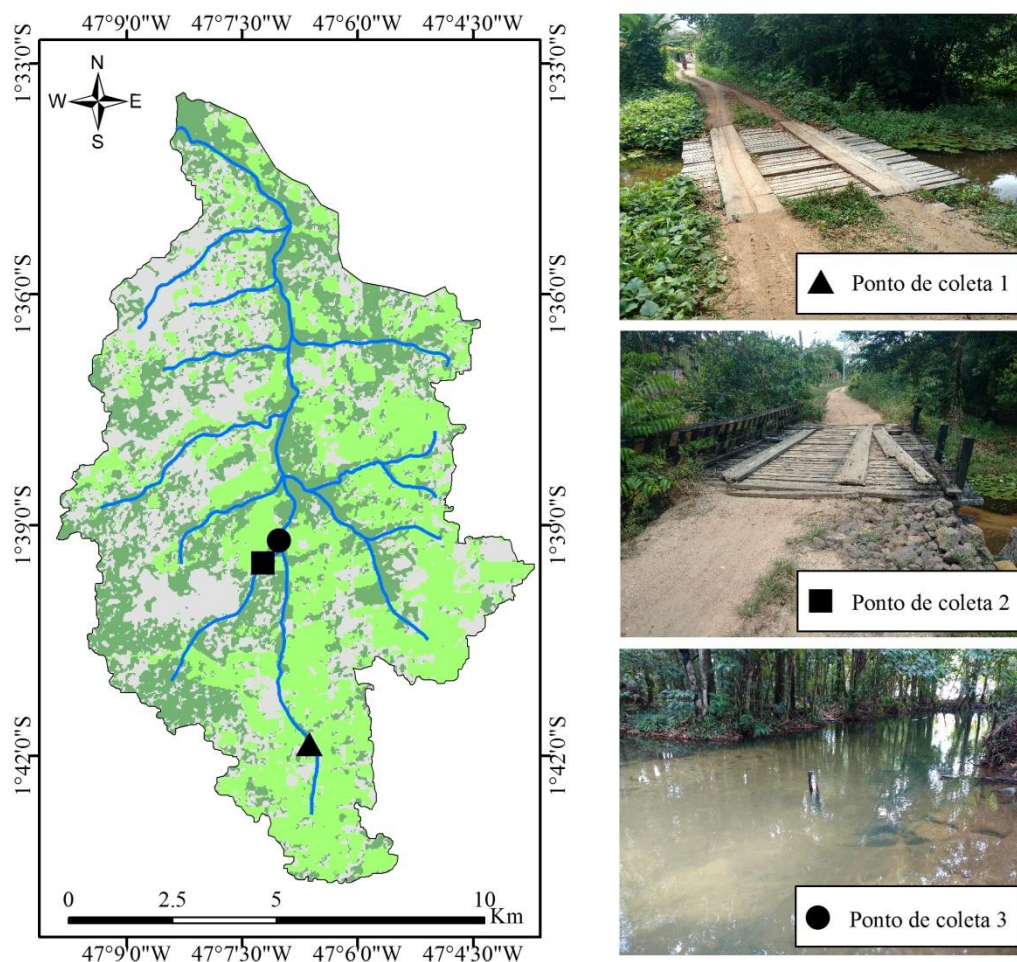
Dada a relevância da área em estudo, o planejamento do monitoramento da qualidade da água foi norteado pela disponibilidade de transporte e logística, tendo em vista a distância de 215 km por rodovias a partir da Universidade Federal do Pará (UFPA); pela disponibilidade de equipamentos, reagentes e materiais de campo e de laboratório para realização das análises físico-químicas e microbiológicas; e pela disponibilidade de recursos financeiros para suprir os custos das campanhas.

A pesquisa contou com campanhas de campo no período de abril de 2015 a outubro de 2017, composta pelo monitoramento do IQA-CETESB em três pontos de coleta. Os pontos de coletas foram escolhidos considerando a acessibilidade para garantia da execução em todo período de monitoramento.

Com a definição destes pontos de amostragem e das variáveis a serem analisadas, o passo seguinte se deu na definição do período de monitoramento e dos critérios de frequência entre coletas. Em geral, adotou-se um horizonte de projeto que viabilizasse a conclusão de dois anos hidrológicos, possibilitando a avaliação sazonal dos períodos chuvoso e menos chuvoso.

Analisou-se a possibilidade de realizar o monitoramento da qualidade da água de maneira que se pudesse distribuir os pontos de coleta e verificar a evolução do IQA-CETESB na medida que o curso d'água recebe contribuições de áreas com diferentes usos e atividades em desenvolvimento. Os pontos de coletas estão localizados conforme se apresenta na Figura 2.

Figura 2. Localização dos pontos de coletas na bacia hidrográfica do igarapé da Prata.



Fonte: Autor (2018).

No Quadro 6 apresentam-se as coordenadas geográficas dos pontos de coleta utilizados na pesquisa.

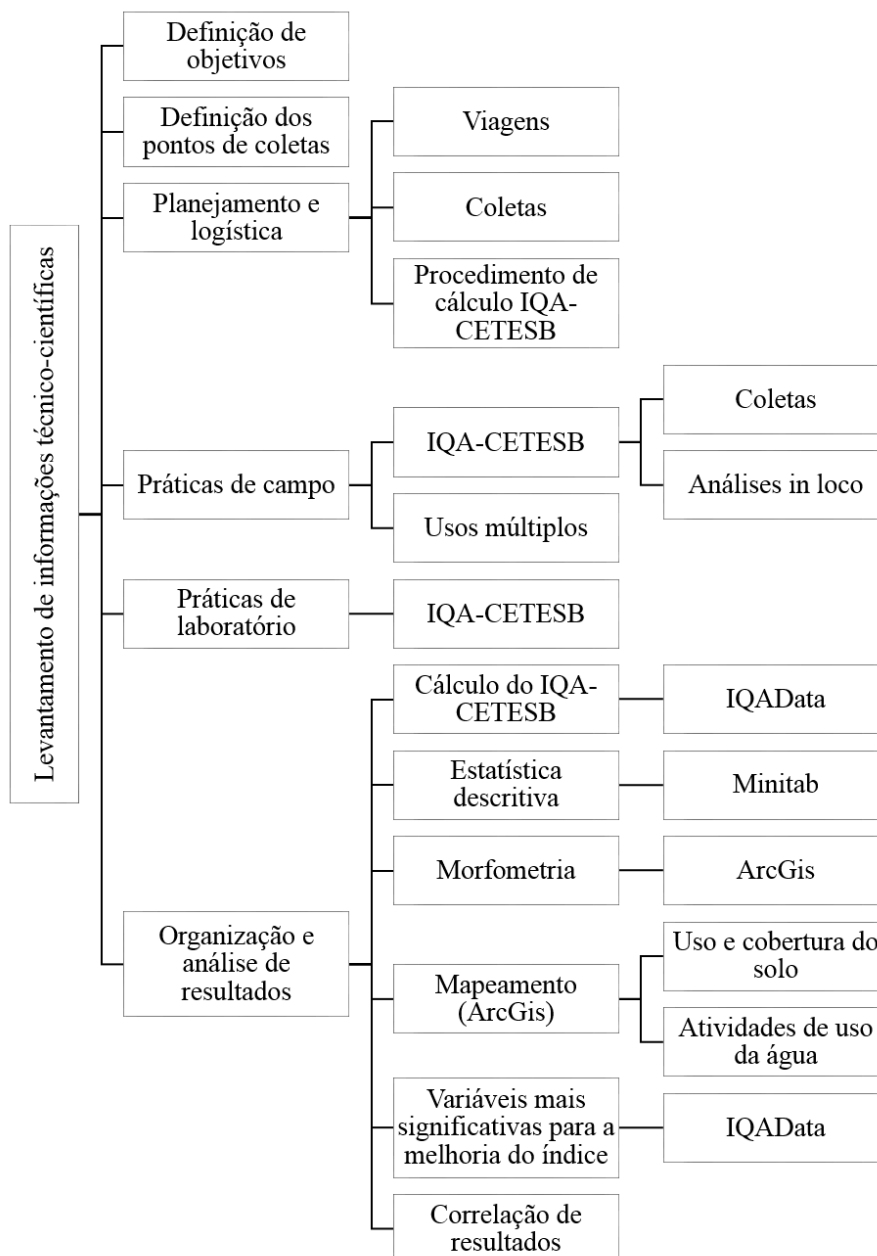
Quadro 6. Coordenadas geográficas dos pontos de coleta na bacia hidrográfica do igarapé da Prata.

Ponto	Latitude	Longitude	Localização
Ponto de Coleta 1	1° 41' 45,40" S	47° 6' 37,50" O	É o ponto mais próximo a nascente do curso d'água principal, localizado sobre uma ponte de madeira.
Ponto de Coleta 2	1° 39' 30,20" S	47° 7' 12,50" O	Localizado em um afluente do curso d'água principal, sobre uma ponte de madeira.
Ponto de Coleta 3	1° 39' 8,06" S	47° 7' 0,52" O	Localizado na área de acesso de um hotel local. É o ponto que possui a estação de monitoramento da ANA.

Fonte: Autor (2018).

Na Figura 3, para auxiliar na compreensão sobre o andamento da pesquisa, apresenta-se uma síntese do processo metodológico.

Figura 3. Fluxograma do processo metodológico.



Fonte: Autor (2018).

Com a definição da área de estudo e dos objetivos, a primeira etapa de pesquisa está ligada diretamente ao planejamento e envolveu frequência de coletas e logística. A logística envolve a disponibilidade de transporte, hospedagem, organização de material de campo para conservação de amostras e realização de análises.

A frequência de coletas, de acordo com a logística para os trabalhos de campo e laboratório, bem como pela disponibilidade de recursos financeiros, foi definida como mensal. No decorrer do período de realização da pesquisa, em alguns meses não foi possível realizar as coletas por conta da indisponibilidade de transporte. Este transporte foi disponibilizado pelo setor responsável junto a UFPA solicitado por agendamento via emissão de ofícios.

Quando possível, as coletas eram realizadas em dias de chuva, tendo em vista que a contribuição e carreamento do escoamento superficial é de suma importância quando se trata de alterações na qualidade hídrica superficial. Assim, em alguns meses as coletas foram realizadas duas vezes, em momentos distintos.

Na segunda etapa de trabalhos focou-se na execução das coletas, na realização de análises *in loco* e na preservação e transporte de amostras para o laboratório. Nesta etapa, também, envolveram as inspeções em campo buscando informações sobre uso e cobertura do solo e sobre atividades associadas aos usos múltiplos.

Na terceira etapa de pesquisa desenvolveu-se a prática laboratorial para análise das variáveis envolvidas no cálculo do IQA-CETESB.

Na quarta etapa de trabalho tratou-se do registro, organização, tratamento e associação dos dados obtidos, onde após cada campanha os dados coletados foram inseridos e organizados em Planilha Excel, intermediando a entrada de dados no processo de cálculo do IQA-CETESB e análise de estatística descritiva junto aos softwares apresentados no decorrer dos procedimentos metodológicos.

A conclusão das etapas de trabalho culmina na correlação entre as variáveis mais representativas para o resultado obtido do IQA-CETESB e as informações obtidas nas inspeções em campo buscando informações sobre uso e cobertura do solo e sobre atividades associadas aos usos múltiplos.

5.1. PROCEDIMENTO DE COLETA E ANÁLISE DAS VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS ENVOLVIDAS NO IQA-CETESB

As variáveis analisadas nesse estudo contemplam aquelas que serão utilizadas no cálculo do IQA-CETESB para classificar a qualidade da água do corpo hídrico, são elas: Temperatura (variação), potencial hidrogeniônico (pH), turbidez, resíduo total (RT), oxigênio dissolvido – OD (saturação), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio total (NT), fósforo total (PT) e coliformes termotolerantes (CT).

Em relação aos coliformes termotolerantes, considerou-se a *Escherichia coli*, um indicador microbiológico de qualidade da água (ZANINI et al., 2010; VÁLIO et al., 2013; ARRUDA; SANTOS; ROCHA, 2014; MALAGUTTI; TAUKE-TORNISIELO, 2014).

A amostragem para a análise das variáveis físico-químicas e microbiológicas foi realizada nos pontos de amostragem utilizando a técnica de imersão do vaso coletor a uma profundidade máxima de 30 cm da coluna de água (CETESB, 2011).

Foram utilizados frascos de polietileno com uma capacidade de 1 litro para as análises físico-químicas. As amostras foram coletadas, refrigeradas (± 4 °C) em caixas isotérmicas e transportadas para o laboratório logo após a amostragem.

Foram utilizados frascos de polietileno âmbar com uma capacidade de 1 litro para a análise da demanda bioquímica de oxigênio (DBO5) com base no mesmo critério de conservação discutido acima. Além disso, foram utilizados sacos NASCO® de 100 ml para as amostras de água para o exame microbiológico.

Todas as amostras foram condicionadas em caixas isotérmicas (± 4 °C) e transportadas para o Laboratório Multiusuário de Tratamento de Água (LAMAG) localizado no campus Belém da UFPA e gerenciado pelo Grupo de Estudos em Gerenciamento de Águas e Reuso de Efluentes (GESA), onde foram determinadas as concentrações de 05 variáveis: demanda bioquímica de oxigênio (DBO5), fósforo total, nitrogênio total, resíduo total e coliformes termotolerantes. As análises laboratoriais seguiram a metodologia descrita por APHA (1998).

As coletas foram realizadas, também, com análise integrada por sensor *in loco*, com auxílio de sonda multiparamétrica para análise de 03 variáveis: Temperatura, pH e oxigênio dissolvido. A variável turbidez foi analisada separadamente *in loco* com turbidímetro.

No Quadro 7 apresenta-se a síntese de informações sobre metodologia e equipamentos utilizadas para análise das variáveis físico-químicas e microbiológicas envolvidas no IQA-CETESB.

Quadro 7. síntese de informações sobre metodologia e equipamentos utilizadas para análise das variáveis físico-químicas e microbiológicas envolvidas no IQA-CETESB.

Variável	Metodologia	Equipamento	Faixa de leitura (equipamento)
Temperatura	Termometria	Sonda YSI Professional Plus	- 5 a 70°C
pH	Potenciometria	Sonda YSI Professional Plus	0 a 14 unidades
Sol. Totais	Gravimetria	Mufla, estufa, cadinho e balança de alta precisão	-
OD	Polarografia	Sonda YSI Professional Plus	0 a 50 mgO ₂ /L
N _{total}	Espectrofotometria	Espectrofotometro DR 3900	0,02 a 150 mgN/L
P _{total}	Espectrofotometria	Espectrofotometro DR 3900	0,02 a 150 mgP/L
Turbidez	Nefelometria	Turbidímetro Instrutherm TD-300	0 a 1000 NTU
DBO	Incubação por 20 dias	Frasco âmbar, agitador magnético e incubadora	0 a 1000 mgO ₂ /L
Coliformes termotolerantes	Cromogênico e Fluorogênico - CollilertR.	Maquina seladora, estufa e lâmpada de UV	0 a 2420 NMP/100 mL

5.2. CÁLCULO DO IQA

5.2.1. IQA-CETESB

Utilizado para avaliar águas destinadas ao abastecimento público, é calculado como o produto ponderado (Equação 3) dos valores normalizados de nove variáveis, n_i : variação de temperatura, pH, saturação de oxigênio dissolvido (%OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez. Cada parâmetro é ponderado por um valor w_i entre 0 e 1 e a soma de todos os pesos é 1. O resultado é expresso por um número entre 0 e 100 definidos através de curvas de normalização (CETESB, 2016).

$$IQA-CETESB = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i} \quad (3)$$

Em que q_i (qualidade do parâmetro i) é obtido através da curva média específica de qualidade (parâmetro gráfico) em função de sua concentração ou medida; w_i é o peso atribuído ao parâmetro em função de sua importância na qualidade.

Os indicadores individuais (padronizados) são combinados, onde o peso atribuído a cada indicador reflita sua importância relativa ou contribuição para o índice

(DOBBIE; DAIL, 2013). Os parâmetros adotados pela CETESB, suas unidades e respectivos pesos, encontram-se destacados na Tabela 1.

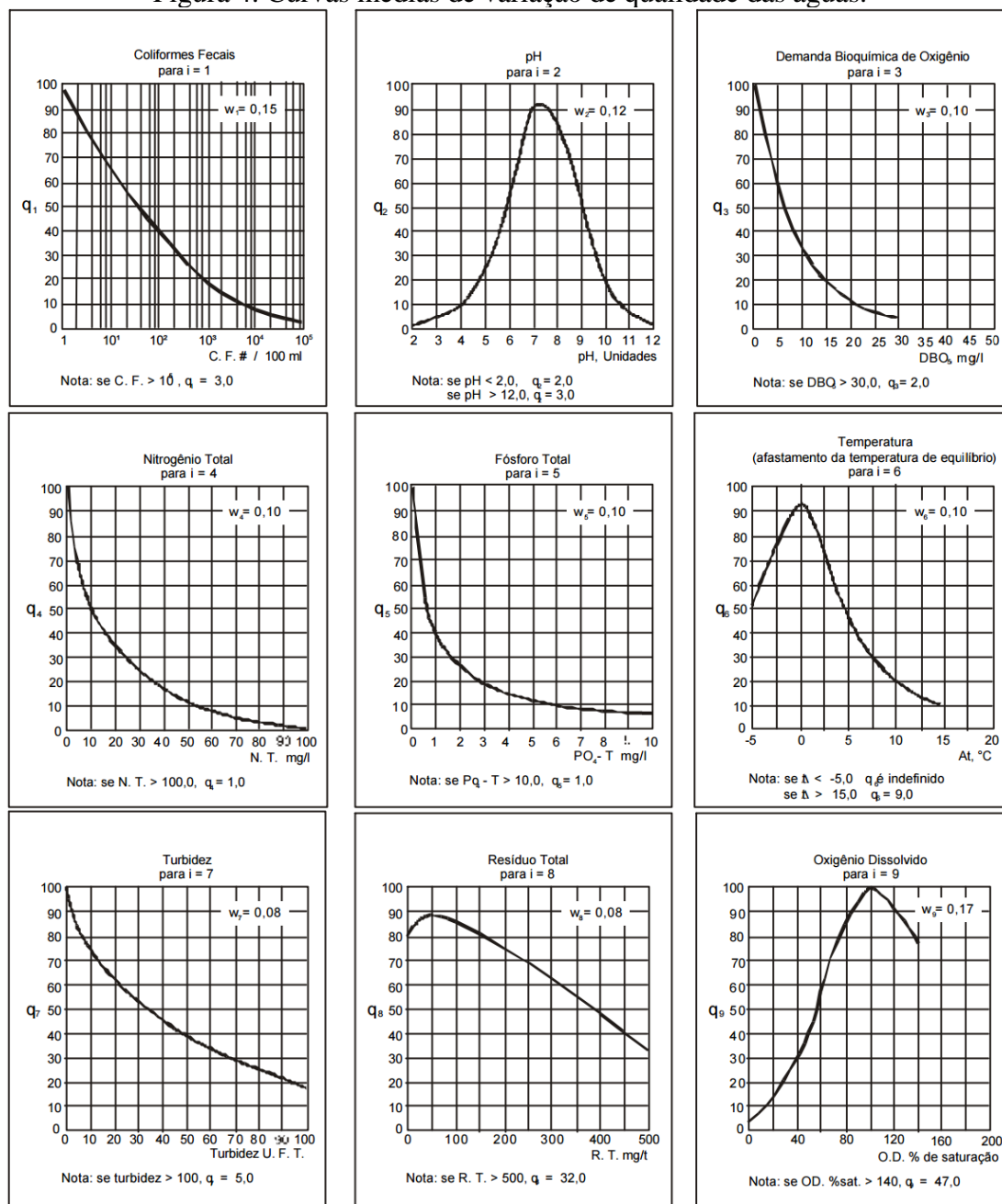
Tabela 1. Parâmetros, unidades e pesos relativos de cada variável do IQA CETESB.

Parâmetro	Unidade	Peso no IQA (wi)
Saturação de Oxigênio Dissolvido	(% OD)	0,17
Coliformes Termotolerantes	(NMP/100 mL)	0,15
pH	-	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5)	(mg/L)	0,1
Nitrogênio Total	(mg/L)	0,1
Fósforo Total	(mg/L)	0,1
Turbidez	UNT	0,08
Resíduo Total	mg/L	0,08
Variação de Temperatura	°C	0,1
Σ		1 ou 100%

Fonte: CETESB (2007).

Cada parâmetro possui um valor de qualidade (qi), obtido do gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida conforme se apresenta na Figura 4.

Figura 4. Curvas médias de variação de qualidade das águas.








Fonte: CETESB (2016).

Segundo CETESB (2016), considera-se que o afastamento da temperatura de equilíbrio, ou seja, a variação de temperatura é igual zero, uma vez que corpos d'água brasileiros não apresentam grande diferença a montante e a jusante.

No caso de não se dispor do valor de alguma das nove variáveis, o cálculo do IQA é inviabilizado. A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, classificado conforme se apresenta na Tabela 2.

Tabela 2. Classificação padrão do IQA-CETESB.

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

Fonte: CETESB (2016).

Racanicchi (2002) define cada uma das categorias que classificam a qualidade da água de acordo com a metodologia do IQA (Quadro 8).

Quadro 8. Definição de cada classificação da qualidade da água de acordo com a metodologia do IQA.

Categoria / Classificação	Definição
Ótima	Isto ocorre quando as águas se mantêm em condições naturais, não sofrendo processos de degradação e apresentando condições excelentes para manutenção do ecossistema aquático, abastecimento público e produção de alimentos.
Boa	Estas são águas encontradas em rios que se mantêm em condições naturais, embora possam receber, em alguns pontos, pequenas ações de degradação, mas que não comprometem a qualidade da água para a manutenção da vida aquática, abastecimento público e produção de alimentos.
Regular	Estas são águas encontradas em rios que sofrem grandes interferências e degradação, mas ainda podem ser utilizadas tanto para abastecimento público, após tratamentos físico-químicos e biológicos, como para a manutenção da biologia aquática e produção de alimentos.
Ruim	São águas encontradas em rios que sofrem grandes interferências e degradação, servindo apenas para navegação e geração de energia.
Péssima	São águas encontradas em rios que sofrem graves interferências e degradação, comprometendo a qualidade da água para diversos usos, servindo apenas para navegação e geração de energia.

Fonte: Racanicchi (2002).

Embora a CETESB (2009) apresente as equações representativas das curvas de qualidade para determinação dos valores de q_i para as nove variáveis utilizadas no cálculo do IQA, uma subjetividade no cálculo deste índice pode se dar na conversão dos valores dos parâmetros de maneira direta e visual. Como ferramenta prática para

solucionar esta questão, adotou o software livre IQAData Versão 2010 (registrado no INPI 10670-2) que resolve estas equações automaticamente.

Este software é dedicado ao desenvolvimento e a aplicação de diferentes índices de qualidade da água tendo como referência o modelo adotado pelo *US National Sanitation Foundation* (NSF), com a praticidade de permitir desenvolver novos modelos de qualidade mais adequados a realidade de cada pesquisa ou projeto de ensino, desenvolvido pelo Programa de Mestrado em Sistemas e Processos Industriais em parceria com o Departamento de Biologia e Farmácia da Universidade de Santa Cruz do Sul (POSSELT; COSTA, 2010).

A utilização do IQA-CETESB é adota pelos órgãos ambientais dos estados brasileiros mantendo os parâmetros e a distribuição de pesos (w_i). Porém, alguns estados adotam faixas de classificação do resultado do IQA-CETESB diferentes, como medida de maior ou menor rigor quanto aos resultados alcançados.

O estado do Rio Grande do Sul, onde o software livre IQAData Versão 2010 foi desenvolvido, adota uma classificação mais rigorosa para os resultados do índice em relação ao recomendado pela CETESB, conforme Quadro 9.

Quadro 9. Variação da faixa de classificação do IQA-CETESB por critérios estaduais no Brasil.

Faixas de IQA utilizadas nos seguintes Estados: AL, MG, MT, PR, RJ, RN, RS	Faixas de IQA utilizadas nos seguinte Estados: BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE, SP	Avaliação da Qualidade da Água
91-100	80-100	Ótima
71-90	52-79	Boa
51-70	37-51	Regular
26-50	20-36	Ruim
0-25	0-19	Péssima

Fonte: ANA (2017).

Mediante esta informação, verificou-se que o estado do Pará adota a classificação recomendada pela CETESB, de tal modo, a classificação apresentada pela utilização do software foi ajustada para a classificação local na apresentação dos resultados.

Outra funcionalidade deste software permite analisar individualmente cada resultado de IQA, verificando quais os parâmetros (variáveis) possuem maior representatividade sobre o valor final. Basicamente o software divide as variáveis em quatro grupos de representatividade (mais que 50%, entre 25% e 50%, entre 10% e

24%, e até 10%), indicando quais parâmetros são os prioritários para a melhoria da qualidade da água.

O software IQAData teve sua funcionalidade e praticidade discutida por Costa et al. (2012), e utilização em estudos para a avaliação da qualidade da água (COGERH, 2011; RAMOS JUNIOR, 2012; MORETTO et al., 2012; BIGUELINI, 2013; FONSECA, 2013; SOUZA et al., 2015; MORAIS et al., 2016; CARVALHO et al., 2016).

5.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Cada parâmetro do IQA foi analisado por meio de estatística descritiva com a utilização do software específico. O software utilizado foi o Minitab (RYAN JR et al., 1981). Este software é usual desde as engenharias, passando pelas ciências humanas até a área da saúde, é possível ver como a Estatística é essencial para a formação de profissionais qualificados, independente das áreas de atuação (ORTIZ; TOSCANO, 2010).

Ortiz e Toscano (2010) abordam de maneira simples e objetiva a utilização do software Minitab como ferramenta eficaz para análise de estatística descritiva, para organizar, resumir, comparar e descrever dados através de tabelas, gráficos e medidas resumo.

O programa Minitab é utilizado para análises estatísticas em estudos de diversas áreas de conhecimento (CHAIMOWICZ; GRECO, 1999; STERTZ et al., 2005; CESARINO et al., 2008; NUNES et al., 2008; GONÇALVES et al., 2011; TAKAHASHI et al., 2012); também, bastante usual em estudos específicos sobre qualidade das águas (SABINO et al., 2008; REIS et al., 2011; PEREIRA et al., 2012; FOLLADOR et al., 2012; VALLE JUNIOR et al., 2013; NASCIMENTO; NEVES, 2014).

O Ponto de Coleta 3 está localizado a jusante dos demais, sendo o mais representativo, em decorrência de sua maior área de drenagem e pelo fato de sua área de drenagem abranger as áreas de drenagem dos Pontos de Coleta 1 e 2.

Assim, a análise estatística foi realizada por ponto de coleta e pelo período chuvoso e menos chuvoso para cada ponto. A análise da variação dos resultados do IQA-CETESB como um todo, entre os pontos de coleta, está associada à compreensão da evolução e do comportamento da qualidade da água a medida que ela percorre o curso d'água.

A finalidade da estatística descritiva foi aplicar técnicas para melhor descrever e sintetizar um conjunto de dados observados. Na estatística descritiva, para o tratamento dos dados desta pesquisa, foram determinados a partir dos dados obtidos, os valores de média, mediana, primeiro quartil, terceiro quartil, desvio padrão, variância, coeficiente de variação, mínimo, máximo e amplitude.

Como medidas de dispersão, observou-se a variância e o desvio padrão. Estas medidas mostram a dispersão de uma distribuição de dados, ou seja, um valor alto para a variância (ou desvio padrão) indica que os valores observados tendem a estar distantes

da média. Se a variância for relativamente pequena, compreende-se que os dados tendem a estar mais concentrados em torno da média.

Feng et al. (2016) afirmam que as incertezas em meio aquático são muitas vezes ignoradas; no entanto, para Ip et al. (2009), essas incertezas, como o erro de monitoramento e a heterogeneidade dos poluentes, são inevitáveis na maioria dos casos. Quando o tamanho da amostra é pequeno e os dados hidrodinâmicos são insuficientes é difícil estabelecer modelos estatísticos eficazes para descrever o erro de monitoramento e as distribuições da concentração de poluentes (FENG et al., 2016).

Neste estudo foi aplicada a estatística descritiva sobre os resultados finais de IQA. Esta análise é de fundamental importância para explicar o que de fato representam os resultados das variáveis, e se elas sofrem grandes mudanças entre os períodos chuvoso e menos chuvoso, e ao longo dos pontos analisados.

5.4. CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DAS ÁREAS DE DRENAGEM DOS PONTOS DE COLETAS

O Modelo Digital de Elevação (MDE) utilizado neste estudo é um SRTM, arquivo “s02_w048_1arc_v3”, disponibilizado na base de dados do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) na plataforma *Earth Explorer*, com resolução espacial de 30m.

A projeção foi definida de GCS_WGS1984 com referência geográfica para *Universal Transversa de Mercator* (UTM) Datum SIRGAS 2000 Zona 23s (esta é a projeção plana da região de Capitão Poço/PA). A base de dados e as análises foram geradas através do sistema de informações geográficas, utilizando-se os softwares *ArcGis 10.1* e sua ferramenta *ArcHydro Tools*, seguindo os procedimentos metodológicos de acordo com o executado por Rodrigues et al. (2016a).

Com os softwares, obtêm-se as delimitações das áreas de drenagem dos pontos de coletas, possibilitando a definição das demais características físicas, como: área, perímetro, coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade, declividades, altitudes, densidade de drenagem. No Quadro 10 apresentam-se os parâmetros morfométricos calculados, suas formulações e descrições.

Quadro 10. Parâmetros morfométricos calculados.

Parâmetro morfométrico		Fórmula	Referência	Descrição
1	Área (A)	Definido pelo software GIS.	Schumm (1956).	
2	Perímetro (P)	Definido pelo software GIS.	Schumm (1956).	
3	Coeficiente de compacidade (Kc)	$Kc = Pr / 2 (\sqrt{\pi A})$	Horton (1945).	Segundo Villela e Mattos (1975), trata-se um número adimensional que varia com a forma da bacia, independente do seu tamanho, assim quanto mais irregular maior será o coeficiente de compacidade; para uma bacia alongada, seu valor é significativamente superior a 1; uma bacia será mais suscetível a enchentes mais acentuadas quando seu Kc for mais próximo de 1.
4	Fator de forma (FA)	$Fa = LB^2 / A$	Horton (1932).	De acordo com Villela e Mattos (1975), o FA constitui outro índice indicativo de maior ou menor suscetibilidade para enchentes de uma bacia, onde quanto mais baixo é menos sujeito a enchentes quanto outra do mesmo tamanho com fator de forma maior.

Continuação...

Parâmetro morfométrico		Fórmula	Referência	Descrição
5	Índice de circularidade (Ic)	$Rc = 4\pi A / Pr^2$	Miller (1953).	Tonello et al (2006) informam que o índice de circularidade (Ic) tende para a unidade (valor 1) à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma torna alongada.
6	Declividade máxima	Análise software GIS usando MDE.		
7	Declividade média	Análise software GIS usando MDE.		
8	Declividade mínima	Análise software GIS usando MDE.		A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1979) reclassifica declividades em seis intervalos distintos que são: Relevo plano (0 a 3%), Relevo suavemente ondulado (3 a 8%), Relevo ondulado (8 a 20%), Relevo fortemente ondulado (20 a 45%), Relevo montanhoso (45 a 75%) e Relevo fortemente montanhoso (acima de 75%).
9	Altitude máxima	Análise software GIS usando MDE.		
10	Altitude média	Análise software GIS usando MDE.		
11	Altitude mínima	Análise software GIS usando MDE.		
12	Comprimento do canal principal (L)	Definido pelo software GIS.		
13	Densidade de drenagem (Dd)	$Dd = \sum Lu / A$	Horton (1932, 1945). Costa e Lança (2001).	Segundo Villela e Mattos (1975) é um indicativo da eficiência da drenagem da bacia; esse índice pode variar de 0,5 km/km ² em bacias com drenagem pobre a 3,5 ou mais nas bacias excepcionalmente bem drenadas. Beltrame (1994) define que quando a densidade de drenagem é menor que 0,50 é considerada baixa, entre 0,50 e 2,00 é mediana, entre 2,01 e 3,50 é alta, e maior que 3,50 é muito alta.
14	Índice de Rugosidade (Ir)	$Ir = H \cdot Dd$	Melton (1957).	Diniz (2008) enfatiza que elevados valores de Ir indicam bacias sujeitas a cheias rápidas, devido a grandes desníveis entre a cabeceira e seção de referência associados a densa rede de drenagem.

Continuação...

Parâmetro morfométrico		Fórmula	Referência	Descrição
15	Declividade média do curso d'água principal (km/km)	Definido pelo software GIS.		
16	Tempo de concentração (min) (Kirpich modificado)	$t_c = 85,2 \cdot (L^3 / H)^{0,385}$	Kirpich (1940).	Utilizado para bacias com áreas de drenagem superiores a 100 ha

5.5. MAPEAMENTO DE USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA, USO E COBERTURA DO SOLO

A caracterização dos usos múltiplos foi baseada em inspeções de campo nas áreas de drenagem dos pontos de coletas, em conjunto com o levantamento fotográfico e mapeamento com GPS, fundamentais para auxiliar, também, na caracterização da situação atual do curso d'água do igarapé da Prata, possibilitando a espacialização de intervenções e usos que possam interferir na qualidade e/ou quantidade da água, alterações na direção de fluxo, largura e/ou profundidade do igarapé.

Para definição das áreas de uso e cobertura do solo, a ferramenta utilizada delimitou as superfícies utilizando uma imagem do *Google Earth* referente ao mês de agosto de 2015, junto ao software *ArcGis 10.1*. Para validação e comparação deste resultado, utilizou-se as bandas de imagens do sensor TM/Landsat 5 disponíveis na plataforma *Earth Explore* do *United States Geological Survey* (USGS) referentes ao ano de 2010, que são as mais atuais disponibilizadas sem interferência por nuvens.

As imagens do sensor TM/Landsat 5 foram exportadas para o software *ArcGis 10.1*, no qual realizou-se a confecção das composições coloridas em RGB (Red, Green, Blue). Esta composição de bandas (b5, b4 e b3) foi utilizada por se tratar de uma bacia hidrográfica predominantemente rural, com atividades agropecuárias, classificando e quantificando as áreas em floresta (primária e secundária), terras cultivadas e pastagens.

A predominância rural da bacia hidrográfica em estudo corrobora com uma classificação e quantificação de áreas em matas (primária e secundária), áreas cultivadas (agricultura) e pastagens (pecuária), como já utilizado no estudo de Rodrigues et al. (2016c).

A espacialização do uso e cobertura do solo e dos usos múltiplos foi associada aos resultados do IQA-CETESB e dos parâmetros mais representativos para a melhoria da qualidade da água.

5.6. VARIÁVEIS MAIS SIGNIFICATIVAS AO RESULTADO DO IQA-CETESB

Conforme a metodologia utilizada, com auxílio do software livre IQADData Versão 2010, o valor máximo alcançado através do cálculo do IQA-CETESB é de 96,58. Na Tabela 5 apresentam-se os maiores valores possíveis obtidos em uma análise de IQA-CETESB por meio da conversão dos valores das variáveis utilizando os gráficos das curvas médias de variação de qualidade das águas.

Tabela 3. Maiores valores possíveis ao se calcular o IQA-CETESB, conforme as conversões de q_i pelas curvas médias de variação de qualidade das águas.

Variável	wi	qimáx	qimáx ^{wi}	qimáx ^{wi} acumulado
DBO	0,1	100	1,58	1,58
Turbidez	0,08	96,7	1,44	2,28
Sólidos totais	0,08	85,8	1,43	3,26
Temperatura	0,1	93	1,57	5,13
OD	0,17	98,93	2,18	11,21
pH	0,12	93	1,72	19,31
Coliformes termotolerantes	0,15	100	2,00	38,53
Fósforo total	0,1	100	1,58	61,06
Nitrogênio total	0,1	98	1,58	96,58

Fonte: Adaptado do software IQADData.

A metodologia de cálculo do IQA, seja ele padronizado pela CETESB ou pela NFS, já possui critérios definidos de peso e relevância entre as variáveis utilizadas. Deste modo, a verificação da variável mais significativa ao resultado encontrado para o IQA-CETESB foi realizada numericamente, comparando-se os resultados de q_i^{wi} para cada variável com seu respectivo $q_{imáx}^{wi}$.

Esta análise numérica verifica a diferença entre o resultado máximo possível ($q_{imáx}^{wi}$) e o resultado obtido pelo cálculo da amostra avaliada (q_i^{wi}) para cada variável (Equação 10), denominada pelo software livre IQADData Versão 2010 como “Resultado IQA Inverso”.

$$\text{Resultado IQA Inverso} = q_{imáx}^{wi} - q_i^{wi} \quad (10)$$

Este Resultado IQA Inverso permite verificar numericamente, entre os 9 parâmetros do IQA-CETESB utilizadas, quais as variáveis mais se distanciaram do valor máximo possível, permitindo ao gestor que sejam adotadas medidas específicas ao controle dos possíveis fatores que alteram ou comprometem a referida variável, possibilitando a melhoria do IQA-CETESB.

Para facilitar o entendimento, estes valores serão expressos em percentuais (a proporção do valor de Resultado IQA Inverso de cada variável em relação ao somatório dos Resultado IQA Inverso da referida coleta avaliada sobre a centena), indicando quais as variáveis são mais significativas para melhoria do resultado do IQA-CETESB alcançado.

Compreender quais as variáveis têm mais influência numérica sobre o valor obtido do IQA-CETESB norteia a correlação entre o valor obtido pelo índice e os usos múltiplos mapeados nas áreas de drenagem de cada ponto de coleta.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 11 resume-se as informações sobre as campanhas realizadas, como datas, quantidade de coletas, a pluviosidade e as condições climáticas no dia da coleta.

Quadro 11. Campanhas de coleta de água realizadas na bacia hidrográfica do igarapé da Prata.

Campanha	Coleta	Data	Período	Condições climáticas no dia da coleta
1	1	07/04/2015	Chuvoso	Chuva horas antes da coleta. Sem chuva no momento da coleta.
2	2	18/05/2015	Chuvoso	Sem chuva.
3	3	25/06/2015	Menos chuvoso	Sem chuva.
4	4	29/10/2015	Menos chuvoso	Sem chuva.
5	5	25/11/2015	Menos chuvoso	Sem chuva.
6	6	29/12/2015	Chuvoso	Sem chuva.
7	7	17/03/2016	Chuvoso	Período da tarde, com chuva.
	8	17/03/2016		Período da noite, com chuva.
8	9	22/06/2016	Menos chuvoso	Chuva no momento da coleta.
	10	23/06/2016		Chuva horas antes da coleta. Sem chuva no momento da coleta.
9	11	06/10/2016	Menos chuvoso	Sem chuva.
10	12	21/01/2017	Chuvoso	Chuva horas antes da coleta. Sem chuva no momento da coleta.
11	13	13/02/2017	Chuvoso	Chuva no momento da coleta.
	14	14/02/2017		Chuva horas antes da coleta. Sem chuva no momento da coleta.
12	15	16/03/2017	Chuvoso	Chuva no momento da coleta.
13	16	19/04/2017	Chuvoso	Sem chuva.
14	17	16/05/2017	Chuvoso	Sem chuva.
	18	17/05/2017	Chuvoso	Sem chuva.
15	19	25/07/2017	Menos chuvoso	Sem chuva
	20	26/07/2017	Menos chuvoso	Sem chuva
16	21	30/08/2017	Menos chuvoso	Sem chuva
17	22	28/09/2017	Menos chuvoso	Sem chuva
18	23	26/10/2017	Menos chuvoso	Sem chuva

Fonte: Autor (2018).

Foram realizadas dezoito campanhas, com vinte e três coletas, sendo doze no período chuvoso e onze no período menos chuvoso.

6.1. VALORES DE IQA-CETESB

Os resultados dos valores de IQA-CETESB obtidos na bacia hidrográfica do igarapé da Prata para os três pontos de coletas durante o período de amostragem são apresentados no Quadro 12.

Quadro 12. Valores de IQA-CETESB calculados para os três pontos de coletas na bacia hidrográfica do igarapé da Prata.

Campanha	Coleta	Data	Período	Resultado IQA-CETESB		
				P01	P02	P03
1	1	07/04/2015	Chuvoso	77,2	64,0	45,0
2	2	18/05/2015	Chuvoso	59,5	67,1	60,7
3	3	25/06/2015	Menos chuvoso	57,5	56,9	60,9
4	4	29/10/2015	Menos chuvoso	66,2	72,6	71,3
5	5	25/11/2015	Menos chuvoso	82,0	64,9	71,1
6	6	29/12/2015	Chuvoso	57,0	56,3	57,7
7	7	17/03/2016	Chuvoso	50,6	69,5	69,9
	8	17/03/2016		33,5	57,5	64,6
8	9	22/06/2016	Menos chuvoso	34,0	41,9	49,2
	10	23/06/2016		39,5	44,3	36,9
9	11	06/10/2016	Menos chuvoso	52,1	59,6	69,6
10	12	21/01/2017	Chuvoso	46,9	56,2	55,9
11	13	13/02/2017	Chuvoso	38,1	52,0	57,1
	14	14/02/2017		49,0	56,2	55,3
12	15	16/03/2017	Chuvoso	52,6	54,6	64,4
13	16	19/04/2017	Chuvoso	65,1	57,1	72,9
14	17	16/05/2017	Chuvoso	54,8	60,6	60,5
	18	17/05/2017	Chuvoso	49,0	59,4	54,1
15	19	25/07/2017	Menos chuvoso	47,6	51,3	62,0
	20	26/07/2017	Menos chuvoso	53,6	56,0	53,2
16	21	30/08/2017	Menos chuvoso	54,2	64,8	67,5
17	22	28/09/2017	Menos chuvoso	59,1	56,5	65,6
18	23	26/10/2017	Menos chuvoso	64,2	63,9	72,8

Legenda CETESB:	Ótima	Boa	Regular	Ruim	Péssima
-----------------	-------	-----	---------	------	---------

Fonte: Autor (2018).

Em geral, é possível observar que o Ponto de Coleta 1 foi o que apresentou maior variabilidade na qualidade da água durante o período de amostragem, ou seja, apresentou os piores resultados de IQA-CETESB em relação aos demais pontos, apresentando uma única classificação “Ótima”, pouco mais da metade dos resultados com classificação “Boa”, sete resultados com classificação “Regular” e dois resultados classificados como “Ruim”.

Os Pontos de Coleta 2 e 3 apresentaram qualidade da água, em sua maioria, classificada como “Boa”, com poucos resultados classificados como “Regular”. No Quadro 13 apresentam-se os valores obtidos na análise estatística descritiva do Ponto de Coleta 1.

Quadro 13. Estatística descritiva dos dados observados para o Ponto de Coleta 1, considerando o período completo (geral) e a sazonalidade (chuvoso e menos chuvoso).

Ponto de Coleta 1	IQA-CETESB					
	Geral		Chuvoso		Menos chuvoso	
Média	54,1		52,8		55,5	
Mediana	53,6		51,6		54,2	
Primeiro Quartil (25%)	48,3		48,5		49,9	
Terceiro Quartil (75%)	59,3		57,7		61,7	
Desvio padrão	12,1	66,2	11,6	64,3	13,1	68,5
		42,0		41,2		42,4
Variância	146,3		133,5		170,6	
Coeficiente de variação	22,37%		21,89%		23,55%	
Mínimo	33,5		33,5		34,0	
Máximo	82,0		77,2		82,0	
Amplitude	48,5		43,7		48,0	

Legenda CETESB:	Ótima	Boa	Regular	Ruim	Péssima
-----------------	-------	-----	---------	------	---------

Fonte: Autor (2018).

A qualidade da água no Ponto de Coleta 1 foi classificada pelos valores médios como “Boa”, em uma organização geral e para os períodos de maior e menor pluviosidade. Os períodos de chuva e menos chuva apresentaram valores mínimos classificados como “Ruim”, assim como os resultados de primeiro quartil indicam que a partir do conjunto de observações ordenado em ordem crescente, a classificação Regular abrange os primeiros 25% dos resultados.

O período menos chuvoso apresentou um valor máximo com classificação “Ótima”. Analisando-se os resultados obtidos quanto a dispersão, verifica-se valores elevados para variância e amplitude, assim, considerando os resultados obtidos pelo desvio padrão, no Ponto de Coleta 1 a classificação final da qualidade da água é “Regular/Boa”.

Não se pode desprezar os resultados classificados como “Ruim”, indicando grandes interferências e degradação da qualidade hídrica, um indicativo para utilização somente para navegação e geração de energia.

No Quadro 14 apresentam-se os valores obtidos na análise estatística descritiva do Ponto de Coleta 2.

Quadro 14. Estatística descritiva dos dados observados para o Ponto de Coleta 2, considerando o período completo (geral) e a sazonalidade (chuvoso e menos chuvoso).

Ponto de Coleta 2	IQA-CETESB					
	Geral		Chuvoso		Menos chuvoso	
Média	58,4		59,2		57,5	
Mediana	57,1		57,3		56,9	
Primeiro Quartil (25%)	56,1		56,2		53,7	
Terceiro Quartil (75%)	63,9		61,4		64,3	
Desvio padrão	7,2	65,6	5,2	64,4	9,2	66,7
		51,1		54,0		48,3
Variância	52,5		27,2		84,0	
Coeficiente de variação	12,41%		8,80%		15,93%	
Mínimo	41,9		52,0		41,9	
Máximo	72,6		69,5		72,6	
Amplitude	30,7		17,5		30,7	

Legenda CETESB:	Ótima	Boa	Regular	Ruim	Péssima
-----------------	-------	-----	---------	------	---------

Fonte: Autor (2018).

A qualidade da água no Ponto de Coleta 2 foi classificada pelos valores médios como “Boa”, em uma organização geral e para os períodos de maior e menor pluviosidade. O período menos chuvoso apresentou valores mínimos classificados como “Regular”.

O período menos chuvoso também apresentou um valor máximo com resultado melhor do que o apresentado no período chuvoso, com classificação “Boa”. Os resultados da análise de primeiro quartil indicam que a partir do conjunto de observações ordenado em ordem crescente, a classificação Boa deixa 25% dos resultados abaixo.

O período chuvoso apresentou menor amplitude entre os resultados obtidos. Analisando-se os resultados obtidos quanto a dispersão, verifica-se menores valores para variância e amplitude com relação ao Ponto de Coleta 1, assim, considerando os resultados obtidos pelo desvio padrão, no Ponto de Coleta 2 a classificação final da qualidade da água é “Boa”.

No Quadro 15 apresentam-se os valores obtidos na análise estatística descritiva do Ponto de Coleta 3.

Quadro 15. Estatística descritiva dos dados observados para o Ponto de Coleta 3, considerando o período completo (geral) e a sazonalidade (chuvoso e menos chuvoso).

Ponto de Coleta 3	IQA-CETESB					
	Geral		Chuvoso		Menos chuvoso	
Média	60,8		59,8		61,8	
Mediana	60,9		59,1		65,6	
Primeiro Quartil (25%)	55,6		55,7		57,0	
Terceiro Quartil (75%)	68,6		64,4		70,3	
Desvio padrão	9,3	70,1	7,5	67,3	11,2	73,0
		51,5		52,4		50,6
Variância	86,1		55,9		125,6	
Coefficiente de variação	15,26%		12,49%		18,13%	
Mínimo	36,9		45,0		36,9	
Máximo	72,9		72,9		72,8	
Amplitude	35,9		27,8		35,8	

Legenda CETESB:	Ótima	Boa	Regular	Ruim	Péssima
-----------------	-------	-----	---------	------	---------

Fonte: Autor (2018).

A qualidade da água no Ponto de Coleta 3 foi classificada pelos valores médios como “Boa”, em uma organização geral e para os períodos de maior e menor pluviosidade. Os períodos de chuva e menos chuva apresentaram valores mínimos classificados como “Regular” e valores máximo com classificação “Boa”, porém, o período chuvoso apresentou menos amplitude entre os resultados.

Os resultados da análise de primeiro quartil indicam que a partir do conjunto de observações ordenado em ordem crescente, a classificação Boa deixa 25% dos resultados abaixo.

Analisando-se os resultados obtidos quanto a dispersão (variância e amplitude), considerando os resultados obtidos pelo desvio padrão, no Ponto de Coleta 3 a classificação final da qualidade da água é Boa. Porém, o período menos chuvoso, embora numericamente apresente valor muito próximo a classificação “Boa”, apresentou desvio padrão com valor Regular.

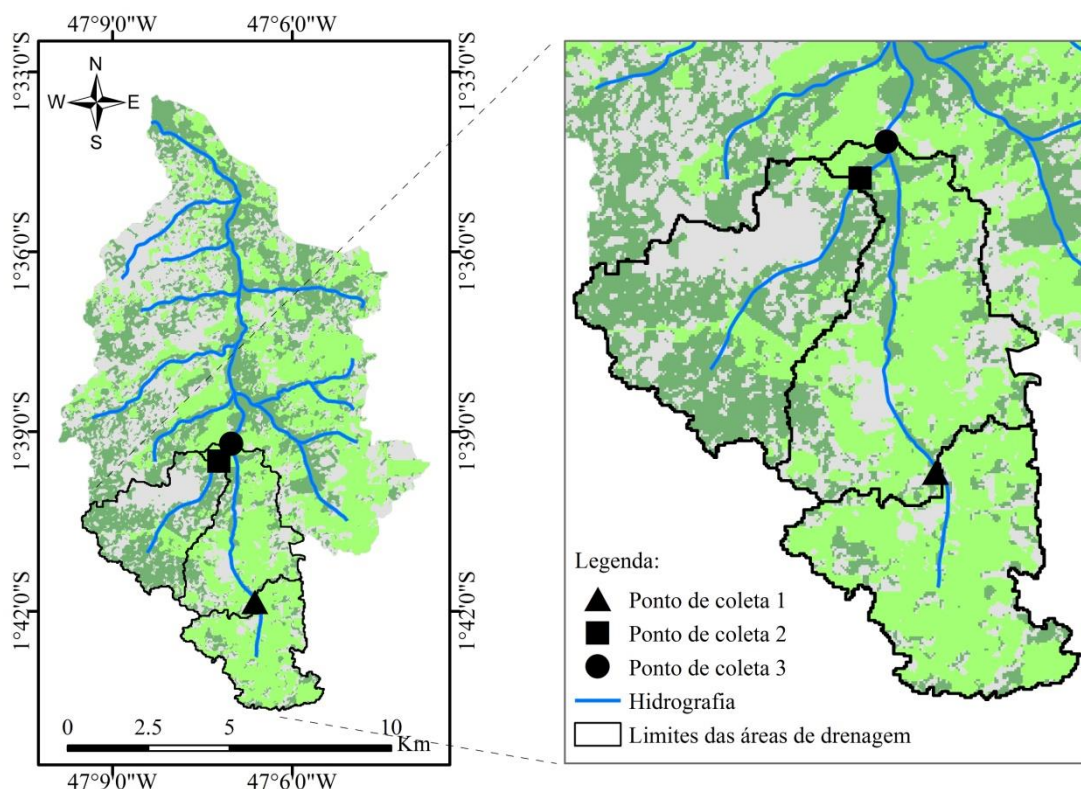
Este ponto de coleta, geograficamente é o mais representativo entre os pontos para classificação da qualidade hídrica na bacia do igarapé da Prata, é o ponto com localização mais a jusante, ou seja, sua área de drenagem abrange a área de drenagem dos demais. Partindo desta visualização a classificação final da qualidade da água na bacia hidrográfica do igarapé da Prata é “Boa” com variações tendendo a “Regular”.

De acordo com as definições de classificação da qualidade da água apresentada por Racanicchi (2002), estas são águas encontradas em rios que sofrem ações de degradação, mas que não comprometem a qualidade da água para a manutenção da vida aquática e produção de alimentos (tanto pela classificação Regular e Boa), e ainda podem ser utilizadas tanto para abastecimento público, após tratamentos físico-químicos e biológicos (a se considerar os resultados regulares obtidos).

6.2. MORFOMETRIA DAS ÁREAS DE DRENAGEM DOS PONTOS DE COLETAS

A delimitação das áreas de drenagem dos pontos de coletas, realizada conforme o procedimento metodológico apresentado, mostrou limites conforme espacializado na Figura 5.

Figura 5. Delimitação dos pontos de coletas na bacia hidrográfica do igarapé da Prata.



Fonte: Autor (2018).

Conhecer a morfometria das áreas de drenagem dos pontos de coletas é fundamental para compreender se essas áreas são suscetíveis a cheias rápidas em condições normais de precipitação.

As informações morfométricas das áreas de drenagem dos pontos de coletas apresentaram valores conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Informações morfométricas das áreas de drenagem dos pontos de coletas na bacia hidrográfica do Igarapé da Prata.

Características geométricas	(Rodrigues et al., 2016a)	Ponto de Coleta 1	Ponto de Coleta 2	Ponto de Coleta 3
Área total (km ²)	115,283	9,622	10,834	32,554
Perímetro total (km)	70,151	24,287	22,971	44,039
Kc	1,829	2,192	1,954	2,161
FA	0,356	0,772	0,583	1,344
Ic	0,294	0,205	0,558	0,210
Características de relevo				
Declividade máxima (%)	30,84	11,60	17,42	20,15
Declividade média (%)	7,27	2,27	2,99	2,85
Declividade mínima (%)	0	0	0	0
Altitude máxima (m)	104	98	104	104
Altitude média (m)	75,37	83,98	79,08	79,97
Altitude mínima (m)	10	73	62	61
Caracterização da rede de drenagem				
Comprimento do curso d'água principal (km)	16,94	1,71	3,74	6,80
Dd (km/km ²)	0,525	0,177	0,345	0,208
Ír	0,049	0,004	0,014	0,008
Declividade média do curso d'água principal (km/km)	0,0034	0,0181	0,0021	0,0064
Tc (min) (Kirpich modificado)	470	181,65	175,55	42,20

Fonte: Autor (2018).

Pelos resultados do Kc e Ic, compreende-se que todas áreas de drenagem dos pontos de coletas são alongadas, ou seja, não suscetível a enchentes mais acentuadas em condições normais de pluviometria. A análise das declividades médias indica que os relevos são planos. As áreas possuem baixa densidade de drenagem e não possuem grandes desníveis. Os cursos d'água têm um valor baixo para declividade média, indicando baixa velocidade do escoamento, elevando seus tempos de concentração.

6.3. MAPEAMENTO DE USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA, USO E COBERTURA DO SOLO NA ÁREA DE ESTUDO

A quantificação das áreas classificadas para cada área de drenagem dos pontos de coletas está expressa na Tabela 5.

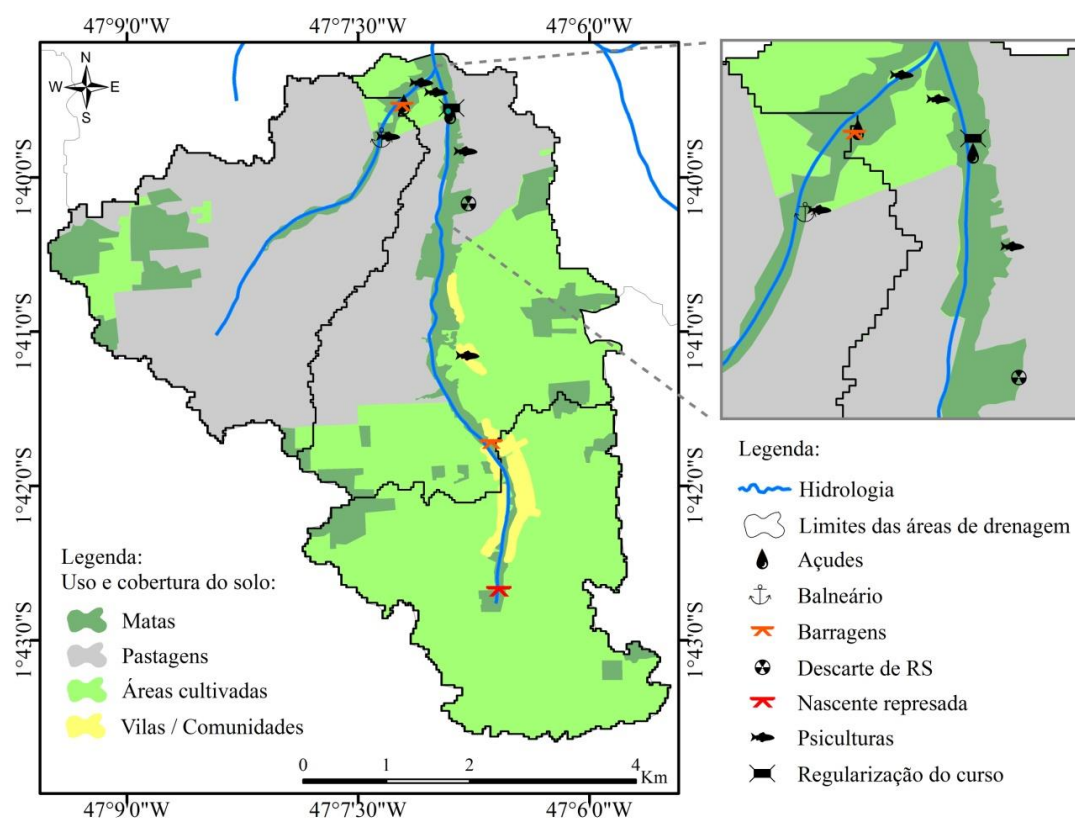
Tabela 5. Quantificação das áreas de uso e cobertura do solo nas áreas de drenagem dos pontos de coletas na bacia hidrográfica do igarapé da Prata.

Classificação	Áreas (km ²)		
	Ponto de coleta 1	Ponto de coleta 2	Ponto de coleta 3
Matas	0,784	1,391	4,344
Áreas cultivadas	8,838	0,612	16,627
Pastagens	0	8,831	11,583
Total	9,622	10,834	32,554

Fonte: Autor (2018).

As áreas de uso e cobertura do solo, juntamente com os pontos associados aos usos múltiplos mais relevantes nas áreas de drenagem dos pontos de coletas na bacia hidrográfica do igarapé da Prata, estão espacializados conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6. Uso e cobertura do solo nas áreas de drenagem dos pontos de coletas na bacia hidrográfica do igarapé da Prata.



A principal via de acesso entre os pontos de coletas fica à margem esquerda do igarapé. Uma via pavimentada com terra e seixo, composta por subidas e descidas, e trechos com redução de largura (por obstrução de vegetação ou lavagem do pavimento pela chuva). Algumas vias vicinais são de acesso às grandes propriedades privadas.

Estes fatores foram desfavoráveis ao levantamento de usos múltiplos. Nestas áreas foi priorizado o levantamento por imagens de satélites.

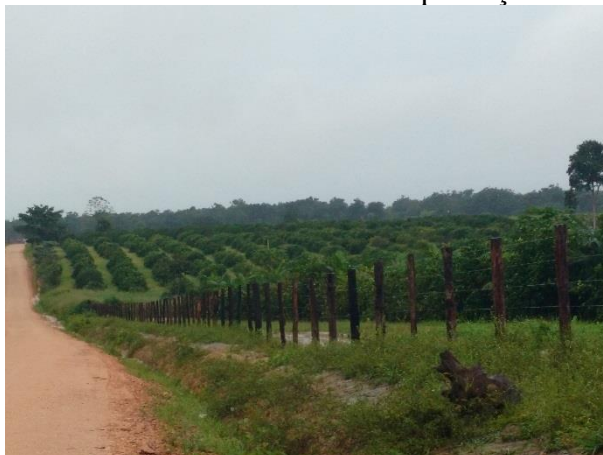
A área de drenagem do Ponto de Coleta 1 tem predominância de terras cultivadas (Figuras 7 e 8).

Figura 7. Grande plantação de maracujá na área de drenagem do Ponto de Coleta 1.



Fonte: Autor (2018).

Figura 8. Grande área de cultivo destinada à produção de frutas cítricas.



Fonte: Autor (2018).

Destacam-se a presença de mata ciliar no decorrer do curso d'água e a presença de comunidades residindo em seu entorno (Figura 9).

Figura 9. Imagem de satélite da concentração de edificações às margens do curso d'água na área de drenagem do Ponto de Coleta 1.



Fonte: Google Earth.

A presença da comunidade, nas atuais condições de saneamento local, com ausência de serviços básicos como coleta de resíduos sólidos, distribuição de água potável e esgotamento sanitário, é um indicativo de degradação hídrica.

Nesta área foram encontrados alguns pontos de acumulo de água (pontos baixos na superfície), porém, a principal intervenção identificada foi o barramento construído na nascente do curso d'água principal (Figura 10), uma estrutura de terra construída sem critérios técnicos, semelhante a um vertedouro.

Figura 10. Barramento construído na nascente do curso d'água principal.



Nota: Coordenadas geográficas 1° 42' 40,91" S de latitude e 47° 6' 34,71" O de longitude. Fonte: Autor (2018).

Uma barragem feita com ensacadeiras (Figura 11), cerca de 50 metros a montante do Ponto de Coleta 1, ou seja, já na área de influência do Ponto de Coleta 3, pode trazer prejuízos pela proximidade. Um barramento reduz a vazão de saída e cria uma área de acumulo e remanso.

Figura 11. Barramento construído com ensacadeiras.



Nota: Coordenadas geográficas 1° 41' 43,6" S de latitude e 47° 6' 37,8" O de longitude. Fonte: Autor (2018).

Na área de drenagem do Ponto de Coleta 2 existe a predominância de pastagens (Figura 12), com pequenos produtores agrícolas.

Figura 12. Movimentação do gado em áreas de pastagem.



Fonte: Autor (2018).

É composta pelo lado oeste da bacia, área de maior dificuldade de acesso devido as propriedades privadas e as condições de alguns trechos de estrada. A presença de mata ciliar no decorrer do curso d'água é aparentemente menos densa do que em relação a área de drenagem do Ponto de Coleta 1, assim ocorre também com as comunidades, existindo casas muito mais distantes umas das outras.

Foram encontradas pisciculturas (Figura 13), um barramento com finalidade da criação de um balneário (Figura 14), uma escavação com barramento para represar água para atividades domésticas (Figura 15) e um açude/piscicultura (identificado por imagens de satélite).

Figura 13. Piscicultura na área de drenagem do Ponto de Coleta 2.



Nota: Coordenadas geográficas 1° 39' 44,13" S de latitude e 47° 7' 18,06" O de longitude. Fonte: Autor (2018).

Figura 14. Barramento para criação de um balneário.



Nota: Coordenadas geográficas 1° 39' 44,47" S de latitude e 47° 7' 19,96" O de longitude. Fonte: Autor (2018).

Figura 15. Escavação e barramento para represar água para atividades domésticas.



Nota: Coordenadas geográficas 1° 39' 32,4" S de latitude e 47° 7' 12,5" O de longitude. Fonte: Autor (2018).

A área de drenagem do Ponto de Coleta 3 recebe as contribuições das demais áreas, acrescida de uma área de drenagem mista composta por pastagens e terras cultivadas, com a presença de mata ciliar no decorrer do curso d'água e comunidades residindo em seu entorno.

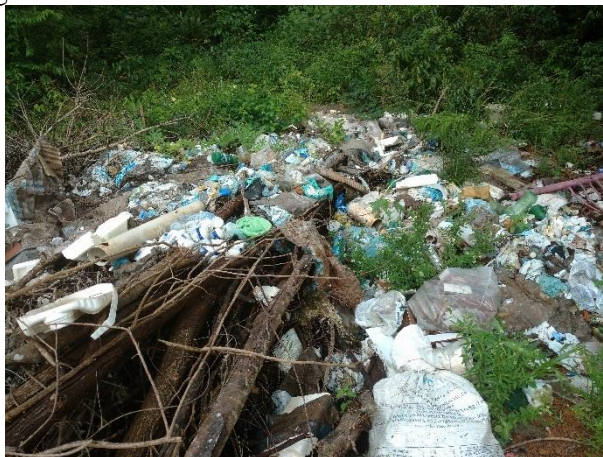
Foram encontradas pisciculturas (Figura 16), um espaço com descarte de resíduos sólidos (Figura 17) e resíduos perigosos (Figura 18), trechos com regularização do curso d'água (Figura 19) e uma escavação para acúmulo de água às margens do curso d'água (Figura 20).

Figura 16. Piscicultura na área de drenagem do Ponto de Coleta 3.



Nota: Coordenadas geográficas 1° 39' 50,29" S de latitude e 47° 6' 47,23" O de longitude. Fonte: Autor (2018).

Figura 17. Resíduos sólidos descartados a céu aberto.



Nota: Coordenadas geográficas 1° 40' 10,2" S de latitude e 47° 6' 47,1" O de longitude. Fonte: Autor (2018).

Figura 18. Descarte a céu aberto de resíduos perigosos (frascos de vacina contra febre aftosa).



Nota: Coordenadas geográficas 1° 40' 10,2" S de latitude e 47° 6' 47,1" O de longitude. Fonte: Autor (2018).

Figura 19. Trecho com regularização do curso d'água.



Nota: Coordenadas geográficas 1° 39' 35,2" S de latitude e 47° 6' 54,0" O de longitude. Fonte: Autor (2018).

Figura 20. Escavação para acumulo de água às margens do curso d'água na área de drenagem do Ponto de Coleta 3.



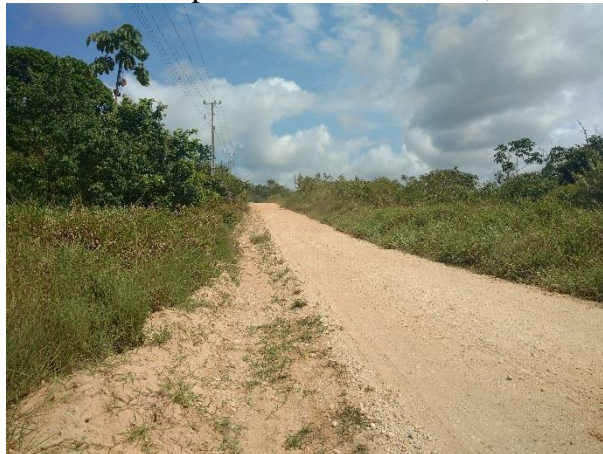
Nota: Coordenadas geográficas 1° 39' 34,2" S de latitude e 47° 6' 55,0" O de longitude. Fonte: Autor (2018).

As principais atividades que podem causar alterações na quantidade e qualidade das águas nas áreas de drenagem dos pontos de coleta foram as construções aparentemente irregulares de barragens e de regularizações no curso d'água (controle da largura), em geral, estas intervenções estão associadas a outras atividades, como, reserva de água em açudes, reservatórios para criação de peixes e acúmulo de água para recreação. Outro ponto relevante é a nascente principal represada, com um vertedouro rústico para controle da vazão.

Os pequenos aglomerados populacionais, as vilas, são presentes em trechos próximos ao curso d'água principal. Durante as inspeções em campo foram constatadas algumas relações de usos, como, agricultura familiar, criação de animais de pequeno porte, usos domésticos e descarga de esgotos sanitários.

Outra característica importante encontrada na bacia hidrográfica em estudo é a presença de empresas seixeiras. Não foram encontradas áreas de extração de seixo dentro das áreas de influência dos pontos estudados, porém, toda infraestrutura viária na área da bacia, depende da pavimentação por seixo, para garantia do tráfego de pessoas e cargas (Figura 21). Ocorre que durante chuvas intensas este material é carregado para o curso d'água (Figura 22).

Figura 21. Estrada pavimentada com terra, areia e seixo.



Fonte: Autor (2018).

Figura 22. Curso d'água durante uma chuva intensa.



Fonte: Autor (2018).

Ocorre que, segundo Malone (2009), o aumento da concentração de sedimentos resulta em um ambiente desfavorável aos organismos aquáticos devido a redução do nível de oxigênio na água e também pela alteração de sua temperatura.

6.4. IDENTIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS MAIS REPRESENTATIVOS AO RESULTADO DO IQA

No Quadro 16 apresentam-se os valores do Resultado IQA Inverso de cada variável, para o Ponto de Coleta 1 na bacia hidrográfica do igarapé da Prata.

Quadro 16. Valores de Resultado IQA Inverso para cada variável para o Ponto de Coleta 1 em todo o período de estudo.

Período			Resultado IQA Inverso								
Ano	Sazonalidade	Mês	a	b	c	d	e	f	g	h	i
2015	Chuvoso	Abril	0,02	0,02	0,00	0,00	0,10	0,14	0,11	0,01	0,01
		Maio	0,13	0,01	0,00	0,00	0,03	0,25	0,21	0,15	0,01
	Menos chuvoso	Junho	0,19	0,02	0,00	0,00	0,14	0,17	0,16	0,17	0,02
		Outubro	0,09	0,01	0,00	0,00	0,00	0,20	0,15	0,15	0,02
		Novembro	0,09	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,15	0,00	0,02
2016	Chuvoso	Dezembro	0,27	0,02	0,00	0,00	0,16	0,08	0,30	0,04	0,03
		Março ¹	0,30	0,06	0,00	0,00	0,40	0,03	0,25	0,01	0,05
		Março ²	0,32	0,04	0,04	0,00	0,45	0,03	0,38	0,21	0,27
	Menos chuvoso	Junho ¹	0,09	0,30	0,01	0,00	0,24	0,37	0,45	0,16	0,04
		Junho ²	0,10	0,09	0,16	0,00	0,25	0,31	0,45	0,08	0,04
Outubro		0,09	0,00	0,00	0,00	0,23	0,24	0,25	0,20	0,03	
2017	Chuvoso	Janeiro	0,04	0,01	0,00	0,00	0,15	0,28	0,39	0,28	0,04
		Fevereiro ¹	0,02	0,30	0,01	0,00	0,12	0,13	0,38	0,06	0,40
		Fevereiro ²	0,05	0,08	0,00	0,00	0,26	0,15	0,45	0,07	0,11
		Março	0,10	0,15	0,00	0,00	0,19	0,31	0,08	0,03	0,12
		Abril	0,05	0,03	0,01	0,00	0,19	0,20	0,21	0,01	0,01
		Maio ¹	0,13	0,01	0,00	0,00	0,20	0,30	0,22	0,05	0,06
		Maio ²	0,13	0,01	0,00	0,00	0,20	0,18	0,39	0,16	0,08
	Menos chuvoso	Julho ¹	0,12	0,09	0,01	0,00	0,22	0,21	0,45	0,03	0,09
		Julho ²	0,12	0,00	0,00	0,00	0,20	0,15	0,43	0,02	0,11
		Agosto	0,13	0,01	0,00	0,00	0,20	0,17	0,40	0,01	0,09
		Setembro	0,09	0,00	0,00	0,00	0,21	0,23	0,27	0,01	0,07
	Outubro	0,02	0,00	0,00	0,00	0,21	0,19	0,24	0,01	0,06	

Nota: (1) é a primeira coleta do mês; (2) é a segunda coleta do mês; (a) é DBO; (b) é Turbidez; (c) é Sólidos totais; (d) é Temperatura; (e) é OD; (f) é pH; (g) é Coliformes termotolerantes; (h) é Fósforo total; e (i) é Nitrogênio total. Fonte: Autor (2018).

A partir dos valores de Resultado IQA Inverso calculou-se a representatividade de cada variável sobre a possibilidade de melhoria dos valores obtidos de IQA-CETESB para o Ponto de Coleta 1, conforme apresentado no Quadro 17.

Quadro 17. Representatividade dos valores de Resultado IQA Inverso para cada variável para o Ponto de Coleta 1 em todo o período de estudo.

Período			Representatividade (Resultado IQA Inverso) (%)									j
Ano	Sazonalidade	Mês	a	b	c	d	e	f	g	h	i	
2015	Chuvoso	Abril	4,5	4,3	0,2	0,0	24,4	35,7	26,7	1,5	2,6	77,2
		Maio	16,7	0,7	0,0	0,0	4,0	32,1	25,8	19,2	1,5	59,5
	Menos chuvoso	Junho	22,1	1,9	0,2	0,0	16,1	19,6	18,4	19,4	2,3	57,5
		Outubro	13,8	1,0	0,0	0,0	0,2	31,7	24,9	24,9	3,5	66,2
		Novembro	30,1	5,6	1,0	0,0	2,8	1,9	51,4	1,0	6,1	82,0
		Dezembro	30,4	2,3	0,3	0,0	18,1	8,6	33,3	4,0	3,1	57,0
2016	Chuvoso	Março ¹	27,0	5,9	0,0	0,0	36,5	3,1	22,8	0,5	4,2	50,6
		Março ²	18,8	2,0	2,0	0,0	25,9	1,5	22,2	12,1	15,4	33,5
	Menos chuvoso	Junho ¹	5,2	18,4	0,4	0,0	14,3	22,4	27,0	9,9	2,5	34,0
		Junho ²	6,9	6,1	10,7	0,0	17,1	20,9	30,4	5,5	2,4	39,5
		Outubro	8,1	0,4	0,0	0,0	22,2	23,2	24,1	19,3	2,7	52,1
2017	Chuvoso	Janeiro	3,0	0,5	0,0	0,0	12,7	23,6	33,0	23,8	3,3	46,9
		Fevereiro ¹	1,3	21,4	0,6	0,0	8,4	9,1	26,9	4,4	27,9	38,1
		Fevereiro ²	4,5	6,6	0,1	0,0	21,9	12,8	38,3	6,1	9,8	49,0
		Março	10,3	15,2	0,2	0,0	19,7	30,9	8,5	2,9	12,4	52,6
		Abril	7,4	3,8	1,0	0,0	26,4	28,9	29,3	1,7	1,4	65,1
		Maio ¹	13,7	1,3	0,1	0,0	20,5	30,5	22,4	5,2	6,2	54,8
		Maio ²	11,5	0,9	0,4	0,0	16,9	15,8	33,7	13,5	7,3	49,0
	Menos chuvoso	Julho ¹	9,8	7,5	0,4	0,0	18,1	17,5	37,2	2,1	7,5	47,6
		Julho ²	11,4	0,4	0,0	0,0	19,5	14,2	42,0	2,1	10,4	53,6
		Agosto	13,2	0,5	0,0	0,0	20,2	17,2	39,5	0,6	8,8	54,2
		Setembro	9,9	0,1	0,2	0,0	24,0	26,5	30,9	0,7	7,7	59,1
		Outubro	2,5	0,1	0,1	0,0	28,8	26,4	32,5	1,2	8,3	64,2

Valores com representatividade maior que 15%:							
Legenda CETESB:			Ótima	Boa	Regular	Ruim	Péssima

Nota: (1) é a primeira coleta do mês; (2) é a segunda coleta do mês; (a) é DBO; (b) é Turbidez; (c) é Sólidos totais; (d) é Temperatura; (e) é OD; (f) é pH; (g) é Coliformes termotolerantes; (h) é Fósforo total; (i) é Nitrogênio total; e (j) é IQA-CETESB. Fonte: Autor (2018).

É possível visualizar que a variável Coliformes termotolerantes é a mais presente tratando-se da possibilidade de melhoria dos valores obtidos de IQA-CETESB para o Ponto de Coleta 1, seguida das variáveis oxigênio dissolvido e pH. As variáveis DBO, turbidez, fósforo total e nitrogênio total, em algumas coletas também se

mostraram representativas quanto aos valores obtidos de IQA-CETESB neste ponto de coleta.

No Quadro 18 apresentam-se os valores do Resultado IQA Inverso de cada variável, para o Ponto de Coleta 2 na bacia hidrográfica do igarapé da Prata.

Quadro 18. Valores de Resultado IQA Inverso para cada variável para o Ponto de Coleta 2 em todo o período de estudo.

Período			Resultado IQA Inverso								
Ano	Sazonalidade	Mês	a	b	c	d	e	f	g	h	i
2015	Chuvoso	Abril	0,07	0,01	0,00	0,00	0,08	0,11	0,39	0,04	0,02
		Maió	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,29	0,17	0,07	0,02
	Menos chuvoso	Junho	0,19	0,01	0,00	0,00	0,01	0,27	0,13	0,19	0,03
		Outubro	0,09	0,01	0,00	0,00	0,02	0,03	0,13	0,17	0,03
		Novembro	0,09	0,01	0,00	0,00	0,02	0,23	0,22	0,06	0,04
2016	Chuvoso	Dezembro	0,15	0,02	0,00	0,00	0,53	0,01	0,24	0,01	0,03
		Março ¹	0,20	0,05	0,00	0,00	0,04	0,00	0,24	0,01	0,01
		Março ²	0,27	0,04	0,00	0,00	0,19	0,00	0,31	0,01	0,05
	Menos chuvoso	Junho ¹	0,13	0,01	0,00	0,00	0,24	0,47	0,45	0,06	0,01
		Junho ²	0,13	0,02	0,01	0,00	0,25	0,50	0,19	0,13	0,02
Outubro		0,13	0,01	0,00	0,00	0,10	0,26	0,22	0,07	0,03	
2017	Chuvoso	Janeiro	0,05	0,04	0,00	0,00	0,16	0,23	0,27	0,13	0,04
		Fevereiro ¹	0,02	0,11	0,16	0,00	0,11	0,26	0,21	0,01	0,13
		Fevereiro ²	0,02	0,02	0,00	0,00	0,11	0,29	0,37	0,01	0,11
		Março	0,17	0,01	0,01	0,00	0,15	0,35	0,07	0,04	0,13
		Abril	0,02	0,01	0,00	0,00	0,14	0,30	0,38	0,05	0,01
		Maió ¹	0,10	0,01	0,00	0,00	0,09	0,10	0,31	0,12	0,06
		Maió ²	0,10	0,01	0,00	0,00	0,21	0,18	0,24	0,07	0,05
	Menos chuvoso	Julho ¹	0,13	0,00	0,00	0,00	0,20	0,16	0,45	0,03	0,11
		Julho ²	0,13	0,00	0,00	0,00	0,21	0,17	0,32	0,04	0,08
		Agosto	0,12	0,02	0,00	0,00	0,16	0,01	0,34	0,01	0,06
Setembro		0,09	0,01	0,00	0,00	0,17	0,20	0,35	0,01	0,12	
	Outubro	0,02	0,00	0,00	0,00	0,20	0,13	0,27	0,01	0,11	

Nota: (1) é a primeira coleta do mês; (2) é a segunda coleta do mês; (a) é DBO; (b) é Turbidez; (c) é Sólidos totais; (d) é Temperatura; (e) é OD; (f) é pH; (g) é Coliformes termotolerantes; (h) é Fósforo total; e (i) é Nitrogênio total. Fonte: Autor (2018).

A partir dos valores de Resultado IQA Inverso calculou-se a representatividade de cada variável sobre a possibilidade de melhoria dos valores obtidos de IQA-CETESB para o Ponto de Coleta 2, conforme apresentado no Quadro 19.

Quadro 19. Representatividade dos valores de Resultado IQA Inverso para cada variável para o Ponto de Coleta 2 em todo o período de estudo.

Período			Representatividade (Resultado IQA Inverso) (%)									j
Ano	Sazonalidade	Mês	a	b	c	d	e	f	g	h	i	
2015	Chuvoso	Abril	9,6	1,7	0,1	0,0	10,6	15,1	54,8	5,9	2,2	64,0
		Maio	8,7	1,1	0,1	0,0	0,5	47,7	27,8	11,1	3,1	67,1
	Menos chuvoso	Junho	22,8	1,1	0,3	0,0	1,8	32,3	15,7	22,7	3,5	56,9
		Outubro	18,1	1,6	0,1	0,0	4,2	5,8	28,6	36,0	5,5	72,6
		Novembro	12,8	2,0	0,2	0,0	3,4	34,0	33,2	8,7	5,6	64,9
2016	Chuvoso	Dezembro	15,2	1,6	0,1	0,0	54,0	0,6	24,5	0,9	3,1	56,3
		Março ¹	37,3	8,3	0,2	0,0	7,2	0,5	43,6	1,1	1,8	69,5
	Menos chuvoso	Março ²	30,8	4,7	0,0	0,0	21,6	0,4	35,6	0,7	6,2	57,5
		Junho ¹	9,6	1,0	0,1	0,0	17,6	34,3	32,4	4,2	0,8	41,9
		Junho ²	10,5	1,6	0,5	0,0	20,0	40,0	14,9	10,7	1,8	44,3
2017	Chuvoso	Outubro	16,2	1,0	0,4	0,0	12,3	31,5	26,9	8,2	3,5	59,6
		Janeiro	5,6	4,4	0,0	0,0	17,5	25,2	28,6	14,5	4,0	56,2
		Fevereiro ¹	1,8	10,8	15,8	0,0	11,1	26,1	20,7	0,6	13,0	52,0
		Fevereiro ²	2,0	1,6	0,1	0,0	12,1	31,3	40,0	0,6	12,2	56,2
		Março	18,5	1,2	1,0	0,0	16,6	38,2	7,2	3,8	13,6	54,6
		Abril	2,0	0,9	0,0	0,0	15,4	32,7	42,3	5,1	1,6	57,1
		Maio ¹	12,7	1,4	0,0	0,0	11,5	12,5	38,4	15,3	8,1	60,6
	Menos chuvoso	Maio ²	11,9	1,3	0,0	0,0	24,2	20,6	27,7	8,3	6,0	59,4
		Julho ¹	12,2	0,1	0,5	0,0	18,5	15,1	41,0	2,3	10,4	51,3
		Julho ²	13,9	0,5	0,0	0,0	22,3	17,9	33,7	3,7	7,9	56,0
		Agosto	16,5	2,3	0,4	0,0	22,7	1,0	48,1	0,8	8,1	64,8
		Setembro	9,1	0,6	0,0	0,0	18,5	21,3	37,3	0,6	12,5	56,5
		Outubro	2,5	0,2	0,0	0,0	27,4	18,1	36,7	0,8	14,4	63,9

Valores com representatividade maior que 15%:							
Legenda CETESB:			Ótima	Boa	Regular	Ruim	Péssima

Nota: (1) é a primeira coleta do mês; (2) é a segunda coleta do mês; (a) é DBO; (b) é Turbidez; (c) é Sólidos totais; (d) é Temperatura; (e) é OD; (f) é pH; (g) é Coliformes termotolerantes; (h) é Fósforo total; (i) é Nitrogênio total; e (j) é IQA-CETESB. Fonte: Autor (2018).

É possível visualizar que a variável Coliformes termotolerantes é a mais presente tratando-se da possibilidade de melhoria dos valores obtidos de IQA-CETESB para o Ponto de Coleta 2, seguida da variável pH. A variável oxigênio dissolvido também apresentou representatividade com frequência. A variável DBO, em algumas

coletas também se mostrou representativa quanto aos valores obtidos de IQA-CETESB neste ponto de coleta. As variáveis fósforo total e resíduo total se mostraram com influência em poucos casos.

No Quadro 20 apresentam-se os valores do Resultado IQA Inverso de cada variável, para o Ponto de Coleta 3 na bacia hidrográfica do Igarapé da Prata.

Quadro 20. Valores de Resultado IQA Inverso para cada variável para o Ponto de Coleta 3 em todo o período de estudo.

Período			Resultado IQA Inverso								
Ano	Sazonalidade	Mês	a	b	c	d	e	f	g	h	i
2015	Chuvoso	Abril	0,12	0,02	0,00	0,00	0,05	0,14	0,29	0,02	0,51
		Maio	0,09	0,01	0,00	0,00	0,01	0,24	0,27	0,14	0,01
	Menos chuvoso	Junho	0,16	0,01	0,00	0,00	0,02	0,24	0,09	0,18	0,02
		Outubro	0,09	0,01	0,00	0,00	0,02	0,09	0,11	0,16	0,02
		Novembro	0,09	0,01	0,00	0,00	0,06	0,09	0,24	0,01	0,04
2016	Chuvoso	Dezembro	0,12	0,01	0,00	0,00	0,40	0,02	0,32	0,04	0,03
		Março ¹	0,18	0,04	0,00	0,00	0,05	0,02	0,21	0,01	0,05
		Março ²	0,19	0,09	0,00	0,00	0,09	0,01	0,25	0,01	0,04
	Menos chuvoso	Junho ¹	0,05	0,03	0,04	0,00	0,24	0,41	0,32	0,03	0,01
		Junho ²	0,07	0,15	0,00	0,00	0,26	0,54	0,45	0,07	0,01
Outubro		0,04	0,00	0,00	0,00	0,05	0,24	0,15	0,05	0,03	
2017	Chuvoso	Janeiro	0,02	0,06	0,00	0,00	0,07	0,20	0,35	0,17	0,04
		Fevereiro ¹	0,02	0,09	0,08	0,00	0,08	0,12	0,35	0,01	0,13
		Fevereiro ²	0,02	0,07	0,00	0,00	0,11	0,16	0,35	0,12	0,12
		Março	0,16	0,01	0,01	0,00	0,07	0,27	0,00	0,01	0,13
		Abril	0,02	0,03	0,00	0,00	0,08	0,05	0,28	0,03	0,01
		Maio ¹	0,10	0,01	0,00	0,00	0,09	0,10	0,31	0,12	0,06
	Maio ²	0,10	0,02	0,00	0,00	0,14	0,14	0,33	0,15	0,11	
	Menos chuvoso	Julho ¹	0,09	0,01	0,00	0,00	0,10	0,14	0,35	0,02	0,07
		Julho ²	0,09	0,01	0,00	0,00	0,09	0,23	0,45	0,05	0,10
		Agosto	0,12	0,01	0,00	0,00	0,09	0,03	0,31	0,01	0,06
Setembro		0,09	0,01	0,00	0,00	0,09	0,09	0,29	0,01	0,11	
	Outubro	0,02	0,01	0,00	0,00	0,10	0,01	0,28	0,01	0,08	

Nota: (1) é a primeira coleta do mês; (2) é a segunda coleta do mês; (a) é DBO; (b) é Turbidez; (c) é Sólidos totais; (d) é Temperatura; (e) é OD; (f) é pH; (g) é Coliformes termotolerantes; (h) é Fósforo total; e (i) é Nitrogênio total. Fonte: Autor (2018).

A partir dos valores de Resultado IQA Inverso calculou-se a representatividade de cada variável sobre a possibilidade de melhoria dos valores obtidos de IQA-CETESB para o Ponto de Coleta 3, conforme apresentado no Quadro 21.

Quadro 21. Representatividade dos valores de Resultado IQA Inverso para cada variável para o Ponto de Coleta 3 em todo o período de estudo.

Período			Representatividade (Resultado IQA Inverso) (%)									j	
Ano	Sazonalidade	Mês	a	b	c	d	e	f	g	h	i		
2015	Chuvoso	Abril	10,1	1,4	0,0	0,0	4,7	12,5	25,3	1,9	44,1	45,0	
		Maio	11,1	1,4	0,1	0,0	1,8	31,0	35,0	18,4	1,3	60,7	
	Menos chuvoso	Junho	22,1	1,8	0,2	0,0	2,8	32,6	12,4	25,1	3,0	60,9	
		Outubro	17,1	1,5	0,0	0,0	4,9	17,4	21,6	32,5	5,0	71,3	
		Novembro	15,8	1,7	0,5	0,0	11,6	16,1	44,6	1,7	8,1	71,1	
2016	Chuvoso	Dezembro	12,5	1,0	0,2	0,0	42,6	2,0	34,2	4,2	3,3	57,7	
		Março ¹	32,4	6,4	0,0	0,0	9,5	3,5	37,8	1,1	9,2	69,9	
		Março ²	28,3	13,6	0,1	0,0	13,1	0,9	37,0	0,9	6,2	64,6	
	Menos chuvoso	Junho ¹	4,6	2,4	3,3	0,0	21,4	36,3	28,4	2,8	0,8	49,2	
			Junho ²	4,5	9,6	0,1	0,0	16,7	35,0	28,9	4,3	0,9	36,9
		Outubro	6,3	0,9	0,0	0,0	8,8	42,3	27,2	9,7	4,8	69,6	
2017	Chuvoso	Janeiro	2,0	6,6	0,0	0,0	7,4	22,4	38,3	18,5	4,9	55,9	
		Fevereiro ¹	2,1	10,3	8,6	0,0	9,4	13,8	40,1	0,7	15,1	57,1	
			Fevereiro ²	2,0	7,4	0,0	0,0	11,3	16,8	37,5	12,4	12,8	55,3
			Março	24,1	2,2	1,2	0,0	10,1	41,3	0,0	1,4	19,8	64,4
			Abril	3,6	6,7	0,1	0,0	15,6	10,3	55,7	6,3	1,7	72,9
			Maio ¹	12,7	1,4	0,0	0,0	11,6	12,5	38,4	15,3	8,1	60,5
			Maio ²	10,3	1,6	0,3	0,0	14,0	14,4	33,2	14,9	11,3	54,1
	Menos chuvoso	Julho ¹	11,1	0,8	0,5	0,0	12,6	18,4	45,2	2,4	9,1	62,0	
			Julho ²	8,5	0,7	0,0	0,0	8,8	22,6	44,3	5,4	9,7	53,2
			Agosto	18,7	1,4	0,1	0,0	14,4	5,0	49,0	1,4	10,0	67,5
			Setembro	12,6	1,1	0,0	0,0	14,0	13,0	42,4	0,9	15,9	65,6
	Outubro	3,6	1,3	0,0	0,0	20,3	1,1	55,4	2,4	15,9	72,8		

Valores com representatividade maior que 15%:					
Legenda CETESB:	Ótima	Boa	Regular	Ruim	Péssima

Nota: (1) é a primeira coleta do mês; (2) é a segunda coleta do mês; (a) é DBO; (b) é Turbidez; (c) é Sólidos totais; (d) é Temperatura; (e) é OD; (f) é pH; (g) é Coliformes termotolerantes; (h) é Fósforo total; (i) é Nitrogênio total; e (j) é IQA-CETESB. Fonte: Autor (2018).

É possível visualizar que a variável Coliformes termotolerantes é a mais presente tratando-se da possibilidade de melhoria dos valores obtidos de IQA-CETESB para o Ponto de Coleta 3, seguida da variável pH. A variável DBO também apresentou representatividade em algumas coletas. As variáveis oxigênio dissolvido, fósforo total e nitrogênio total se mostraram com influência em poucos casos.

A característica mais frequente observada na análise de representativa de variáveis sobre os valores obtidos de IQA-CETESB é a influência dos coliformes termotolerantes. As ocupações por pequenos aglomerados populacionais (vilas) onde os efluentes sanitários são despejados diretamente no curso d'água são indicadores do aumento da concentração de coliformes presentes na água. A criação de animais também é um forte indicativo do aumento da concentração de coliformes termotolerantes na água. Von Sperling (2005) confirma estas informações informando que a origem antropogênica desta variável se deve aos despejos domésticos, despejos industriais e excrementos de animais.

A variável pH mostrou-se representativa em todos os pontos de coletas. De acordo com CETESB (2009), as variações do pH em um corpo hídrico determinam o tipo de fauna e flora que habitam o local, sendo que o valor neutro é o que possibilita uma maior estabilidade do meio e diversificação dos ecossistemas, permitindo o desenvolvimento de diferentes espécies. Para Wetzel (2001), o pH é diretamente influenciado pelas taxas de fotossíntese, pois quando esta se eleva, o pH da água tende a aumentar, tornando-se mais alcalino em decorrência da diminuição das concentrações de gás carbônico na água.

Von Sperling (2005) afirma que os valores de pH estão relacionados a fatores naturais, como dissolução de rochas, absorção de gases atmosféricos, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese, e, também, a fatores antropogênicos pelo despejo de esgotos domésticos e industriais, devido à oxidação da matéria orgânica e à lavagem ácida de tanques, respectivamente.

Compreendendo estas afirmações, esta variável em caráter natural dificilmente pode ser controlada pela gestão hídrica local. Ressalta-se que a bacia em estudo possui áreas destinadas à produção de frutas cítricas e os fatores antropogênicos ligados ao saneamento não possuem controle ambiental. Assim, adotar medidas que possibilitem uma produção sem agressão ao solo por meio da produção agrícola e implantar sistemas de saneamento, mesmo que individuais (desde que haja manutenção), são fatores que possibilitam a melhoria da qualidade hídrica refletida pelo IQA-CETESB.

A variável oxigênio dissolvido possui influência sobre a melhoria dos valores obtidos do IQA-CETESB em todos os pontos de coletas estudados. APHA (1998) esclarece que a concentração de oxigênio dissolvido em um corpo d'água varia em função da temperatura, altitude e aeração da água e fotossíntese.

Fuzinato (2009) enfatiza que baixas concentrações de oxigênio dissolvido são indicativas de processos de consumo através de substâncias lançadas na água e que ao se tomar por base apenas a concentração de oxigênio dissolvido, as águas poluídas tendem a serem aquelas que apresentam baixa concentração de OD devido ao seu consumo na decomposição de compostos orgânicos. A autora ainda esclarece que as águas limpas tendem a apresentar concentrações de oxigênio dissolvido elevadas, atingindo níveis pouco abaixo da concentração de saturação.

Segundo a Agência de Proteção Ambiental Estadunidense (EPA, 1997), a taxa de consumo de oxigênio em uma corrente é afetada por uma série de variáveis: temperatura, pH, presença de certos tipos de microorganismos e o tipo de material orgânico e inorgânico na água. Pereira et al. (2010) enfatizam que a diminuição dos valores de oxigênio dissolvido pode ser ocasionada devido a atividades humanas como o lançamento de esgoto bruto. O escoamento de águas pluviais em terras agrícolas é uma fonte de resíduos que consomem o oxigênio dos corpos hídricos. (EPA, 1997).

Assim como a variável oxigênio dissolvido, a variável DBO possui influência sobre a melhoria dos valores obtidos do IQA-CETESB em todos os pontos de coletas estudados. Estas variáveis são fortemente relacionadas. A Agência de Proteção Ambiental Estadunidense (EPA, 1997) esclarece que a DBO mede a quantidade de oxigênio consumida por microorganismos na decomposição de matéria orgânica na água corrente e a oxidação química de matéria inorgânica, isto é, a extração de oxigênio da água por meio de reação química. Assim, DBO5 afeta diretamente as concentrações de oxigênio dissolvido em um corpo d'água.

Segundo CETESB (2016), os maiores aumentos em termos de DBO5 num corpo d'água são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica, que em alto teor, esta matéria orgânica pode resultar no completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática. Quanto maior a DBO, mais rapidamente o oxigênio será esgotado no fluxo hídrico (EPA, 1997).

As fontes de DBO incluem a decomposição de plantas, excrementos e animais, efluentes industriais, efluentes e resíduos de processamento de alimentos, falha em sistemas sépticos e o escoamento das águas pluviais urbanas (EPA, 1997).

A melhoria das variáveis oxigênio dissolvido e DBO possuem medidas de controle ambiental correlatas, já que objetivo é reduzir o consumo de oxigênio no corpo hídrico. Estas variáveis podem ser controladas pela gestão hídrica local com a adoção de medidas como a implantar sistemas adequados de saneamento para as comunidades locais e a adoção de metodologias de produção sustentável para proteção do solo e da água.

A variável fósforo total possui influência sobre a melhoria dos valores obtidos do IQA-CETESB em todos os pontos de coletas estudados. Existem muitas fontes de fósforo, tanto naturais como humanas. Como fontes naturais a EPA (1997) destaca solos e rochas. De acordo com Von Sperling (2005), a sua origem antropogênica ocorre devido aos despejos domésticos, despejos industriais, detergentes, excrementos de animais e uso de fertilizantes. A CETESB (2016) destaca que alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas; bem como as águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais.

A variável nitrogênio total possui influência sobre a melhoria dos valores obtidos do IQA-CETESB nos Pontos de Coletas 1 e 3, possivelmente por se tratarem de áreas proporcionalmente com maior predominância de terras cultivadas.

De acordo com Wetzel (2001), o nitrogênio é um dos nutrientes responsáveis pelo processo de eutrofização e, conseqüentemente, influencia na quantidade de oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica e clorofila existente no meio.

A Agência de Proteção Ambiental Estadunidense (EPA, 1997) destaca como fontes de nitrogênio, o escoamento de áreas fertilizadas em terras agrícolas, falhas em sistemas sépticos e escoamento nas áreas de armazenamento de estrume animal. Estes nutrientes essenciais para plantas, mas em quantidades excessivas podem causar problemas significativos na qualidade da água. Juntamente com o fósforo, em quantidades excessivas podem acelerar a eutrofização, causando aumentos dramáticos no crescimento das plantas aquáticas e alterações nos tipos de plantas e animais que vivem no corpo hídrico.

De acordo com Michaud (1991), o escoamento superficial de regiões agrícolas e ou com alterações no solo podem contribuir para um aumento da carga de nitrogênio de um ambiente aquático. Para White e Rasmussen (1998), os produtos residuais transportados pelo escoamento superficial são frequentemente tóxicos, e sua presença podem degradar seriamente o ambiente do rio, lago ou riacho receptor.

Para a CETESB (2016), o controle da eutrofização através da redução do aporte de nitrogênio é comprometido pela multiplicidade de fontes, algumas muito difíceis de serem controladas.

Diante do exposto sobre as variáveis fósforo total e nitrogênio total, fica claro que o controle ambiental destes nutrientes está ligado também à adoção de medidas sustentáveis para produção agropecuária e para o controle sanitário local.

A variável turbidez mostrou-se influente na área de drenagem do Ponto de Coleta 1. A variável resíduo total mostrou-se influente na área relativa ao Ponto de Coleta 2. De acordo com Michaud (1991), os valores de sólidos totais e turbidez variam naturalmente pelas fortes chuvas e a erosão. Chuvas intensas podem pegar e transportar bastante sujeira e detritos para fazer qualquer curso d'água parecer sujo, aumentando a concentrações destas variáveis. O autor enfatiza que os tipos de solos e a geologia da bacia hidrográfica determinam a facilidade com que ocorre a erosão.

Segundo a CETESB (2016), os esgotos domésticos e diversos efluentes industriais também provocam elevações na turbidez das águas, bem como as atividades de mineração. De acordo com a EPA (1997), alta turbidez reduz a quantidade de luz que penetra na água, o que reduz a fotossíntese e a produção de oxigênio dissolvido.

A EPA (1997) esclarece que os sólidos totais também afetam a clareza da água, onde maiores sólidos diminuem a passagem da luz através da água, diminuindo assim a fotossíntese pelas plantas aquáticas. Fontes de sólidos totais incluem também descargas industriais, esgoto, fertilizantes e escoamento rodoviário.

7. CONCLUSÃO

Com a análise dos resultados obtidos, pode-se considerar que, com base no IQA-CETESB, a qualidade da água na bacia do igarapé da Prata oscila entre a classificação Regular e Boa. Entende-se a classificação Regular como aceitável. Ter uma classificação aceitável ou melhor, não implica na ausência de degradação hídrica. Os valores obtidos de IQA-CETESB analisados ao longo da pesquisa, em sua maioria, não apresentaram variações significativas para os diferentes períodos (chuvoso e menos chuvoso), com exceção do Ponto de Coleta 2 que apresentou melhores valores para o período chuvoso.

Estes resultados de IQA-CETESB, se atribuídos a um corpo hídrico localizado em um Estado com faixas de classificação mais rigorosas, passariam a ser considerados com oscilação entre Ruim e Regular, tornando os resultados desfavoráveis. Estes resultados desfavoráveis indicam que medidas devem ser tomadas rapidamente e maior atenção deve ser dada à melhoria da qualidade hídrica por meio da mitigação da sua degradação.

Visualizando a situação pela classificação usual na região de estudo, ou seja, favoravelmente, pode-se mascarar a real atenção que deve ser atribuída à qualidade hídrica.

A estatística descritiva mostrou-se suficiente para a análise dos resultados obtidos de IQA-CETESB para os três pontos de coletas estudados.

A caracterização morfométrica das áreas de drenagem dos pontos de coletas estudados mostrou que todas possuem baixo risco de ocorrência de grandes cheias em condições normais de pluviosidade, além de uma topografia muito favorável ao escoamento superficial. Assim, a morfometria não indica alterações anormais na quantidade de água que escoar, sendo é um fator não impactante sobre a qualidade hídrica na bacia hidrográfica do igarapé da Prata.

O mapeamento do uso e cobertura do solo, e das atividades relacionadas aos usos múltiplos da água, mostrou-se eficiente como auxílio na visualização da dinâmica local. O uso do solo nas bacias hidrográficas exerce influência direta sobre a qualidade das águas superficiais.

As variáveis que mais influenciaram para os resultados obtidos foram coliformes termotolerantes, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio e

fósforo total, com representatividade associada aos três pontos de coletas estudados. A variável nitrogênio total teve influência, exceto para o Ponto de Coleta 2.

Os coliformes termotolerantes influenciaram praticamente todos os resultados obtidos de IQA-CETESB. Esta concentração se dá pela presença de animais de sangue quente, visto que estes locais são compostos por matas de proteção ciliar e áreas destinadas a pastagens. Nas áreas em entorno do igarapé da Prata com a presença concentrada de moradores, a variável foi atribuída a ausência dos serviços de esgotamento sanitário.

As principais fontes de poluição levantadas sobre as variáveis que mais influenciam na degradação hídrica possuem relação direta com as informações levantadas quanto ao uso e cobertura do solo, e com as atividades mapeadas nas áreas de drenagem dos pontos de coletas estudados.

As alterações provocadas pelo homem contribuem de forma negativa para a qualidade da água do igarapé da Prata. Esta contribuição negativa ocorreu principalmente devido à ausência de serviços básicos de saneamento, excremento de animais (sobretudo nas áreas de pastos) e a evidencia da utilização de produtos tóxicos na produção agrícola, além de obras hidráulicas construídas sem critérios técnicos ocasionando alterações no regime de escoamento do curso d'água.

Diversas pesquisas buscam enquadrar corpos hídricos às classes de qualidade da água doce definidas pela resolução CONAMA nº 357/2005. Porém, ao se analisar os diversos itens exigidos pela resolução, compreende-se que os nove parâmetros utilizados pelo IQA-CETESB não são suficientes para tal objetivo. Este fato deve ficar claro, afim de evitar que gestores hídricos visem alcançar este objetivo por um meio incompleto colocando em risco a segurança hídrica e a saúde humana.

O IQA é e deve ser visualizado como o indicativo inicial da qualidade da água, como ponto de partida para análises mais criteriosas. O IQA-CETESB foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público após tratamento, apresentando limitações, tendo em vista que não são analisadas variáveis como substâncias tóxicas (metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos) e protozoários patogênicos.

A avaliação de toxicidade, junto com a análise dos parâmetros físico-químicos e biológicos são ferramentas essenciais na avaliação da saúde dos mananciais superficiais servindo como uma forma de alerta para possíveis problemas de degradação hídrica.

Devem ser estabelecidas metas mitigadoras com o intuito de reduzir a degradação hídrica. Uma medida mitigatória que podem ser realizadas é desenvolver ações voltadas para educação ambiental com as comunidades, mostrando os riscos e os problemas ambientais causados pela disposição inadequada dos resíduos líquidos e sólidos, bem como formas de contorná-las. Junto aos produtores rurais (de pequeno e grande porte) se deve discutir sobre a implementação de medidas sustentáveis para proteção da água e do solo.

Outra medida que deve ser adotada pela gestão pública é a ligação de esgoto das residências, mesmo que em sistemas individuais, e a manutenção destes sistemas. Compreende-se a dificuldade de proposições coletivas para adequação do saneamento em áreas rurais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENDA 21. Proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos: aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos. **Água em Rev: Suplemento das Águas**, p. 14-33, 1996.

AKKOYUNLU, A.; AKINER, M. E. Pollution evaluation in streams using water quality indices: A case study from Turkey's Sapanca Lake Basin. **Ecological Indicators**, v. 18, p. 501–511, 2012.

ALVES, I. C. C.; EL-ROBRINI, M.; SANTOS, M. L. S.; MONTEIRO, S. M.; BARBOSA, L. P. F.; GUIMARÃES, J. T. F. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). **Acta Amazonica**, v. 42, n. 1, p. 115-124, 2012.

ANDRIETTI, G.; FREIRE, R.; AMARAL, A. G.; ALMEIDA, F. T.; BONGIOVANI, M. C.; SCHNEIDER, R. M. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. **Rev. Ambient. Água**, v. 11 (1), p. 162 -175, 2016.

APHA; AWWA; WPCF; Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 21^a ed. 2005.

ARAÚJO, R. S.; ALVES, M. G.; MELO, M. T. C.; CHRISPIM, Z. M. P.; MENDES, M. P.; SILVA JÚNIOR, G. C. Water resource management: A comparative evaluation of Brazil, Rio de Janeiro, the European Union, and Portugal. **Science of the Total Environment**, v. 511, p. 815–828, 2015.

ARRUDA, R. O. M.; SANTOS, M. A.; VIPPER, H. P. A. F.; ROCHA, M. S. Avaliação da qualidade do reservatório de Iaiçupeba, Mogi das Cruzes, SP, sob o aspecto da saúde, entre 2009 e 2013. **Revista UnG - Geociências**, v. 13, n. 1, p. 38-49, 2014.

AUGUSTO, L. G. S.; GURGEL, I.G. D.; CÂMARA NETO, H. F.; MELO, C. H.; COSTA, A. M. O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Ciênc. saúde coletiva**; v. 17, n. 6, p. 1511-1522, 2012.

BACCI, D. C.; PATACA, E. M. Educação para a água. **Estudos Avançados**, v. 22 (63), p. 211-226, 2008.

BACKMAN, B.; BODIS, D.; LAHERMO, P.; RAPANT, S.; TARVAINEN, T. Application of a groundwater contamination index in Finland and Slovakia. **Environ. Geol.**, v. 36 (1–2), p. 55–64, 1998.

BATALHA, S. S. A.; MARTORANO, L. G.; BIASE, A. G.; MORALES, G. P.; PONTES, A. N.; SANTOS, L. S. Condições físico-químicas e biológicas em águas superficiais do rio Tapajós e a conservação de Floresta Nacional na Amazônia, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 9 (4), 2014.

BEHMEL, S.; DAMOUR, M.; LUDWIG, R.; RODRIGUEZ, M. J. Water quality monitoring strategies — A review and future perspectives. **Science of the Total Environment**, v. 571, p. 1312–1329, 2016.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas**: modelo e aplicação. Florianópolis: Ed. Da UFSC. 1994.

BHARGAVA, D. S. Use of water quality index for river classification and zoning of Ganga River, **Environ. Pollut. Ser. B., England**, v. 6, n. 1, p. 51–67, 1983.

BIGUELINI, C. P. Qualidade da água e poder de depuração do rio Marrecas em seu médio e baixo curso. 2013. 175 f. Dissertação (Mestrado em Geografia: Produção do espaço e Meio Ambiente) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão, 2013.

BLANCO, C. J. C.; SANTOS, S. S. M.; QUINTAS, M. C.; VINAGRE, M. V. A.; MESQUITA, A. L. A. Contribution to hydrological modelling of small Amazonian catchments: application of rainfall–runoff models to simulate flow duration curves, **Hydrological Sciences Journal**, v. 58, n.7, p. 1423-1433, 2013.

BLANCO, C. J. C.; SECRETAN, Y.; MESQUITA, A. L. A. Decision support system for micro-hydro power plants in the Amazon region under a sustainable development perspective. **Energy for Sustainable Development**, v. 12, n.3, p. 25–33, 2008.

BORDALO, A.; TEIXEIRA, R.; WIEBE, W. A water quality index applied to an international shared river basin: the case of the Douro River. **Environ. Manage.**, v. 38, p. 910–920, 2006.

BOYACIOGLU, H. Development of a water quality index based on a European classification scheme. **Water SA.**, v. 33, p. 101–106, 2007.

BRASIL. ANA. Agência Nacional De Águas. Indicadores de qualidade - Índice de qualidade das águas (IQA). Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/>>. Acesso em: 20 de julho de 2017.

BRASIL. Lei 9.433, de 08 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 altera o art. 1º da Lei 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Lex: Diário Oficial da União. Seção 1, p. 470. Brasília, 09 de janeiro 1997.

BRASIL. Resolução CONAMA 20, de 18 de junho de 1986. Conselho Nacional de Meio Ambiente. 1986.

BRASIL. Resolução CONAMA 274, de 29 de novembro de 2000. Conselho Nacional de Meio Ambiente. 2000.

BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. 2005.

BRITO, J. G.; SOUSA, A. K. F.; MERA, P. A. S.; ALVES, L. F. Avaliação da qualidade da água de rios da Amazônia central. Anais/Resumos da 62ª Reunião Anual da SBPC. Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, UFRN, 2010.

BROWN, R. M.; MCCLELLAND, N. I.; DEININGER, R. A.; TOZER, R. A **Water Quality Index. Do we dare?** Water and Sewage Works. 1970.

CARRERA-FERNANDEZ, J. O Princípio dos Usos Múltiplos dos Recursos Hídricos: Uma Análise a partir da Bacia do Rio Formoso no Oeste Baiano. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 31, n. Especial, p. 810-835, 2000.

CARPENTER, S.R. Phosphorus control is critical to mitigating eutrophication. **Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.**, v. 105, p. 11039-11040, 2008.

CARR, G.; BLÖSCHL, G.; LOUCKS, D. P. Evaluating participation in water resource management: A review. **Water Resources Research**, v. 48, n. 11, 2012.

CARVALHO, E. M. C.; PEREIRA, N. S.; MOTA, F. C.; NAKAGAKI, J.M. Avaliação multimétrica e integrada da qualidade da água em riachos de Cerrado. In: Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental (SIQA), 10, 2016, Porto Alegre/RS, **Anais... X SIQA**. Porto Alegre/RS: PUCRS, ABES. 2016.

CESARINO, C. B.; CIPULLO, J. P.; MARTIN, J. F. V.; CIORLIA, L. A.; GODOY, M. R. P.; CORDEIRO, J. A.; RODRIGUES, I. C. Prevalência e Fatores Sociodemográficos em Hipertensos de São José do Rio Preto – SP. **Arq. Bras. Cardiol.**, v. 91 (1), p. 31-35, 2008.

CETESB. Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo: Anexo III - Índice de Qualidade das Águas. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Governo do Estado de São Paulo – Secretaria do Meio Ambiente. 23p. 2007.

CETESB. Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Governo do Estado de São Paulo – Secretaria do Meio Ambiente. 2011.

CETESB. Variáveis de qualidade de água. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Governo do Estado de São Paulo – Secretaria do Meio Ambiente. 2009.

CETESB. Relatórios de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo – Apêndice D - Índices de Qualidade das Águas. Governo do Estado de São Paulo – Secretaria do Meio Ambiente. 2016.

CETESB. Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Apêndice E – Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade, 2016. Disponível em: <

<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/> >. Acesso em: <15 de agosto de 2017>.

CHAIMOWICZ, F.; GRECO, D. B. Dinâmica da institucionalização de idosos em Belo Horizonte, Brasil. **Rev. Saúde Pública**, v. 33 (5), p. 454-460, 1999.

COGERH. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos - Governo do Ceará. Inventário ambiental do açude Riachão, Volume Único, Fortaleza/CE, 2011.

COSTA, T.; LANÇA, R. **Hidrologia de Superfície**. Faro, 79 p., 2001.

COSTA, A. B.; POSSELT, E. L.; MENEZES, C. M.; LOBO, E. A. Desenvolvimento e aplicação de índices de qualidade da água. Caderno de Pesquisa, **Série Biologia**, v. 24 (1), p. 69-77, 2012.

COSTA, B. N. S.; PINHEIRO, S. C. C.; AMADO, L. L.; LIMA, M. O. Microzooplankton as a bioindicator of environmental degradation in the Amazon. **Ecological Indicators**, v. 61, p. 526–545, 2016.

CUDE, C. G. Oregon water quality index: a tool for evaluating water quality management. **J. Am. Water Resour. Assoc.**, v. 38 (1), p. 315–318, 2001.

DINIZ, L. S. Regionalização de parâmetros de modelo chuva-vazão usando redes neurais. 2010. 213f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

DOBBIE, M. J.; DAIL, D. Robustness and sensitivity of weighting and aggregation in constructing composite indices. **Ecological Indicators**, v. 29, p. 270–277, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p.

EPA. United States Environmental Protection Agency. Office of water. Monitoring Water Quality. Volunteer Stream Monitoring: A Methods Manual: EPA 841-B-97-003. Washington, USA: EPA, 1997. Disponível em <<http://www.epa.gov/owow/monitoring/volunteer/stream/>> Acesso em: 12 de agosto de 2017.

FAPESPA. Estatísticas Municipais Paraenses: Capitão Poço. Governo do Estado do Pará. Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas. Diretoria de Estatística e de Tecnologia e Gestão da Informação. Belém, 2016.

FENG, Y.; DANYING, Q.; BAO, Q.; LIN, M.; XIGANG, X.; YOU, Z.; XIAOGANG, W. Improvement of CCME WQI using grey relational method. **Journal of Hydrology**, (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.10.007>

- FENG, Y., LING, L., YANFENG, L., YOU, Z., MUSONG, C., XIGANG, X. A dynamic water quality index model based on functional data analysis. **Ecol. Indic.**, v. 57, p. 249-258, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.05.005>
- FOLLADOR, F. A. C.; BOAS, M. A. V.; MALMANN, L.; SCHOENHALS, M.; VILLWOCK, R. Controle de qualidade da água medido através de cartas de controle de SHEWHART, CUSUM e MMEP. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 9, n. 3, p. 183-197, 2012.
- FONSECA, Y. V. P. Estudo sobre a ocorrência de poluentes emergentes na água do rio Meia Ponte na cidade de Goiânia-GO. 2013. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.
- FOX, D.R. Probability weighted indices for improved ecosystem report card scoring. **Environmetrics**, v. 25, p. 351-360, 2014. DOI: 10.1002/env.2285
- FRANCO, G. B.; BETIM, L. S.; MARQUES, E. A. G.; CHAGAS, C. S.; GOMES, R. L. Avaliação da qualidade sanitária da água na bacia hidrográfica do rio Almada – BA. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 16 (54), p. 254–262, 2015.
- FUZINATTO, C. F. Avaliação da qualidade da água de rios localizados na ilha de Santa Catarina utilizando parâmetros toxicológicos e o índice de qualidade de água. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis, SC, 2009.
- GIRI, S.; QIU, Z. Understanding the relationship of land uses and water quality in Twenty First Century: A review. **Journal of Environmental Management**, v. 173, p. 41-48, 2016.
- GONÇALVES, A. K. S.; CANÁRIO, A. C. G.; CABRAL, P. U. L.; SILVA, R. A. H.; SPYRIDES, M. H. C.; GIRALDO, P. C.; ELEUTÉRIO JR., J. Impacto da atividade física na qualidade de vida de mulheres de meia idade: estudo de base populacional. **Revista Brasileira de Ginecologia Obstetrícia**, v. 33 (12), p. 408-413, 2011.
- HOMMA, A. K. O. Expansão agropecuária e desmatamento na Amazônia: Quais os caminhos. In: COELHO, A. B., TEIXEIRA, E. C. e BRAGA, M. J. (Eds.). Recursos Naturais e Crescimento Econômico. 1. ed. Viçosa, MG: [s.n.]. p. 125–176, 2008.
- HORTON, R. E. An index number system for rating water quality. **J. Water Pollut. Control Fed.**, v. 37, p. 300–306. 1965.
- HORTON, R.E. Drainage basin characteristics. **Trans. Am. Geophys**, v. 13, p. 350–361, 1932.
- HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 56, p. 275-370, 1945.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco Multidimensional de estatística. Disponível em: <<http://www.bme.ibge.gov.br>>. Acessado em: 21/02/2010.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas), 2014. Divisão Territorial. Disponível em: <<http://7a12.ibge.gov.br/vamos-conhecer-o-brasil/nosso-territorio/divisaoterritorial>>. Acessado em: 19.01.2017.

IP, W. C.; HU, B. Q.; WONG, H.; et al. Applications of grey relational method to river environment quality evaluation in China. **Journal of Hydrology**, v. 379 (3–4), p. 284–290. 2009.

KIRPICH, Z. P. Time of concentration of small agricultural watersheds. **Civil Engineering**, v. 10, n. 6, p. 362, 1940.

KUMAR, D.; ALAPPAT, B. J. Evaluating leachate contamination potential of landfill sites using leachate pollution index. **Clean Technol. Environ. Policy**, v. 7, p. 190–197, 2005.

LEITE, S. P.; SILVA, C. R.; HENRIQUES, L. C. Impactos ambientais ocasionados pela agropecuária no Complexo Aluizio Campos. **Revista Brasileira de Informações Científicas**, v. 2, n. 2, 2011.

LERMONTOV, A.; YOKOYAMA, L.; LERMONTOV, M.; MACHADO, M. A. S. River quality analysis using fuzzy water quality index: Ribeira do Iguape river watershed, Brazil. **Ecological Indicators**, v. 9, p. 1188–1197, 2009.

LIU, S. M.; LO, S. L.; WANG, S. H. A generalized water quality index for Taiwan. **Environ. Mon. Asses**, v. 96, p. 35–52, 2004.

LOBATO, T. C.; HAUSER-DAVIS, R. A.; OLIVEIRA, T. F.; SILVEIRA, A. M.; SILVA, H. A. N.; TAVARES, M. R. M.; SARAIVA, A. C. F. Construction of a novel water quality index and quality indicator for reservoir water quality evaluation: A case study in the Amazon region. **Journal of Hydrology**, v. 522, p. 674–683, 2015.

MALAGUTTI, E. N.; TAUKE-TORNISIELO, S. M. Qualidade das águas do córrego Bandeirantes na sub-bacia do Ribeirão Claro, município de Rio Claro, SP, Brasil. **HOLOS Environment**, v. 14, n. 2, p. 135-152, 2014.

MALONE, S. J. Agricultural Nonpoint Source Pollution Management: Water Quality Impacts of Balm Road Treatment Marsh, Hillsborough County, Florida. Master of Science Thesis. University of South Florida, Tampa, Florida. 2009.

MEDEIROS, A. C.; FAIAL, K. R. F.; FAIAL, K. C. F.; LOPES, I. D. S.; LIMA, M. O.; GUIMARÃES, F. M.; MENDONÇA, N. M. Quality index of the surface water of Amazonian rivers in industrial areas in Pará, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 123, n. 1–2, p. 156-164, 2017.

MELTON, M. N. Analysis of the relations among elements of climate surface properties and geomorphology. Project NR 389-042 Tech. Rept. II, Columbia Univ., Dept. of Geology, On Geog., R., Branch, New York, 34. 1957.

MICHAUD, J. P. A Citizens' Guide to Understanding and Monitoring Lakes and Streams. Washington State Department of Ecology, 73p. 1991. Disponível em: <<https://fortress.wa.gov/ecy/publications/publications/94149.pdf>>. Acesso em: <25 de agosto de 2017>.

MORAIS, M. C. M.; SOUZA, J. C.; LOPES, E. R. N.; PADOVANI, N. G.; LOURENÇO, R. W.; DI ROMAGNANO, L. F. T. Índice de qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Una, Ibiúna/São Paulo. In: Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas, 13, 2016, Poços de Caldas/MG, **Anais... XIII CNMAPC**. Poços de Caldas/MG: IFSMG. 2016.

MORETTO, D. L.; PANTA, R. E.; COSTA, A. B.; LOBO, E. A. Calibration of water quality index (WQI) based on Resolution nº 357/2005 of the Environment National Council (CONAMA). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24 (1), p. 29-42, 2012.

NASCIMENTO, F. A. O.; NEVES, O. F. Qualidade da água: uma análise espacial de fatores que afetam a qualidade da água dos reservatórios em cascata na bacia do Rio Grande. **Sinapse Múltipla**, v. 3, n. 2, p. 103-111, 2014.

NASCIMENTO, F. R. Categorização de usos múltiplos dos recursos hídricos e problemas ambientais. **Revista da ANPEGE**, v. 7, n. 1, n. especial, p. 81-97, 2011.

NEFFA, E.; SILVA, L. P.; CERQUEIRA, L. F. F. Sustentabilidade dos recursos hídricos dos meios urbano e peri-urbano, educação ambiental e desenvolvimento local. **Revista eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 26, p. 125-140, 2011.

NUNES, G. R.; BLAGITZ, M. G.; FREITAS, C. B.; SOUZA, F. N.; RICCIARDI, M.; STRICAGNOLO, C. R.; SANCHES, B. G. S.; AZEDO, M. R.; SUCUPIRA, M. C. A.; DELLA LIBERA, A. M. M. P. Avaliação de indicadores inflamatórios no diagnóstico da mamite ovina. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v. 75 (3), p. 271-278, 2008.

ONGLEY, E. D. Modernization of water quality programs in developing countries: issues of relevancy and cost efficiency. **Water Qual. Int.**, v. 3, n. 4, p. 37-42, 1998.

ONGLEY, E. D.; BOOTY, W. G. Pollution remediation planning in developing countries: Conventional modelling versus knowledge based prediction. **Water Int.**, v. 24, p. 31-38, 1999.

ORTIZ, R. J. F.; TOSCANO, E. M. M. Estatística Usando Minitab. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Estatística. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 2010.

PACHECO, N. A.; BASTOS, T. X. Caracterização climática do Município de Capitão Poço-PA. Embrapa Amazônia Oriental, Documentos, n. 79, Belém, 2001, 20p.

PEGADO, R. S. Geotecnologia como instrumento de gestão de recursos hídrico: estudo da Bacia do Tucunduba – Belém (PA). 2010. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

PEREIRA, A. A.; OCAZONEZ, S. A.C.; TOMAZ, C. Avaliação da qualidade da água: proposta de novo índice alicerçado na lógica fuzzy. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 28 (4), p. 667-677, 2012.

PEREIRA, L. C. C.; MONTEIRO, M. C.; GUIMARÃES, D. O.; MATOS, J. B.; COSTA, R. M. Seasonal effects of wastewater to the water quality of Caeté River estuary, Brazilian, Amazon. **An. Acad. Bras. Ciênc.**, v. 82 (2), p. 467-478, 2010.

PEREIRA, S. B. Evaporação no lago de Sobradinho e disponibilidade hídrica no rio São Francisco. 2004.105 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Ambiental)- Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa –MG, 2004.

PINTO, C. U. O.; CARVALHO, A. P.; SILVA, D. G. K. C. Uso do IQA para caracterização da água usada como insumo produtivo pela Comunidade Quilombola Malhadinha. **Biota Amazônia**, v. 5, n. 4, p. 1-3, 2015.

PINTO, L. V. A.; ROMA, T. N.; BALIEIRO, K. R. C. Avaliação qualitativa da água de nascentes com diferentes usos do solo em seu entorno. **Cerne**, Lavras, v. 18 (3), p. 495-505, 2012.

PRASAD, B.; SANGITA, K. X. Heavy metal pollution index of ground water of an abandoned open cast mine filled with fly ash: a case study. **Mine Water Environ.**, v. 27, p. 265–267, 2008.

POONAM, T.; TANUSHREE, B.; SUKALYAN, C. Water Quality Indices - Important toolsfor water quality assessment: A review. **International Journal of Advances in Chemistry (IJAC)**, v. 1, n. 1, 2015.

POSSELT, E. L., COSTA, A. B. Software IQAData 2010. Registro no INPI nº 10670-2, Programa de Mestrado em Sistemas e Processos Industriais PPGSPI, UNISC, 2010. Disponível em: <http://www.unisc.br/ppgsppi>

RACANICCHI, R. M. Z. Influência da implantação de estação de tratamento de esgoto na recuperação da qualidade de curso d'água. Dissertação de Mestrado. Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira. 2002.

RAMOS JUNIOR, A. B. S.; CRUZ, M. J. M.; SANTOS, R. A.; GONÇALVES, M. V. P. Determinação do índice de qualidade das águas do rio São Paulo, Candeias, Bahia, Brasil. Para desenvolver a Terra: memórias e notícias de Geociências no espaço lusófono. Editora Impressa da Universidade de Coimbra, 2012.

RAMESH, S.; SUKUMARAN, N.; MURUGESAN, A.; RAJAN, M. An innovative approachof Drinking Water Quality Index - a case study from Southern Tamil Nadu, India. **Ecol. Indic.**, v. 10, p. 857–868. 2010.

RAPANT, S.; KORDIK, J. An environmental risk assessment map of the Slovak Republic: application of data from geochemical atlases. **Environ. Geol.**, v. 2003 (44), p. 400–407, 2003.

REGO, A. G.; FERNANDES, L. L.; BLANCO, C. J. C.; BARP, A. R. B. Evaluation of sustainability in the use of water within the Amazon deforestation area: a case study in Rondon do Pará, Pará State, Brazil. **Acta Scientiarum Technology**, v. 35, n. 2, p. 237-245, 2013.

REIS, C. F.; BOAS, M. A. V.; MERCANTE, E.; HERMES, E.; REISDORFER, M. Avaliação da qualidade da água para irrigação em Salto do Lontra – PR. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 1, p. 069-078, 2011.

RODRIGUES, R. S. S.; FERNANDES, L. L.; CRISPIM, D. L., VIEIRA, A. S. A., PESSOA, F. C. L. Caracterização morfológica da bacia hidrográfica do Igarapé da Prata, Capitão Poço – Pará – Brasil. **Revista Verde - ISSN 1981-8203 - (Pombal - PB)** v. 11, n.3, p.143-150, 2016.

RODRIGUES, R. S. S.; FERNANDES, L. L.; VIEIRA, A. S. A.; CRISPIM, D. L.; NASCIMENTO, T. V. Efeitos da precipitação diária sobre vazão média do corpo hídrico na bacia do igarapé da Prata, Capitão Poço, Pará, Brasil. In: Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental (SIQA), 10, 2016, Porto Alegre/RS, **Anais do X SIQA**. Porto Alegre/RS: PUCRS, ABES. 2016b.

RODRIGUES, R. S. S.; FERNANDES, L. L.; NASCIMENTO, T. V.; PESSOA, F. C. L.; CRUZ, J. S. Evolução do uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do igarapé da Prata (1984-2010), Capitão Poço, Pará, Brasil. In: Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental (SIQA), 10, 2016, Porto Alegre/RS, **Anais do X SIQA**. Porto Alegre/RS: PUCRS, ABES. 2016c.

RODRIGUES, R. S. S.; BITTENCOURT, G. M.; FERNANDES, L. L. Escoamento superficial em uma pequena bacia hidrográfica rural da Amazônia. **Revista Brasileira de Cartografia**, 2018. No prelo.

RYAN JR, T. A.; JOINER, B. F.; RYAN, B. F. Minitab Reference Manual. Pennsylvania: Pennsylvania State University; 1981.

SABINO, C. V. S.; ABREU, J. F.; LOBATO, W.; SABINO, G. S.; KNUP, E. A. N. Análise de alguns aspectos da qualidade da água da bacia do rio Paraopeba utilizando estatística multivariada. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 8 (2), p. 6-18, 2008.

SAEEDI, M.; ABESSI, O.; SHARIFI, F.; MERAJI, H. Development of groundwater quality index. **Environ. Monit. Assess.**, v. 163, p. 327–335, 2010.

SAID, A.; STEVENS, D. K.; SEHLKE, G. An innovative index for evaluating water quality in streams. **Environ. Assess.**, v. 34, n. 3, p. 406–414, 2004.

- SÁNCHEZ, L. H. Avaliação de impactos ambientais: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos; 2008. p. 24.
- SANTOS, D. B. O.; BLANCO, C. J. C.; PESSOA, F. C. L. RUSLE para Determinação da Tolerância de Perda de Solo. **Biota Amazônia**, v. 5, n. 4, p. 78-83, 2015.
- SCHEWE, J.; HEINKE, J.; GERTEN, D.; HADDELAND, I.; ARNELL, N. W.; CLARK, D. B.; & COLÓN-GONZÁLEZ, F. J. Multimodel assessment of water scarcity under climate change. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, p. 3245–3250, 2014.
- SCHUMM, S. A. Evolution of drainage system and slope in badlands of Perth Amboy. **New Jersey**, v. 67, p. 597-46, 1956.
- SEEBOONRUANG, U. A statistical assessment of the impact of land uses on surface water quality indexes. **Journal of Environmental Management**, v. 101, p. 134-142, 2012.
- SIMÕES, F. S.; MOREIRA, A. B.; BISINOTI, M. C.; GIMENEZ, S. M. N.; YABE, M. J. S. Water quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies. **Ecol. Ind.**, v. 8, n. 5, p. 476–484, 2008.
- SIQUEIRA, G. W.; APRILE, F.; MIGUÉIS, A. M. Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas (Pará – Brasil). **Acta Amazonica**, v. 42, n. 3, p. 413-422, 2012.
- SILVA, E. S.; OLIVEIRA, J. C. S. Avaliação da qualidade da água da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Seringal Triunfo, Rio Araguari, Ferreira Gomes-AP-Brasil. **Biota Amazônia**, v. 4, n. 2, p. 28-42, 2014.
- SIOLI, H. pH values to Amazonian waters. Bulletin of the Museum Paraense Emilio Goeldi, v. 1, p. 1-35, 1957.
- SOUZA, A. C. M.; SILVA, M. R. F.; DIAS, N. S. Gestão de recursos hídricos: o caso da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró (RN). **Irriga**, Botucatu, Edição especial, p. 280-296, 2012.
- SOUZA, E. R.; FERNANDES, M. R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais. **Revista Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 21, n. 207, p. 15-20, 2000.
- SOUZA, J. R.; MORAES, M. E. B.; SONODA, S. L.; SANTOS, H. C. R. G. A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. REDE - **Revista Eletrônica do Prodem**, v.8, n.1, p. 26-45, 2014.
- SOUZA, N. S.; OLIVEIRA, J. C. S.; SILVA, E. S. Avaliação da qualidade da água do Alto Rio Pedreira, Macapá, Amapá. **Biota Amazônia**, v. 5 (2), p. 107-118, 2015.
- ŠTAMBUK-GILJANOVIC, N. Water quality evaluation by index in Dalmatia. **Water Res.**, v. 33, n. 16, p. 3423-3440, 1999.

- STEINHART, C. E.; SCHIEROW, L. J.; SONZOGNI, W. C. Environmental Quality Index for the Great Lakes. **Water Resour. Bull.**, v.18, n. 6, p. 1025–1031, 1982.
- STERTZ, S. C.; FREITAS, R. J. S.; ROSA, M. I. S.; PENTEADO, P. T. P. S. Qualidade nutricional e contaminantes de alface (*lactuca sativa* l.) convencional, orgânica e hidropônica. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 6 (1), 2005.
- STIGTER, T. Y.; RIBEIRO, L.; CARVALHO DILL, A. M. M. Application of groundwater quality index as an assessment and communication tool in agro-environmental policies – two Portuguese case studies. **J. Hydrol.**, v. 327, p. 578–591, 2006.
- SUN, W.; XIA, C.; XU, M.; GUO, J.; SUN, G. Application of modified water quality indices as indicators to assess the spatial and temporal trends of water quality in the Dongjiang River. **Ecological Indicators**, v. 66, p. 306–312, 2016.
- TAKAHASHI, A. I.; LOURENÇO, F. R.; DUQUE, M. D.; CONSIGLIERI, V. O.; FERRAZ, H. G. Using Fluid Bed Granulation to Improve the Dissolution of Poorly Water-Soluble Drugs. **Brazilian archives of biology and technology**, v. 55, n. 3, p.477-484, 2012.
- TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DINIZ, H. N.; DIAS, N. W.; MATOS, F. C. Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v.7, n.2, p. 120-142, 2012.
- TOLEDO, L.G; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, v.59, n.1, p.181-186, 2002.
- TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. D. A.; LEITE, F. P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões - MG. **Rev. Árvore**, v. 30, n. 5, p. 849-857, 2006.
- TUCCI, C. E. M. Águas urbanas, **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.
- TUCCI, C. E. Apreciação do plano nacional de recursos hídricos e visão prospectiva dos programas e ações. Documento de apoio às ações de planejamento da Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2001.
- TUCCI, C. E. M. Gestão da água no Brasil. – Brasília: UNESCO, 2001.
- TUCCI, C. E. M. Técnicas estatísticas. In: TUCCI, C. E. M. Regionalização de vazões. Porto Alegre: Ed.Universidade/UFRGS, p. 23-60, 2002.
- TZIRITIS, E.; PANAGOPOULOS, A.; ARAMPATZIS, G. Development of an operational index of water quality (PoS) as a versatile tool to assist groundwater resources management and strategic planning. **Journal of Hydrology**, v. 517, p. 339–350, 2014.

UNDESA. World urbanization prospects: The 2009 revision highlights. New York, NY, USA: UNDESA, 2010.

UNITED NATIONS, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2014. World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights. ST/ESA/SER.A/352.

VÁLIO, V. M.; TAU-K-TORNISIELO, S. M.; MALAGUTTI, E. N.; MORAIS, E. B.; GONÇALVES, F. A. M.; ALCANTARA, A. L. Impacto do efluente tratado da estação de tratamento de esgoto na qualidade de água do rio de Itapetinga, SP. **HOLOS Environment**, v. 13, n. 2, p. 224-242, 2013.

VALLE JUNIOR, R. F.; ABDALA, V. L.; GUIDOLINI, J. F.; SIQUEIRA, H. E.; CANDIDO, H. G. Diagnóstico temporal e espacial da qualidade das águas superficiais do rio Uberaba – MG. **Caminhos de Geografia Uberlândia**, v. 14, n. 45, p. 01-11, 2013.

VEGA, M. M.; FERNANDEZ, T. B.; TARAZONA, J. V.; CASTAÑO, A. Biological and chemical tools in the toxicological risk assessment of Jarama River, Madrid, Spain. **Environ. Pollut.**, v. 93, n. 2, p.135-9, 1996.

VICTORINO, C. J. A. **Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos / Célia Jurema Aito Victorino.** – Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada.** Editora Mc Graw Hill, São Paulo 245p. 1975.

VITTALA, S. S.; GOVINDAIAH, S.; GOWDA, H. H. Prioritization of sub-watersheds for sustainable development and management of natural resources: Na integrated approach using remote sensing, GIS and sócio-economic data. **Current Science**, Índia, v.95, n.3, 2008.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3.ed. Belo Horizonte: UFMG/ Departamento de Engenharia Sanitária, v.1, 452p. 2005.

WATRIN, O. dos S.; GERHARD, P.; MACIEL, M. N. M. Dinâmica do uso da terra e configuração da paisagem em antigas áreas de colonização de base econômica familiar, no Nordeste do estado do Pará. **Revista Geografia**, Rio Claro, v. 34, n. 3, p. 455-472, 2009.

WETZEL, R. G. Limnology. San Diego: Academic Press, 2001. 1006 p.

WHITE, P. A.; RASMUSSEN, J. B. The genotoxic hazards of domestic wastes in surface waters. **Mutat. Res.**, v. 410, p. 223-236, 1998.

WHITTAKER, G.; LAUTENBACH, S.; VOLK, M. What is a good index? Problems with statistically based indicators and the Malmquist index as alternative. International Environmental Modelling and Software Society (iEMSs) 2012 International Congress on Environmental Modelling and Software Managing Resources of a Limited Planet,

Sixth Biennial Meeting, R Seppelt, AA Voinov, S Lange, D Bankamp (eds.), Leipzig, Germany. 2012.

WONG, H.; HU, B. Q. Application of improved extension evaluation method to water quality Evaluation. **Journal of Hydrology**, v. 509, p. 539–548, 2014.

ZANINI, H. L. H. T.; AMARAL, L. A.; ZANINI, J. R.; TAVARES, L. H. S. Caracterização da água da microbacia do córrego Rico avaliada pelo índice de qualidade de água e de estado trófico. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.30, n.4, p.732-741, 2010.

ZUFFO, C. E.; NASCIMENTO, G. F.; ABREU, F. A. M.; CAVALCANTE, I. N. Caracterização da Qualidade de Águas Superficiais em Rondônia. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 36 (2), p. 25-39, 2013.