



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E MEIO AMBIENTE
INSTITUTO DE TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO GALILEO DA AMAZÔNIA-
ITEGAM

PRISCILA DOS ANJOS CORRÊA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO
TROMBETAS, UTILIZADA PARA O ABASTECIMENTO DO
MUNICÍPIO DE ORIXIMINÁ-PA.

Manaus-AM

2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E MEIO AMBIENTE
INSTITUTO DE TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO GALILEO DA AMAZÔNIA-
ITEGAM

PRISCILA DOS ANJOS CORRÊA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO
TROMBETAS, UTILIZADA PARA O ABASTECIMENTO
DO MUNICÍPIO DE ORIXIMINÁ-PA.

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ciência e Meio Ambiente – PPGCMA com Área de Concentração em Recursos Naturais e Sustentabilidade da Universidade Federal do Pará (UFPA) como requisito para a obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dra. ADRIANA RIBEIRO
CARNEIRO FOLADOR

Co-orientador: Prof. MSc. EIDI NISHIWAKI
Manaus-AM

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicidade (CIP) de acordo com ISBD
Biblioteca ICEN/UFPA-Belém-PA

C824a Corrêa, Priscila dos Anjos
Avaliação da qualidade da água do rio Trombetas, utilizada
para abastecimento do município de Oriximiná-PA/ Priscila dos
Anjos Corrêa-2019.

Orientador: Adriana Ribeiro Carneiro Folador
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará,
Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Programa de Pós-
Graduação em Ciências e Meio ambiente, 2019.

1. Água-Qualidade-Oriximiná (PA). 2. Água-Poluição.
3. Qualidade de vida-Água potável-Contaminação. 4. Bacias
hidrográficas-Análise. 5. Abastecimento de água-Oriximiná (PA).
I. Título.

.

CDD 22. ed. – 363.7394

Elaborado por Leila Maria Lima Silva – CRB-458/

PRISCILA DOS ANJOS CORRÊA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO TROMBETAS,
UTILIZADA PARA O ABASTECIMENTO DO MUNICÍPIO DE
ORIXIMINÁ/PA.**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ciência e Meio Ambiente – PPGCMA com Área de Concentração em Recursos Naturais e Sustentabilidade da Universidade Federal do Pará (UFPA) como requisito para a obtenção do grau de Mestre.

Prof. Dr. Orientador: ADRIANA RIBEIRO CARNEIRO FOLADOR

Prof. MSc. Co-orientador: EIDI NISHIWAKI

Aprovada em: 25/03/2019

BANCA EXAMINADORA

PROF^o. DR. ADRIANA RIBEIRO CARNEIRO FOLADOR (UFPA)

Orientadora

**REPRESENTAÇÃO: PROF. DR. DAVI SOCORRO BARROS BRASIL
(UFPA)**

**PROF. DR. EDIVALDO HERCULANO CORRÊA DE OLIVEIRA
(UFPA)**

PROF. DR. DAVID BARBOSA DE ALENCAR

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade de realizar esse sonho. A minha família pelo apoio e suporte durante toda a pesquisa, de certo que foram essenciais para meu desenvolvimento como profissional.

Aos meus amigos e professores do programa, pela convivência e ensinamentos principalmente aos meus orientadores Dra Adriana Carneio e MSc Eidi Nishiwaki. Aos amigos que fiz no LCQA-Manaus Ambiental, pela ajuda profissional e competente durante a prática experimental.

Agradeço também a população Oriximinaense, pela acolhida e ajuda durante todo o processo de pesquisa, especialmente aos ribeirinhos da orla municipal, professores e alunos da UFOPA e ao técnico responsável pelo LCQA-Oriximiná.

RESUMO

Identificar a qualidade da água e verificar a sua vulnerabilidade à atividade humana, é de extrema importância para a saúde pública. Tendo em vista a necessidade da conservação dos recursos hídricos, faz-se necessário a análise da bacia hidrográfica e o gerenciamento dos recursos hídricos sem perder de perspectiva da qualidade de vida da população que se favorece dessas águas. Este trabalho é um estudo de caso, no qual a pesquisa exploratória objetivou-se a avaliar a qualidade do rio Trombetas no trecho compreendido da cidade de Oriximiná/PA e sua relação com as fontes poluidoras no local do estudo. O Rio Trombetas pertence, geograficamente à região do baixo Amazonas no estado do Pará e percorre 760 km de extensão passando pelos municípios de Faro, Óbidos, Terra Santa e Oriximiná e deságua na margem esquerda do Amazonas. O município de Oriximiná localiza-se no Estado do Pará na região Norte do país. Com cerca de 71 mil habitantes, situado à margem esquerda do rio Trombetas. As coletas foram realizadas no Rio Trombetas, no trecho à montante e à jusante do município de Oriximiná/Pará. Foram coletadas amostras de água superficial de quatro (04) pontos durante quatro meses no ano de 2018. Os parâmetros medidos foram Temperatura, pH, Oxigênio dissolvido (OD), Turbidez, Cor, Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO, Alumínio, Sólidos totais, Fósforo total e Nitrogênio total, coliformes totais e *E. coli*. Houveram alterações nos parâmetros pH, fósforo, cor e EC são mais relevantes no ponto em frente ao porto e matadouro municipal, o que revela uma forte associação entre despejo de resíduos orgânicos e as alterações da qualidade da água no local, não observadas nos pontos à montante da cidade. O IQA do trecho monitorado indica uma água de BOA qualidade, com tendência a MÉDIA em frente a cidade.

Palavras chave: Qualidade da água superficial; Rio Trombetas; IQA.

ABSTRACT

Identifying water quality and verifying its vulnerability to human activity is of paramount importance to public health. In view of the need to conserve water resources, it is necessary to analyze the hydrographic basin and the management of water resources without losing sight of the quality of life of the population that favors these waters. This work is a case study, in which the exploratory research was aimed at evaluating the quality of the Trombetas river in the stretch comprised of the city of Oriximiná/PA and its relation with the polluting sources at the study site. The Trombetas River belongs to the Lower Amazon region in the state of Pará and travels 760 km in length through the municipalities of Faro, Óbidos, Holy Land and Oriximiná and flows into the left bank of the Amazon. The municipality of Oriximiná is located in the State of Pará in the northern region of the country. With about 71 thousand inhabitants, located on the left bank of the river Trombetas. The collections were carried out on the Trombetas River, upstream and downstream from the municipality of Oriximiná / Pará. The parameters measured were: Temperature, pH, dissolved oxygen (OD), Turbidity, Color, Biochemical Oxygen Demand-BOD, Aluminum, Total solids, Total phosphorus and total Nitrogen, total coliforms and *E. coli*. There were changes in pH, phosphorus, color and EC are more relevant at the point in front of the port and municipal slaughterhouse, which reveals a strong association between organic waste dumping and changes in water quality at the site, not observed in the amount of the city. The IQA of the monitored section indicates a water of GOOD quality, with a tendency towards AVERAGE in front of the city.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	1
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 IDENTIFICAÇÃO E JUSTIFICATIVA DA PROPOSTA	3
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.3 CONTRIBUIÇÃO E RELEVÂNCIA DO ESTUDO	5
1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	5
2 QUALIDADE DA ÁGUA	6
2.1 QUALIDADE DA ÁGUA NO BRASIL	7
2.2 LEIS E NORMAS	9
2.3 PARÂMETROS DE QUALIDADE	10
2.4 IQA.....	15
2.5 RIO TROMBETAS	17
2.6 MUNICÍPIO DE ORIXIMINÁ/PA	18
3 METODOLOGIA.....	24
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	24
3.2 LOCAL DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	24
3.3 PERÍODO DE COLETAS E FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGENS	24
3.4 COLETA DAS AMOSTRAS.....	27
3.5 AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA	28
3.6 PARÂMETROS MEDIDOS	29
3.7 AVALIAÇÃO BACTERIOLÓGICA: MÉTODO DE DILUIÇÃO SERIADA	29
3.8 ANÁLISE DOS DADOS	30
3.9 CONTRIBUIÇÃO SOCIAL	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	31
4.2 MICROBIOLÓGICOS.....	38
4.3 IQA.....	40
4.4 ATUAÇÃO NA COMUNIDADE.....	41
5 CONCLUSÕES.....	43
5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	44
6 REFERÊNCIAS	45

Lista de Figuras

Figura 1 Determinação de Oxigênio Dissolvido (OD).....	11
Figura 2. Fluxograma da análise de DBO	12
Figura 3: Localização do Município de Oriximiná/ PA. Fonte: www.cpisp.org.br	18
Figura 4. Porto Hidroviário de Oriximiná/PA. Fonte: https://www.ferias.tur.br/fotos/4719/oriximina-pa	19
Figura 5. Ponto de captação de água da empresa COSANPA/em Oriximiná-PA.....	21
Figura 6. Delimitação dos pontos de coletas. Fonte adaptada de: www.google.com.br/maps	24
Figura 7. Distância entre a Mineradora MRN e Oriximiná-PA. Fonte: www.mrn.com.br/paginas/images/mapa.gif	26
Figura 8. Rio Trombetas à montante da cidade de Oriximiná-PA.	26
Figura 9. Localização P2. Fonte adaptada de: www.google.com.br/maps	26
Figura 10. A. Estação de captação de água da Empresa COSANPA. B. Orla portuária da cidade de Oriximiná-PA.	27
Figura 11. A. Coleta das amostras no rio Trombetas. B. Medição dos parâmetros com equipamentos portáteis.	28
Figura 12. Medição de pH das amostras. B. Determinação de Cor das amostras.	28
Figura 13. Técnica dos tubos múltiplos. A. amostras diluídas em meio de cultura; B. Amostras na estufa após 24 H de incubação; C. Amostra positiva para <i>E. coli</i>	30
Figura 14. Resultados das análises de pH nas quatro campanhas e quatro pontos de coleta.....	32
Figura 15. Resultados das análises de turbidez nas quatro campanhas e quatro pontos de coleta.....	33
Figura 16. Resultados das análises de Cor nas quatro campanhas e quatro pontos de coleta.....	34
Figura 17. Resultados das análises de Oxigênio Dissolvido nas quatro campanhas e quatro pontos de coleta.....	34
Figura 18. Resultados das análises de DBO nas quatro campanhas e quatro pontos de coleta.....	35
Figura 19. Ponto 4, proximidade com matadouro, atividade portuária e lançamento de águas pluviais	36
Figura 20. Resultados das análises de Alumínio nas quatro campanhas e quatro pontos de coleta.....	36

Figura 21. Resultados das análises de Nitrogênio Total nas quatro campanhas e quatro pontos de coleta.	37
Figura 22. Resultados das análises de fósforo total nas quatro campanhas e quatro pontos de coleta.	37
Figura 23. Resultados das análises de Sólidos Totais nas quatro campanhas e quatro pontos de coleta.	38
Figura 24. Resultados das análises de <i>E.coli</i> nas quatro campanhas e quatro pontos de coleta.	39
Figura 25. Índice de Qualidade da Água para as amostras coletadas.	41
Figura 26. Apresentação de palestra sobre doenças de veiculação hídrica e poluição do Rio Trombetas na UFOPA.	41
Figura 27. Entrevista da mestrandia à emissora de radiotelevisão local.	42

Lista de tabelas

Tabela 1: Parâmetros de qualidade da água para o cálculo do IQA e respectivos pesos.	17
Tabela 2: Período de coletas: De acordo com a sazonalidade amazônica.....	25
Tabela 3: Pontos de coletas e localizações geográficas.....	25
Tabela 4: Parâmetros físico-químicos, método e padrão segundo a classificação CONAMA/2005 para águas de classe 2.	29
Tabela 5: Resultados dos parâmetros físico-químicos.	31

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

A água é uma substância essencial para a manutenção dos organismos, uma quantidade adequada de água potável é necessária, por exemplo, para evitar doenças e óbito relacionados com a falta de água, além de ser um recurso indispensável para preparo de alimentos, higiene pessoal e uso doméstico (SHARMAS & WANG, 2013).

Entretanto, várias cidades têm sofrido com os impactos dos surtos de doenças de veiculação hídrica na população. Devido a pressão antrópica sobre os ambientes aquáticos e suas consequências, como a deterioração da qualidade da água, que reforça a preocupação com o controle da qualidade das fontes disponíveis para o tratamento e distribuição para a população, feitos pelos sistemas de abastecimento de água (MERTEN & MINELLA, 2002; ALVES, *et al.* 2012).

Os sistemas de monitoramento de corpos d'água, são úteis para acompanhar as tendências da qualidade da água, a eficácia do enquadramento, detecção de tendências, cadastro de fontes poluidoras, monitoramento biológico, e avaliação periódica do ecossistema (GONÇALVES, 2009). Tal avaliação está associada a dois dispositivos legais: Portaria de consolidação do Ministério da Saúde (MS) 05/2017 em anexo XX, que dispõe do controle e vigilância da qualidade da água destinada ao consumo humano e um padrão de potabilidade a serem observados em todo o território nacional e as Resoluções 357/2005 e 274/2000 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA).

Estudos voltados à qualidade das águas superficiais em rios, estão se tornando cada vez mais frequentes com a utilização da padronização dessas resoluções em território nacional. No estado de Pará, diversos sistemas de monitoramentos revelam rios de IQA satisfatórios de qualidade excelente, entretanto revelam também a decadência dos níveis de qualidade associados ao aumento populacional e o lançamento de rejeitos não tratados, é caso do rio Pará em Barcarena (PIRATOBA, *et al.* 2017); rio Arari na ilha de Marajó (Alves, *et al.* 2012); no manancial Utinga em Belém (VASCONCELOS, *et al.* 2011); dentre outros.

1.1 IDENTIFICAÇÃO E JUSTIFICATIVA DA PROPOSTA

A poluição de mananciais, decorrentes principalmente de ações urbanas e industriais tais como rejeitos aglomerados em lixões, resíduos industriais líquidos, fossas sépticas, agricultura, fertilizantes e praguicidas, mineração, causam alteração das características da água, comprometimento de sua qualidade e de usos previstos (MERTEN & MINELLA, 2002).

Os dados referentes à vigilância sanitária do município de Oriximiná/PA divulgados pelo DATASUS, até o ano 2000, apresentava 4.569 dos domicílios abastecidos pela rede geral, 198 domicílios abastecidos pelo poço ou nascente e 600 domicílios abastecidos por outras fontes. Na área rural, os domicílios com abastecimento da rede geral somaram 1.130, os domicílios que utilizaram o poço são 1.600 e as outras formas, como a não canalizada, representaram 1.194. (DATASUS, 2018; TABNET, 2018). Ressalta-se que são incluídos dentre as outras formas, o consumo de água diretamente do rio com poucas ou nenhuma forma de tratamento simplificado. Para OTENIO, *et al* (2007), “os serviços de abastecimento nas áreas rurais ainda estão bem defasados em relação aos centros urbanos. Mas, prover abastecimento de água, a um custo acessível, para as áreas urbanas mais pobres e cada vez mais populosas, também tem sido um desafio”.

Portanto, identificar a qualidade da água e verificar a sua vulnerabilidade à atividade humana, é de extrema importância para a saúde pública. Tendo em vista a necessidade da conservação dos recursos hídricos, faz-se necessário a análise da bacia hidrográfica e o gerenciamento dos recursos hídricos sem perder de perspectiva da qualidade de vida da população que se favorece dessas águas (DE SOUZA, 2014).

Este trabalho é um estudo de caso, onde a pesquisa exploratória revelou a qualidade do rio Trombetas no trecho compreendido da cidade de Oriximiná/PA e sua relação com as fontes poluidoras no local do estudo. Esta proposta visa esclarecer com dados, a tendência ambiental e os riscos para quem consome diretamente a água do rio Trombetas na região.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade da água superficial do Rio Trombetas, associada ao lançamento de rejeitos urbanos no trecho frente à cidade de Oriximiná/PA.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a qualidade ambiental da água bruta do Rio Trombetas no trecho próximo à cidade de Oriximiná/PA, tomando como base a coleta e análise de parâmetros ambientais do Índice de Qualidade de Água (IQA);
- Investigar as fontes de contaminação antrópica emergentes no rio Trombetas e seus efeitos na qualidade da água.
- Apresentar os dados obtidos através de uma palestra para a população, enfatizando na manutenção da qualidade da água do rio Trombetas e sua relação para com a saúde da população urbana e ribeirinha local.

1.3 CONTRIBUIÇÃO E RELEVÂNCIA DO ESTUDO

Este estudo visa desmistificar com dados científicos a suposta poluição do Rio Trombetas por atividades antrópicas na cidade de Oriximiná/PA. Os dados e as informações podem contribuir para um plano de saneamento local assim como evidenciar como pequenas cidades também podem contribuir para poluição de rios.

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa está limitada ao Rio Trombetas, no trecho compreendido entre a montante e a jusante da cidade Oriximiná/ PA. As coletas e análises foram realizadas no período de Junho a Dezembro/2018. As normas utilizadas para a avaliação laboratorial foram: Resolução CONAMA N° 357/2005 e Resolução CONAMA N° 274/2000. Os parâmetros medidos foram: Temperatura, pH, Oxigênio dissolvido (OD), Turbidez, Cor, Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO, Alumínio, Sólidos totais, Fósforo total, Nitrogênio total e *E. coli*.

CAPÍTULO II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2 QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade ambiental está relacionada a um conjunto de fatores que podem contribuir para diversos aspectos importantes da vida humana e, portanto, muito fácil de ser prejudicada, afetando vários segmentos, como a saúde pública, o meio ambiente, ambientes laborais e a economia. (BARSANO, 2014).

Apesar de toda a água disponível no planeta, distribuída em mananciais, rios, lagos, mares, fontes subterrâneas e outras reservas hídricas, é difícil imaginar que haja menos de 3% desse recurso em sua forma potável (BARSANO, 2014). De acordo com dados da ANA (2019), estima-se que 97,5% da água existente no mundo é salgada e não é adequada ao nosso consumo direto nem à irrigação da plantação. Dos 2,5% de água doce, a maior parte (69%) está concentrada nas geleiras, 30% são águas subterrâneas e 1% encontra-se nos rios. Portanto, o uso desse bem precisa ser pensado para que não prejudique nenhum dos diferentes usos que ela tem para a vida humana.

A qualidade de uma determinada água, é resultante de fenômenos naturais, como o escoamento superficial e infiltração dos solos resultantes da precipitação atmosférica, no qual ocorre a incorporação de partículas em suspensão ou dissolvidos alterando a qualidade da água; e da atuação do homem, na geração de despejos domésticos e industriais. (VON SPERLING, 2014).

Não é novidade que as intervenções que o homem insere em meio alteram profundamente as características desses usos previstos, trazendo sérios riscos à saúde humana e aos ecossistemas. (BARSANO, 2014).

Para Guedes, *et al* (2015), os estudos sobre risco de contaminação por doenças hídricas no Brasil têm enfatizado o componente epidemiológico relacionado a riscos objetivos, assim como o aspecto de gestão pública dos recursos hídricos. Porém pouco se conhece sobre os mecanismos de exposição e percepção de contaminação por doenças hídricas no país. O crescimento urbano desordenado é um forte exemplo entre a deterioração dos corpos d'água e saúde populacional.

Todos sofrem com os impactos decorrentes da queda da qualidade ambiental, poluição e problemas de saneamento são os principais interferentes, pois deterioram bens materiais, disseminam doenças, acarretam custos adicionais às empresas e

inviabilizam uma vida mais saudável e produtiva. Um exemplo é o índice de doenças de veiculação hídrica, tendo aumento principalmente, na população que utiliza diretamente essa água sem tratamento e/ou com tratamento ineficaz (BARSANO, 2014).

Segundo OTENIO, *et al* (2007), as doenças de veiculação hídrica são um grupo no qual o agente patogênico é ingerido juntamente com a água. A água microbiologicamente contaminada pode transmitir grande variedade de doenças infecciosas, de diversas maneiras: através da ingestão de água contaminada; falta de limpeza e de higiene com água e por parasitas encontrados em organismos que vivem na água.

São exemplos: Cólera, febre tifoide, amebíase, diarreia e gastroenterites, hepatites virais, helmintíases, e outras doenças infecciosas e parasitárias. Podendo levar o indivíduo a internação hospitalar e causar agravos a saúde, em principalmente crianças, idosos e pessoas imunocomprometidas, sem ou com a tardia assistência médica (TORTORA, *et al* 2017).

É dever do Estado investir em medidas e instrumentos que mudem esse cenário, atuando diretamente em melhorias nos serviços básicos de saúde e saneamento (abastecimento de água, manutenção de sistemas de esgotos e coleta e destinação correta do lixo urbano); desenvolvimento de programas educativos e de conscientização ambiental; apoio a empreendimentos corporativos que tenham como prática o desenvolvimento sustentável; fiscalização e punição aos infratores conforme legislações vigentes no país; dentre outros. Afim de minimizar os impactos causados pela poluição hídrica na população e no meio ambiente (BARSANO, 2014).

2.1 QUALIDADE DA ÁGUA NO BRASIL

A vazão média anual dos rios em território brasileiro é de 180 m³/s, o que corresponde a 12% da disponibilidade de água superficial no mundo. A distribuição desse imenso potencial no território é irregular. A Região Hidrográfica Amazônica concentra 73,6% dos recursos hídricos (ROCHA, *et al.* 2011; ANA, 2019).

No Brasil as principais utilizações da água são o abastecimento da população, irrigação o solo para produzir alimentos, e matéria prima na produção industrial, geração de energia hidroelétrica, navegação fluvial, recreação e o lazer e sustentação do equilíbrio dos ecossistemas. Os percentuais de utilização, em volume total consumido, são: irrigação, 69%; consumo animal, 12%; consumo urbano, 10%; consumo industrial,

7%; e consumo rural, 2%. Estes valores são diferenciados por região ou bacia hidrográfica, em função da densidade de população e da atividade econômica (ROCHA, *et al.* 2011).

Dada a demanda populacional, a preocupação com a qualidade da água utilizada tem avançado, por meio de estudos e pesquisas. O monitoramento da qualidade da água de um manancial é de extrema importância quando se quer manter o meio em boas condições para os usos, principalmente para fins de abastecimento.

“A importância da água para a vida humana sempre existiu e por isso a forma de protegê-la também não é novidade moderna” (ROCHA, *et al.* 2011). Decretos e resoluções sobre qualidade da água foram criadas, como documentação de referência para esses monitoramentos. Onde, consistem em parâmetros de poluição das massas de água em monitoramento. Geralmente, são informações pouco expressivas, no entanto, significativas para os gestores e tomadores de decisão do setor de água e que querem saber sobre o estado de seus corpos hídricos (NASIRIAN, 2007 *apud* ANDRIETTI, 2016).

A poluição hídrica exige graus de tratamento da água cada vez mais sofisticados e onerosos para sua potabilização. Entretanto, o custo desse tratamento e a possibilidade de ocorrência de falhas operacionais nas estações de tratamento, de consequências imprevisíveis fazem com que os mananciais livres de contaminantes naturais, ou de natureza química ou biológica provocada pelas mais diversas atividades antrópicas, devem ser priorizados. O controle continua com a concepção, o projeto e a operação adequada do tratamento e distribuição (BRASIL, 2006; BARSANO, 2014; SILVA, 2010).

Esses sistemas são obras de engenharia que, objetivam assegurar o conforto as populações e prover parte da infraestrutura das cidades, levando água confiável para as residências, minimizando os riscos à saúde impostos por esta. Para isso, a escolha correta do manancial onde este projeto será implantado é essencial. Assim, os mananciais livres de contaminantes devem ser priorizados, sobretudo protegidos contra a contaminação química ou biológica provocada pelas mais diversas atividades antrópicas (BRASIL, 2006).

No abastecimento de água, a avaliação das condições em que a água se encontra para o consumo, se dá por meio padrões de potabilidade, que devem ser analisados através de exames físico-químicos, químicos e bacteriológicos. Segundo a medição de seus parâmetros, como os elementos químicos carbono, nitrogênio, oxigênio

e fósforo, que são essenciais para a manutenção da vida, afim de evitar os riscos de doenças através de vetores biológicos como a cólera ou riscos decorrentes de envenenamento e intoxicações por substancias perigosas como o cobre, chumbo, mercúrio, cromo, magnésio, dentre outros (BARSANO, 2014; TORTORA, 2017).

Além de frequentes inspeções no sistema de tratamento, na qual devem ser realizadas em frequência adequada e nos pontos mais vulneráveis do sistema, o que possibilita uma visão da probabilidade de ocorrência de episódios de qualidade indesejável da água. Possibilitando identificar possíveis ocorrências negativas e assim impedi-las ou evita-las, ou ainda possíveis procedimentos inadequados e assim corrigi-los (BRASIL, 2006).

Essa inspeção ocorre mediante a realização de análises físico-químicas e microbiológicas, para conjuntos de parâmetros de qualidade, conforme definido na legislação relativa aos padrões de potabilidade, balneabilidade e lançamento de efluentes. (BRASIL, 2006; VON SPERLING, 2014)

2.2 LEIS E NORMAS

No brasil, os padrões utilizados para a comparação dos resultados constam na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) Nº 357/2005. Esta resolução, dividiu as águas do território nacional em *águas doces* (salinidade $<0,05\%$), *salobras* (salinidade $> 0,05\%$ e $<0,03\%$) e *salinas* (salinidade $> 3,0\%$). Além de tratar da “classificação dos corpos d’água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e conduz outras providências” (VON SPERLING, 2014; CONAMA, 2005).

Considera que o enquadramento dos corpos de água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade, como a saúde e o bem-estar humano, além do equilíbrio ecológico aquático. Os padrões de qualidade das águas, estabelecem limites individuais para cada substância, para que esse conjunto de parâmetros sirva de modelo para subsidiar a proposta de enquadramento deverá ser monitorado periodicamente pelo Poder Público (CONAMA, 2005).

De acordo com a classificação dos corpos de água, o Rio Trombetas se enquadra na classe 2, no qual:

As águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca (CONAMA, 2005).

2.3 PARÂMETROS DE QUALIDADE

2.3.1 FÍSICO-QUÍMICOS

2.3.1.1 OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)

O oxigênio dissolvido é de essencial importância para a sobrevivência dos organismos aeróbios. As bactérias fazem uso e seus processos respiratórios durante a estabilização da matéria orgânica, podendo levar a redução de sua disponibilidade no meio. Dependendo da amplitude deste processo e o oxigênio dissolvido for totalmente consumido, o ambiente pode se tornar anaeróbio e, conseqüentemente, ocasionar a morte de diversos organismos aquáticos, como os peixes com possível geração de maus odores (VON SPERLING, 2014).

A determinação de Oxigênio Dissolvido é feita através de um equipamento (YSI DO200) composto por um eletrodo com membrana sensível a oxigênio. Deve-se imergir a sonda até a metade da amostra e efetuar a leitura do Oxigênio Dissolvido em % ou ppm (mg/L) da amostra direto no instrumento. Este procedimento está baseado no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2017).

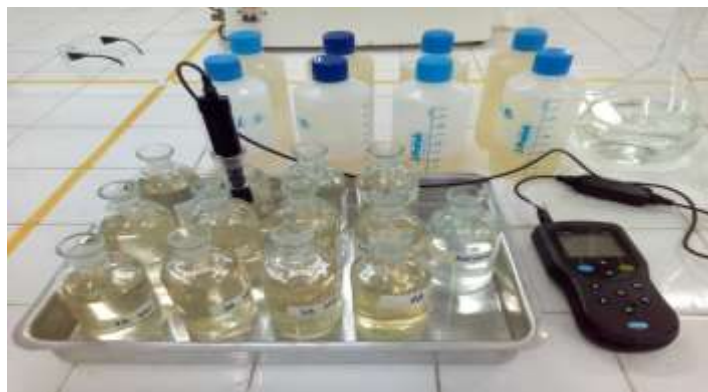


Figura 1 Determinação de Oxigênio Dissolvido (OD).

O oxigênio dissolvido é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos. A interpretação dos resultados segundo legislação é imprescindível, a solubilidade do OD varia com a amplitude e temperatura. Ao nível do mar na temperatura de 20°C, a concentração de saturação é igual a 9,2 mg/L.

Valores superiores à saturação são indicativos de algas fotossintéticas; valores com OD bem inferiores à saturação são indicativos de matéria orgânica (exemplo: esgotos); valores com OD em torno de 4-5 mg/L morrem os peixes mais exigentes; com o OD igual a 2 mg/L praticamente todos os peixes estão mortos; e com o OD igual a 0 mg/L o ambiente têm condições de anaerobiose (VON SPERLING, 2014).

2.3.1.2 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

A presença de matéria orgânica proveniente de esgotos, é a principal fonte de contaminação das águas, responsável pelo alto do consumo de oxigênio dissolvido pelos microrganismos nos seus processos metabólicos.

Para quantificar a matéria orgânica ou o seu potencial poluidor nas águas residuárias, geralmente utilizam-se métodos indiretos para a medição de consumo de oxigênio (DQO/DQO) e para a medição do Carbono Orgânico Total (COT). A DBO e DQO os parâmetros mais utilizados para a caracterização do grau de poluição de um corpo d'água pois medem, indiretamente, a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar a biomassa e a matéria orgânica em decomposição (VON SPERLING, 2014).

A DBO de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A DBO é a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de 20°C é geralmente aplicável para a determinação da DBO em amostras de água, esgoto sanitário e meio ambiente (APHA, 2017).

Este procedimento está baseado no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2017): No qual encher-se uma garrafa apropriada com amostra diluída e semeada até transbordar, e incubar a temperatura específica (20°C)

por 5 dias. O oxigênio dissolvido é medido antes e após a incubação, e a DBO é calculada pela diferença entre o Oxigênio Dissolvido inicial e final, segundo equação 1, e os resultados das amostras deverão ser expressos em mg O₂/L:

$$\text{D.B.O.}_5 = (\text{OD}_5 - \text{OD}_0) * V_f / V_a \quad (1)$$

Onde:

D.B.O.₅ – demanda bioquímica de oxigênio;

OD₁ – OD da amostra diluída imediatamente depois de preparada, mg/L;

OD₅ – OD da amostra diluída após 5 dias de incubação a 20 °C, mg/L;

V_a – volume de amostra;

V_f – volume total do frasco, 300 mL;

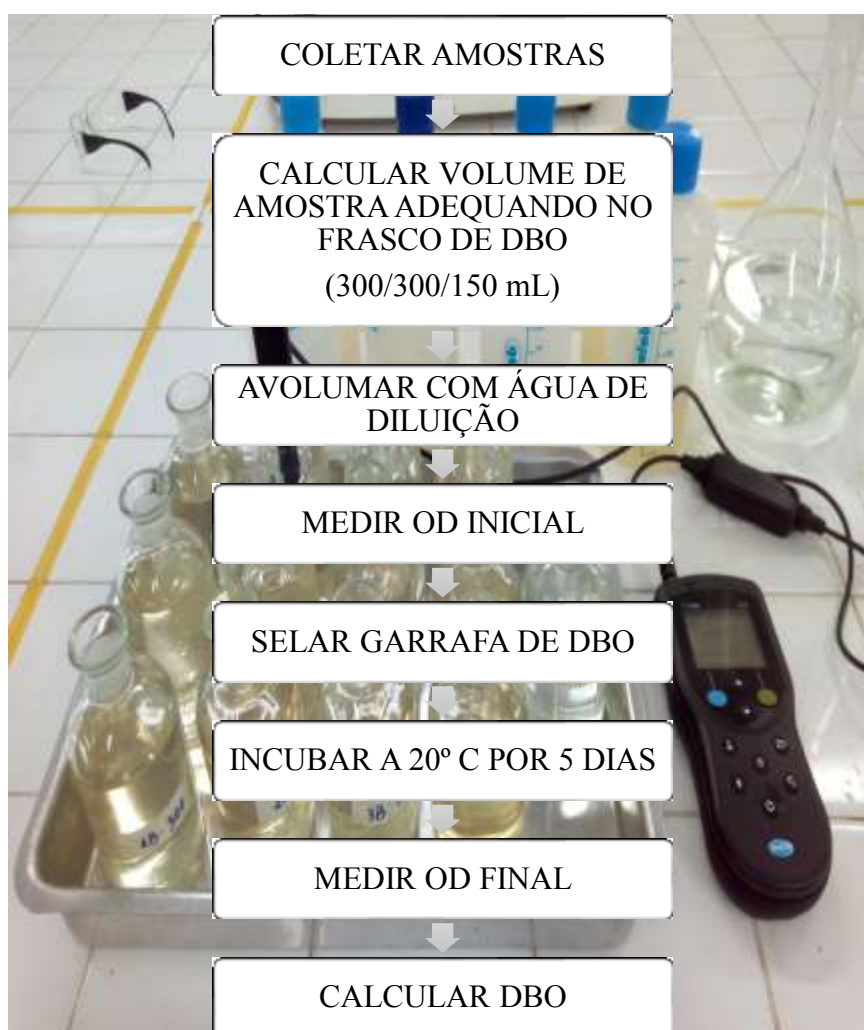


Figura 2. Fluxograma da análise de DBO

Os materiais e equipamentos necessários são: Medidor de Oxigênio; Sonda de Oxigênio; Pisseta com água limpa (filtrada, destilada ou deionizada); Garrafas de incubação: utilizar garrafas de vidro de 300 mL com tampa esmerilada); e incubadora: controlado termostaticamente a 20 ± 1 °C (APHA, 2017).

2.3.1.3 NITROGÊNIO

O nitrogênio é um elemento fundamental para que os organismos vivos sintetizem substâncias essenciais para sobrevivência como proteínas e os ácidos nucleicos. Durante o ciclo do nitrogênio na natureza, são liberados diversos subcomponentes como: amônia (NH_3) no processo de amonificação; íons amônio (NH_4), nitrato e nitrato na nitrificação; óxido nitroso (N_2O) e nitrogênio gasoso (N_2) na desnitrificação. (BARSANO, 2014).

Entretanto, o nitrito não é utilizado como fonte de energia pelos seres vivos, sendo considerado uma substância tóxica. O excesso de nitrato disponível nas águas causa poluição, acelerando a eutrofização e com isso, desequilíbrio ecológico. Uma das fontes de contaminação das águas superficiais e subterrâneas por esses elementos é a utilização de fertilizantes em excesso na agricultura. (BARSANO, 2014).

Outra fonte danosa pela contaminação de nitrato, é o lançamento de esgotos domésticos e industriais sem tratamento diretamente nos rios. A determinação da forma predominante de nitrogênio em corpos d'água indica o grau de poluição, em padrões de corpos d'água medem-se amônia, nitrato, nitrito e em certas condições nitrogênio total (BARSANO, 2014; VON SPERLING, 2014).

2.3.1.4 FÓSFORO

O fósforo é um elemento essencial para nutrição e desenvolvimento das plantas. Está presente principalmente em rochas fosfatadas e no processo de fotossíntese realizado pelas plantas e alguns microrganismos, o fosfato é convertido em fósforo inorgânico. A contaminação das águas por excesso de fósforo, resulta em desequilíbrios ecológicos e eutrofização que, portanto, é causada principalmente pelo lançamento de esgoto sanitário, detergentes e fertilizantes (BARSANO, 2014; LIBÂNIO, 2005).

O fósforo retorna em sua forma orgânica ao ambiente pelas excreções dos organismos consumidores e como resultado dos processos de decomposição. Em termos de corpos d'água, os valores obtidos da medição de fósforo podem ser usados com indicativos do estado de eutrofização no meio (VON SPERLING, 2014).

2.3.1.5 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO

O pH caracteriza a concentração de íons de hidrogênio H^+ , orientando sobre a condição da acidez, neutralidade e alcalinidade da água. A faixa de pH varia entre 0 a 14, sendo: $pH < 7$ apresenta condições ácidas; $pH = 7$, neutralidade e $pH > 7$, condições básicas (VON SPERLING, 2014).

A medição do pH é de extrema importância nas etapas do tratamento de água (coagulação, desinfecção, controle da corrosividade, remoção da dureza). A verificação do pH nessas etapas, avalia o potencial de corrosividade e agressividade nas tubulações (pH baixo), além da possibilidade de afetar a vida aquática e os microrganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos (pH afastado da neutralidade) (VON SPERLING, 2014).

Em águas brutas, a alteração do pH pode estar associada a proliferação de algas e serem indicativos de presença de efluentes industriais, além do equilíbrio de compostos químicos presentes na água (VON SPERLING, 2014).

2.3.2 MICROBIOLÓGICOS

A microbiologia é a área da biologia que se dedica a estudar os microrganismos e suas atividades. A microbiologia ambiental busca compreender os fatores que influenciam a presença e comportamento dos microrganismos no meio ambiente. Explora e identifica quais os microrganismos estão em cada parte da natureza, como eles reagem às mudanças ambientais e como influenciam o ambiente e a saúde. (BARSANO, 2014).

A utilização da microbiologia ambiental vem crescendo devido ao potencial que esses seres têm para a saúde ambiental. Estes são influenciados pela umidade, temperatura e disponibilidade de alimentos, são capazes de sintetizar substância alimentícia altamente tóxicas aos animais e as plantas, com isso são utilizados na

biorremediação da água e solo contaminado por atividades poluidoras. (BARSANO, 2014).

A capacidade de acelerar o processo de decomposição de resíduos orgânicos faz com que algumas espécies sejam utilizadas na compostagem. Existem ainda aquele que decompõem os efluentes sanitários ou industriais permitindo sua aplicação em prol do controle ambiental de processos poluidores. Outra atividade é a utilização na produção de biocombustíveis ou no aproveitamento de rejeitos como fonte de energia.

Apesar da vasta gama de aplicabilidade dos microrganismos, existem aqueles cujo o potencial é patogênico, agregando sérios riscos. Nos ecossistemas aquáticos, são essenciais para o equilíbrio dos sistemas ecológicos, a presença em grandes quantidades indica altas concentrações de nutrientes (fósforo e nitrogênio), geralmente oriundos do lançamento de esgoto sanitário e fertilizantes, causando baixa concentração de oxigênio (eutrofização). (BARSANO, 2014).

Nesta técnica, diferentes alíquotas da amostra, obtidas por sucessivas diluições, são respectivamente inoculadas em series replicadas de tubos de ensaio contendo o meio de cultura. Após a incubação, a partir do número de tubos positivos em cada série de diluição, estima-se o número mais provável (NMP) de organismos em 100 mL da amostra (BRASIL, 2006).

Além disso, segundo o mesmo autor, utilizando meios de cultura que possuem nutrientes indicadores como o substrato cromogênico, obtém-se maior precisão e melhor tempo de resposta, já que a determinação simultânea de coliformes totais e de *E. coli* é efetuada após incubação das amostras a 37 °C por 24 horas, não havendo necessidade de ensaios confirmativos.

Neste método o substrato cromogênico é hidrolisado pelas enzimas específicas dos coliformes e/ou *E. coli*, provocando uma mudança de cor no meio, para a confirmação de coliformes totais, ou produzindo fluorescência quando a amostra é exposta à luz ultravioleta, para *E. coli*.

2.4 IQA

O Índice de Qualidade da Água (IQA) foi inicialmente desenvolvido pela National Sanitation Foundation dos Estados Unidos em 1970 (WQI - Water Quality Index). Posteriormente, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), a partir de uma consulta a especialistas da área de

saneamento decidiu incorporar o IQA em suas práticas de monitoramento das bacias hidrográficas do Estado, modificando a faixa de valores dos parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas interiores, especialmente destinadas para abastecimento público (CETESB, 2011).

O IQA tem sido considerado uma ferramenta de grande valia para classificação das águas superficiais, com base em parâmetros limnológicos previamente normalizados/padronizados. O IQA é decorrente de ensaios em laboratório, que como resultado final do índice permite classificar um determinado manancial em excelente a muito ruim. Assim os IQA's permitem que ocorram comparações entre diferentes cursos d'água, passando informações referentes a qualidade da água, inclusive em relação a tendência da evolução da qualidade com o passar do tempo.

Nesta pesquisa propõem-se estudar o IQA da bacia hidrográfica baseado nos seguintes parâmetros: temperatura da água, pH, OD, DBO, turbidez, fósforo total, nitrogênio total, resíduos totais e coliformes termotolerantes. O cálculo do IQA é feito por meio do produtório ponderado dos nove parâmetros, segundo a seguinte fórmula 2:

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i} \quad 2$$

onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;

q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

w_i = peso correspondente ao i -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

sendo n o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Tabela 1:

Parâmetros	Peso
(w_i)	
Oxigênio Dissolvido	0,17
Coliformes Termotolerantes	0,15
Potencial hidrogeniônico	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,10
Temperatura da água	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo total	0,08
Total	1

Parâmetros de qualidade da água para o cálculo do IQA e respectivos pesos.

Fonte: CETESB, 2008.

2.5 RIO TROMBETAS

De acordo com Von Sperling (2014): “Uma bacia hidrográfica é uma unidade fisiográfica, limitada por divisores topográficos, que recolhe a precipitação, age como um reservatório de água e sedimentos, defluindo-os em uma seção fluvial única, denominada exutório”.

A bacia do rio Trombetas, pertence, geograficamente à região do baixo Amazonas no estado do Pará. O Rio Trombetas é formado pelos rios Poana e Anamu, que nascem nas proximidades da fronteira do Brasil com Guiana e Suriname, e percorre 760 km de extensão passando pelos municípios de Faro, Óbidos, Terra Santa e Oriximiná, numa região de floresta densa e deságua na margem esquerda do Amazonas.

Após passar pelo município de Oriximiná, o rio Trombetas deságua no rio Amazonas, já próximo à Óbidos. O Rio Trombetas, sofre forte influência das águas brancas e ricas em material em suspensão do rio Amazonas ao Sul. Em sua margem norte, predominam florestas de terra firme cortadas por áreas de pasto e cultivos agrícolas de comunidades tradicionais. Em sua margem sul predominam áreas de várzea do Amazonas com igapós íntegros (SOARES, 2015).

A amplitude do pulso de inundação em frente à cidade de Oriximiná em média atinge 5,7 m, a pluviosidade se aproxima dos 2.000 mm anuais, entretanto, é um tanto irregular durante o ano (BRASIL, 2009). Com as maiores cotas fluviais nos meses de maio e junho, e as menores nos meses de outubro e novembro (CPRM *apud* SOARES, 2015).

2.6 MUNICÍPIO DE ORIXIMINÁ/PA

O município de Oriximiná localiza-se no Estado do Pará na região Norte do país. Com cerca de 71 mil habitantes (IBGE, 2017), situado à margem esquerda do rio Trombetas, com a área da unidade territorial de 107.603,661 km² (2016). Este município pertence à mesorregião Baixo Amazonas e a microrregião Óbidos (BRASIL, 2009).



Figura 3: Localização do Município de Oriximiná/ PA. Fonte: www.cpsp.org.br.

2.6.1 POSSÍVEIS POLUENTES HÍDRICOS NA CIDADE DE ORIXIMINÁ/PA

Às margens do Rio trombetas frente ao município de Oriximiná, além da ação portuária, há um matadouro funcional, postos de combustíveis, desague de esgotos provenientes da área habitada da cidade, dentre outros.

A estrutura portuária é formada por dois portos: o da sede do município com uma extensão de 350 metros ao longo da margem esquerda do rio Trombetas, ocorrendo a operacionalidade de embarcações de pequeno e médio porte que atuam no transporte de cargas e passageiros, interligando a sede municipal aos diversos municípios da região, como mostra a Figura 4.

E o Terminal Privativo de Bauxita de Porto Trombetas, que está localizado na margem direita do rio Trombetas, onde localiza-se a empresa Brasileira MRN (Mineração Rio do Norte) produtora de bauxita, matéria-prima do alumínio (BRASIL, 2009). Para França (2015) as atividades de agropecuária e mineração, estão entre as principais poluidoras dos recursos hídricos na região amazônica.



Figura 4. Porto Hidroviário de Oriximiná/PA. Fonte: <https://www.ferias.tur.br/fotos/4719/oriximina-pa>.

O lançamento de efluentes domésticos e industriais é feito diretamente no rio, sem passar por tratamento antes do deságue, o que para Tortora, *et al* (2017), é uma das maiores fontes de poluição. Já que o esgoto doméstico, é formado por excrementos humanos, água suja, lixos industriais e águas fluviais. As estações de tratamento de esgoto deveriam remover os materiais indesejáveis e microrganismos nocivos, combinando vários processos físicos com a ação de microrganismos benéficos. Porém, em Oriximiná, como na maioria das cidades brasileiras, não conta com sistema de tratamento de esgoto (PDM, 2006).

Quanto ao sistema de descarte de lixo urbano, a coleta de lixo é feita de forma simplificada. Segundo o Plano Diretor Municipal (2006), todo o lixo doméstico arrecadado é depositado na área chamada de “Lixão” distante, aproximadamente, 4 km da Zona Urbana. A contaminação de águas superficiais e subterrâneas são provenientes do chorume de lixões e aterros mal planejados, onde é possível verificar o aumento das

concentrações de metais pesados, compostos nitrogenados e/ou coliformes nesses locais (DA SILVA, 2018).

Na Zona Rural a destinação do lixo na grande maioria das comunidades, é a queima e/ou aterramento nas áreas próximas as suas residências, ou o seu lançamento em rios e igarapés, porém, esta última situação é comumente praticada pelo lançamento de lixo das embarcações.

O lixo hospitalar é recolhido diariamente onde passa por incineração. Quanto ao lixo industrial, caracterizado em sua maioria por rejeitos de madeira, ainda não representa um problema de grande dimensão, já que as atividades industriais ainda não são em grande escala.

Fato curioso é a nascente do igarapé do Paracuí localizando acima da área povoada da cidade, que se inicia aos arredores da área destinada para o 'Lixão'. Devido ao intenso crescimento populacional, tem sido local para criação diversas comunidades isoladas e novos bairros municipais.

O lançamento de produtos químicos e outros resíduos nocivos nas águas, causa prejuízo em diversos segmentos, onde são comumente observados quando há mortandade de peixes e outras espécies aquáticas no ecossistema; aumento de doenças causadas por produtos tóxicos, bactérias; desvalorização imobiliária em áreas urbanas e rurais; perda econômica em setores de turismo e pesca; custos elevados para a recuperação de fontes poluidoras; redução de água potável para o consumo humano e outras atividades (BARSANO, 2014).

2.6.2 O ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA CIDADE DE ORIXIMINÁ/PA

Segundo o Plano Diretor Municipal (2006): o abastecimento de água da cidade ocorre de duas formas: o fornecimento de água para a área central, cerca de 30% da rede de cobertura, feito pela Companhia de saneamento do Pará (COSANPA) e os Micro-Sistemas de Abastecimento gerenciados pelo Município, estão dispostos nas regiões periféricas, num total de 12 (doze) unidades, com 60% da rede de abastecimento e cerca de 10% dos domicílios urbanos — regiões de invasão, não são atendidos com abastecimento de água.

A ETA — Estação de Tratamento de Água da COSANPA, assim como a rede de distribuição, sofrem com a falta de investimentos, atendendo em situação precária e passível de contaminação. Também é importante ressaltar que o ponto de captação de

água (Figura 5), que é distribuída para a cidade, às margens do Rio Trombetas, em decorrência da ocupação desordenada do espaço urbano, os diversos tipos de poluentes lançados diretamente no rio como já citado e os períodos de cheia e vazante, contribuem para o comprometimento da qualidade da água.



Figura 5. Ponto de captação de água da empresa COSANPA/em Oriximiná-PA.

Na zona rural o abastecimento de água é feito basicamente por micro-sistemas de abastecimento também sem tratamento e em quantidades insuficientes. Outra forma de provimento de água para consumo, nessa área, é a captação direta ou por sistema de bombeamento individuais diretamente dos lagos, igarapés, rios e nascentes.

2.6.3 PRINCIPAIS DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA

A água é essencial para a sobrevivência humana, porém pode ser responsável por muitas doenças de forma direta e indiretamente. A transmissão de uma doença pode ocorrer por contato, através de um veículo e por vetores. A transmissão por veículos, consiste na transmissão de agentes de doenças através de meios como a água, alimentos ou ar (TORTORA, 2017).

Na transmissão pela água, os patógenos são disseminados geralmente por águas contaminadas com esgoto não tratado ou tratado de maneira inadequada. São exemplos de doenças transmitidas dessa forma a cólera, a amebíase, giardíase, gastroenterite, febre tifoide e paratifoide, hepatite infecciosa, esquistossomose, ascaridíase, teníase, oxiúriase, ancilostomíase, dengue, a shigelose e a leptospirose. (TORTORA, 2017; BARSANO, 2014)

Para D'Aguila, *et al* (2000), os agentes biológicos mais encontrados nas águas contaminadas são as bactérias patogênicas, os vírus e os parasitas. As bactérias

patogênicas presente em água e/ou alimentos contaminados constituem uma das principais fontes de morbidade em nosso meio como nos casos de enterites, diarreias infantis e doenças epidêmicas (como a febre tifoide), com resultados frequentemente letais.

As enfermidades oriundas da contaminação microbiológica das águas de consumo humano podem causar um grande impacto na população. Podendo afetar um número limitado de indivíduos ou comunidades inteiras, de acordo o tipo de microrganismos presentes na água e a quantidade. As infecções geralmente ocorrem devido consumo da água contaminada ou através de seus usos diários como preparação de comidas e higiene (DE ALMEIDA, 2006).

A contaminação microbiológica da água ocorre, geralmente, pelo contado ou ingestão de água contendo fezes de origem humana ou animal sem tratamento adequado. A presença de residências nas proximidades de uma área de captação de águas residuais e/ou de excretas de pessoas doentes ou portadoras saudáveis de patógenos são uma das causas da contaminação da água por patógenos (*idem*).

A prevenção das doenças de veiculação hídrica consiste em adotar bons hábitos de higiene e limpeza. Além disso, fazer o controle da qualidade da água que ingere, especialmente aos que não recebem água tratada; dar o destino correto das fezes, etc. (BARSANO, 2014).

2.6.4 PRINCIPAIS DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA NO MUNICÍPIO DE ORIXIMINÁ/PA

Em Oriximiná-PA, alguns fatores determinantes dos riscos, segundo o Plano Diretor Municipal (2006) ocorrem por exemplo, devido à ocupação desordenada de espaços urbanos periféricos com derrubadas de matas nativas, degradação de mananciais, ausência de infraestrutura sanitária, construções habitacionais precárias e aglomerados populacionais, dentre outros.

Um desses fatores é a degradação de mananciais, como acontece na orla da cidade, assim como, todo o Município não dispõe de rede de esgotos e, em sua maioria, as edificações fazem lançamentos diretamente no rio. Grande parte da orla é ocupada por estabelecimentos que comercializam e/ou manipulam alimentos, que geralmente, não adotam os devidos cuidados de higiene e armazenamento o que favorece a produção de lixo orgânico e proliferação de vetores (roedores, insetos rasteiros e voadores). Além

de também ser utilizada para aportar embarcações de transporte de passageiros cargas entre estados e municípios vizinhos e de ribeirinhos.

A contaminação de mananciais impede, dentre outros bloqueios, seu uso para abastecimento humano. A água escolhida para abastecimento doméstico deve apresentar características sanitárias e toxicológicas adequadas seguindo padrões, tais como estar isenta de organismos patogênicos em potencial e substâncias tóxicas, para prevenir danos à saúde e ao bem-estar do homem. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que 25 milhões de pessoas no mundo morrem por ano em consequência de doenças transmitidas pela água, como cólera e diarreias (FAVERI, 2013).

Contudo, em Oriximiná-PA, as doenças e agravos de veiculação hídrica no município na zona urbana segundo dados do Plano Diretor Municipal (2006) são principalmente a Hepatite A, as salmoneloses, doenças diarreicas de várias etiologias (parasitoses, verminoses etc.), dermatoses e parasitoses tópicas. E as doenças e agravos transmitidos por vetores são dengue e leptospirose.

Analisando essa correlação entre esses agravos na população e a forma em que o manancial está sendo tratado, sugere mais estudos no âmbito saúde e meio ambiente para se obter, com isso, resultados que indiquem mais ações de conscientização, além de mais atenção para o setor de infraestrutura e saneamento básico deste local, afim de reduzir os números de casos dessas doenças

São inquestionáveis os resultados entre a utilização de água tratada e saneamento básico, que agem em conjunto na melhoria da qualidade de vida da população. Porém boas práticas precisam ser adotadas para se chegar a este fim. Uma delas é a divulgação de informações das profilaxias, principais doenças de veiculação hídrica, sinais de sintomas, além das devidas medidas de proteção do manancial em uso. É essencial a ação conjunta entre poder público e população.

CAPÍTULO III- METODOLOGIA

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Pesquisa aplicada exploratório-descritiva, experimental em campo e laboratório.

3.2 LOCAL DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

As coletas foram realizadas no Rio Trombetas, no trecho à montante e à jusante do município de Oriximiná-Pará, conforme figura 6.

3.3 PERÍODO DE COLETAS E FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGENS

Foram coletadas amostras de água superficial de quatro (04) pontos do trecho delimitado para a pesquisa. Os pontos para as coletas foram definidos com a logística de evidenciar possível contaminação pelos fatores entorno do manancial, indicados na Figura 6. Esta área desperta interesse porque diversas famílias vivem nas adjacências desta bacia e de maneira geral, estão vulneráveis às consequências negativas ocasionadas pela crescente degradação ambiental nesses sistemas, além do mais, o trecho estudado é rota de navios mercante que transporta minérios brutos da região.



Figura 6. Delimitação dos pontos de coletas. Fonte adaptada de:
www.google.com.br/maps.

Para verificar as interferências nos parâmetros quanto a sazonalidade do rio, as coletas foram realizadas em períodos distintos de cheia e vazante (Tabela 2). A campanha de amostragem de água foi realizada durante quatro meses subsequentes no ano de 2018, junho, agosto, outubro e dezembro.

Tabela 2: Período de coletas: De acordo com a sazonalidade amazônica

PERÍODO DE BAIXA PRECIPITAÇÃO (CHEIA)		PERÍODO ALTA PRECIPITAÇÃO (SECA)	
1ª Coleta	Junho/2018	3ª coleta	Outubro/2018
2ª coleta	Agosto/2018	4ª Coleta	Dezembro/2018

Os pontos de amostragens foram escolhidos de acordo com os fatores mais relevantes de contaminação difusa e/ou pontual observadas no município e nomeados em Ponto 1 (P1), Ponto 2 (P2), Ponto 3 (P3) e Ponto 4 (P4), descritos na Tabela 3.

Tabela 3: Pontos de coletas e localizações geográficas.

Ponto	Local	Latitude	Longitude
1	Montante da cidade	S-01.73669	W-055.89036
2	Igarapé Paracuí	S-01.73366	W-055.88018
3	Estação de captação da ETA/COSANPA	S-0.76134	W-055.87542
4	Orla da cidade de Oriximiná	S-01.77703	W-055.86724

No Ponto1 (P1), as amostras foram coletadas à montante do município, a fim de evidenciar a qualidade da água do rio sem os impactos antrópicos do município de Oriximiná (branco). Todavia, esse ponto poderia evidenciar a qualidade da água oriunda do município de Porto Trombetas, onde ocorre a ação da Mineradora Rio do Norte (Figura 7), localizada no curso do rio acima do município de Oriximiná e as comunidades ribeirinhas com atividades agropecuárias locais (Figura 8).



Figura 7. Distância entre a Mineradora MRN e Oriximiná-PA.

Fonte: www.mrn.com.br/paginas/images/mapa.gif



Figura 8. Rio Trombetas à montante da cidade de Oriximiná-PA.

Ponto 2 (P2), Igarapé do Paracuí, onde sua nascente passa ao entorno do lixão municipal, este localizado poucos quilômetros afastados da cidade (Figura 9), onde é possível medir os impactos oriundo do chorume produzido pelo lixão lançado no manancial através das nascentes do igarapé.



Figura 9. Localização P2. Fonte adaptada de: www.google.com.br/maps

No ponto 3 (P3), as amostras de água foram coletadas próximo à Estação de captação da ETA/COSANPA, onde ocorre a captação da água utilizada no abastecimento da cidade, mostrado na Figura 10 a. Já para o ponto 4 (P4), a área escolhida foi a Orla da cidade de Oriximiná (Figura 10 b), na qual pretende-se verificar os impactos causados pela ação portuária, atividades do matadouro municipal próximo ao manancial, além do lançamento de águas de esgotamento doméstico e pluviais diretamente no rio, frente à cidade.



Figura 10. A. Estação de captação de água da Empresa COSANPA. B. Orla portuária da cidade de Oriximiná-PA.

3.4 COLETA DAS AMOSTRAS

As coletas das amostras foram realizadas de acordo com o protocolo do Guia nacional de coleta e preservação de amostras descrito pela CETESB (2011) e SISÁGUA (2009). Foram coletados 1L de água em recipiente apropriado, em seguida armazenadas no gelo e transportadas até o laboratório de qualidade da água para a realização das avaliações dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Alguns parâmetros foram medidos no local da coleta (Figura 11), com o uso de equipamentos portáteis de pH, turbidez, temperatura e oxigênio dissolvido, como descrito pela CETESB.



Figura 11. A. Coleta das amostras no rio Trombetas. B. Medição dos parâmetros com equipamentos portáteis.

3.5 AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

A avaliação dos parâmetros físico-químicos (Figura 12) foi feita por meio dos métodos descritos no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2017).



Figura 12. Medição de pH das amostras. B. Determinação de Cor das amostras.

A análise dos dados dos parâmetros físico-químicos foi realizada por meio dos métodos de estatística descritiva e de análise de componentes principais. Para nível de comparação os teores dos parâmetros físico-químicos determinados nas águas superficiais do sistema, teve como base a Resolução CONAMA 357/2005 para classificação das águas e Resolução CONAMA nº 274/ 2000 para padrão de balneabilidade, ambas do Ministério do Meio Ambiente.

3.6 PARÂMETROS MEDIDOS

Os parâmetros realizados em loco, temperatura, turbidez e oxigênio dissolvido, foram realizados com equipamentos cedidos pelo Laboratório de Controle de Qualidade de Água de Oriximiná- LCQA/ ORIXIMINÁ. Os demais parâmetros foram medidos no Laboratório de Controle de Qualidade de Água da empresa de saneamento básico de Manaus, exceto nitrogênio total e fósforo total feitos em uma empresa particular.

Os parâmetros realizados foram: Temperatura, pH, Oxigênio dissolvido (OD), Turbidez, Cor, Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO, Alumínio, Sólidos totais, , Fósforo total e Nitrogênio total (Tabela 4).

Tabela 4: Parâmetros físico-químicos, método e padrão segundo a classificação CONAMA/2005 para águas de classe 2.

PARÂMETROS	MÉTODO	PADRÃO
Temperatura	Termômetro	-
pH	pHmetro	6,0 a 9,0
Oxigênio dissolvido (OD)	Potenciometria	≥ 5 mg.L-1
Turbidez	Turbidímetro	≤ 100 UNT
Cor	Colorimetria	-
Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO	Incubação por 5 dias	≤ 5 mg.L-1
Alumínio	Alcalinidade	$\leq 0,2$ mg/L
Sólidos Totais	Método Gravimétrico	-
Fósforo total	Espectofotômetro	$\leq 0,1$ mg/L P
Nitrogênio total	Espectofotômetro	$\leq 13,3$ mg/L NH ₃ -N

3.7 AVALIAÇÃO BACTERIOLÓGICA: MÉTODO DE DILUIÇÃO SERIADA

Para a avaliação microbiológica das amostras, foi utilizado o Método de Diluição seriada / tubos múltiplos, para detecção da presença e quantificação de coliformes totais e *E. coli*, utilizando o Meio de cultura Lactosado líquido com substrato cromogênico. Onde as diferentes alíquotas da amostra, foram inoculadas em series replicadas de tubos de ensaio contendo o meio de cultura e encubadas à 37° C por 24 H. Após o prazo, os tubos que obtiveram resultados positivos para coliformes totais foram

separados e contabilizados. Em seguida, levados à exposição a luz UV para identificação e quantificação de *E. coli* positivas, como mostra a Figura 13.



Figura 13. Técnica dos tubos múltiplos. A. amostras diluídas em meio de cultura; B. Amostras na estufa após 24 H de incubação; C. Amostra positiva para *E. coli*.

A contagem das colônias foi realizada através da tabela descrita pela APHA (2017) e os resultados expressos em Número Mais Provável- NMP/ 100 ml⁻¹. Por meio desse ensaio, obtêm-se resultados que indiquem a qualidade microbiológica desse manancial, acerca dos diversos fatores que influenciam os padrões de uma água de boa qualidade para os diversos fins, em especial o uso doméstico e abastecimento local.

3.8 ANÁLISE DOS DADOS

Após as análises técnicas de todos os parâmetros, os resultados foram tabulados para a expressão da tendência de poluição, conforme os possíveis poluentes já descritos. Foram obtidos a média e o desvio padrão dos resultados e calculado o índice de qualidade da água- IQA conforme a literatura descrita na CETESB (2011).

3.9 CONTRIBUIÇÃO SOCIAL

Os resultados obtidos por meio dessa avaliação foram disponibilizados a população através de uma palestra, onde foram abordados assuntos como a importância dos cuidados com os mananciais para a saúde ambiental e o reflexo na saúde populacional.

CAPÍTULO IV - ESTUDO DE CASO

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Os resultados obtidos dos parâmetros físico-químicos que compõem o IQA para a água superficial do rio Trombetas, estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5: Resultados dos parâmetros físico-químicos.

PERÍODO CHUVOSO/ JUNHO 2018									
Pontos de coleta	pH	Turbidez (UNT)	Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	DBO (mg/L O ₂)	Cor (mg Pt/L)	Alumínio (mg/L)	Nitrogênio (mg/L)	Fósforo (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)
1	6,0	7,1	7,3	1,01	103	0,051	0,03	0,13	44
2	6,1	5,6	8,7	1,81	100	0,005	0,04	0,03	49
3	6,2	6,8	8,8	1,75	103	0,076	0,01	0,01	47
4	5,3	8,8	7,6	1,54	114	0,062	0,03	0,25	44
Média	5,90	7,11	8,10	1,53	104,7	0,05	0,03	0,11	46,08
DP	0,41	1,32	0,70	0,36	6,29	0,03	0,01	0,11	2,14
Máximo	6,2	8,8	8,8	1,81	114	0,076	0,04	0,25	49
Mínimo	5,3	5,6	7,3	1,01	100	0,005	0,01	0,01	44
VMP	6,0-9,0	≤ 100	≥ 5	≤ 5	≤ 75	≤ 0,2	≤ 13,3	≤ 0,15	-

AGOSTO 2018									
Pontos de coleta	pH	Turbidez (UNT)	Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	DBO (mg/L O ₂)	Cor (mg Pt/L)	Alumínio (mg/L)	Nitrogênio (mg/L)	Fósforo (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)
1	5,9	3,5	8,1	1,09	58	0,02	0,04	0,01	61
2	5,9	2,3	8,1	1,30	52	0,02	0,04	0,01	33
3	6,0	3,1	9,4	1,09	59	0,03	0,05	0,01	40
4	6,0	4,0	7,5	0,88	77	0,03	0,03	0,01	41
Média	5,99	3,25	8,26	1,09	61,50	0,03	0,04	0,01	43,93
DP	0,04	0,73	0,80	0,17	10,79	0,01	0,01	0,00	12,25
Máximo	6,0	4,0	9,5	1,30	77	0,03	0,05	0,01	61
Mínimo	5,9	2,3	7,5	0,88	52	0,02	0,03	0,01	33
VMP	6,0-9,0	≤ 100	≥ 5	≤ 5	≤ 75	≤ 0,2	≤ 13,3	≤ 0,15	-

PERÍODO SECO – OUTUBRO 2018									
Pontos de coleta	pH	Turbidez (UNT)	Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	DBO (mg/L O ₂)	Cor (mg Pt/L)	Alumínio (mg/L)	Nitrogênio (mg/L)	Fósforo (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)
1	6,3	7,7	8,6	1,0	78	0,01	0,04	0,01	27
2	6,4	5,0	8,6	1,6	67	0,01	0,04	0,01	29
3	6,4	7,1	8,8	1,2	70	0,01	0,05	0,01	10
4	6,3	8,6	8,4	1,1	94	0,01	0,03	0,01	14
Média	6,34	7,11	8,59	1,22	77,25	0,01	0,04	0,01	20,00
DP	0,03	1,51	0,19	0,24	12,09	0,00	0,01	0,00	9,26
Máximo	6,4	8,6	8,8	1,6	94	0,01	0,05	0,01	29
Mínimo	6,3	5,0	8,4	1,0	67	0,01	0,03	0,01	10
VMP	6,0-9,0	≤ 100	≥ 5	≤ 5	≤ 75	≤ 0,2	≤ 13,3	≤ 0,15	-

DEZEMBRO 2018									
Pontos de coleta	pH	Turbidez (UNT)	Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	DBO (mg/L O ₂)	Cor (mg Pt/L)	Alumínio (mg/L)	Nitrogênio (mg/L)	Fósforo (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)
1	5,0	5,0	9,9	0,8	60	0,046	0,10	0,07	36
2	4,7	11	9,3	2,1	114	0,035	0,09	0,14	33
3	4,9	6,2	9,5	1,0	68	0,048	0,12	0,09	0
4	4,8	12	9,3	1,1	116	0,042	0,07	0,08	13
Média	4,88	8,77	9,51	1,25	76,00	0,04	0,10	0,10	20,36
DP	0,15	3,75	0,30	0,61	51,67	0,01	0,02	0,03	16,96
Máximo	5,0	12	9,9	2,1	116	0,048	0,12	0,14	36
Mínimo	4,7	5,0	9,3	0,8	60	0,035	0,07	0,08	0
VMP	6,0-9,0	≤ 100	≥ 5	≤ 5	≤ 75	≤ 0,2	≤ 13,3	≤ 0,15	-

VMP: Valor Máximo Permitido pela resolução CONAMA nº 357/2005 para águas classe 2;

-. Não há VMP estabelecido;

*: Valor em desacordo com o VMP.

O pH indicou uma água mais ácida nos meses junho (P4) e em todos os pontos em dezembro, período entre a seca e o início das chuvas nessa região (Figura 14). Resultado semelhante foram observados em diversos estudos sobre qualidade da água em rios amazônicos (Brasil, 2006; Siqueira, *et al.* 2012; Da Silva, 2018;), onde afirmam que é comum nas águas amazônicas aferirem um pH ácido, efeito causado não apenas pelo uso e ocupação do solo, e sim, por uma condição natural da bacia, associados a decomposição da matéria orgânica e/ou através de despejos domésticos e industriais (ANDRIETTI, *et al.* 2016).

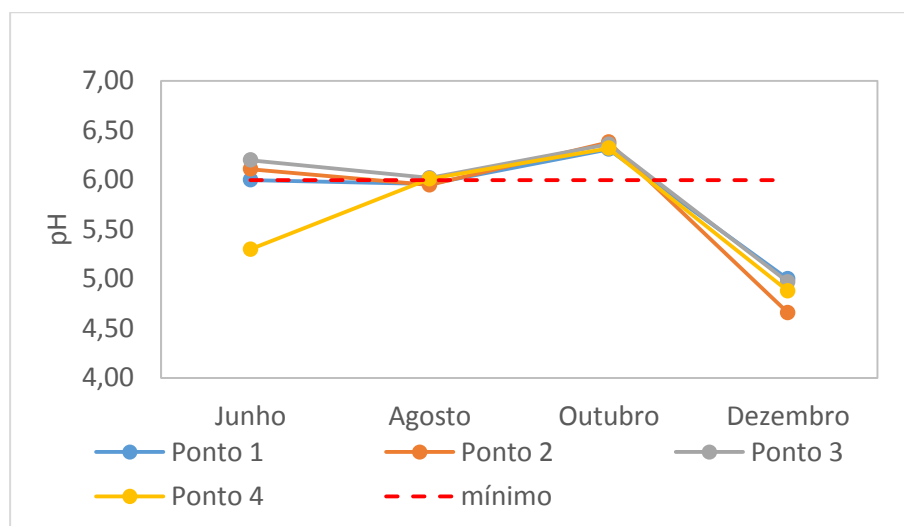


Figura 14. Resultados das análises de pH nas quatro campanhas e quatro pontos de coleta.

Os valores de turbidez foram satisfatórios em todos os pontos e durante o ano todo (Figura 15), tal parâmetro esteve abaixo do limite permissível pela legislação (≤ 100 UNT). Estando em maior número em dezembro (P4= 12,6 UNT) e menor em agosto (P2= 2,32 UNT). Os resultados de Turbidez indicam uma água límpida e adequada para processos de tratamento de água, uma vez que demandam tratamento simplificado ou poucas as etapas para clarificação da mesma. A turbidez está relacionada com o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, argila) e de detritos orgânicos (CETESB, 2011).

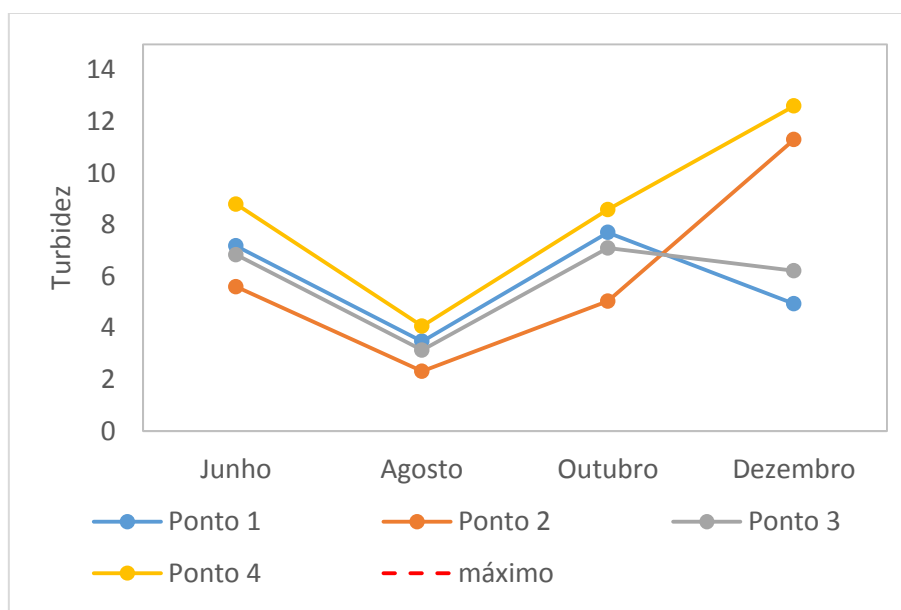


Figura 15. Resultados das análises de turbidez nas quatro campanhas e quatro pontos de coleta.

Houve alteração de cor (Padrão ≤ 75 mg⁻¹ Pt/L) em todos os pontos em junho (P1 103 mg⁻¹ Pt/L; P2 100 mg⁻¹ Pt/L; P3 103 mg⁻¹ Pt/L; P4 114 mg⁻¹ Pt/L). O P4 manteve-se com os valores alterados em todas as campanhas (114 mg⁻¹ Pt/L, 77 mg⁻¹ Pt/L, 94 mg⁻¹ Pt/L e 116 mg⁻¹ Pt/L), além da elevação no P2 em dezembro (114 mg Pt/L). “A Cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico” Cetesb (2011), devido as alterações estarem mais representativas no P4, sugere-se forte associação com a matéria orgânica depositada no local durante todo o ano (Figura 16).

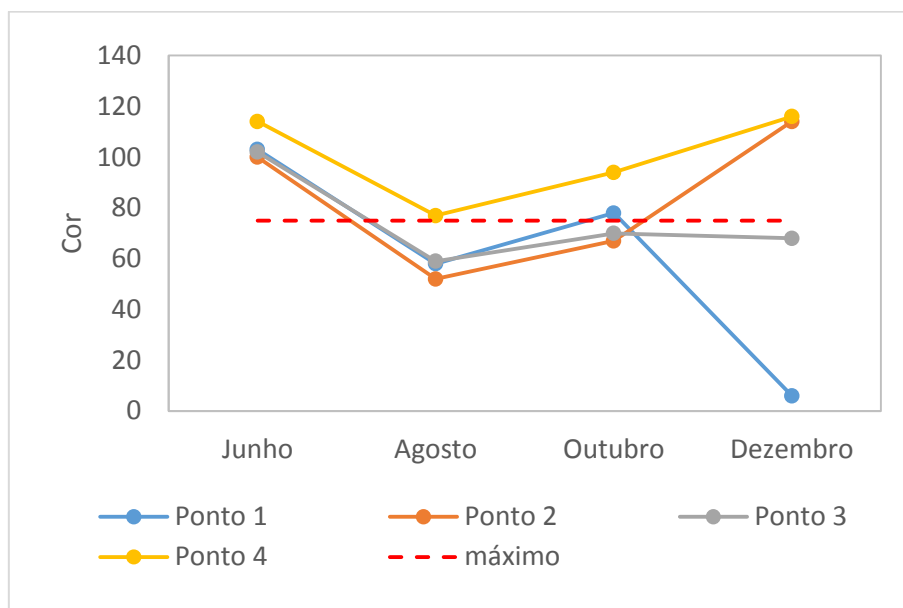


Figura 16. Resultados das análises de Cor nas quatro campanhas e quatro pontos de coleta.

Os resultados de Oxigênio Dissolvido (Figura 17) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (Figura 18), apresentaram níveis satisfatórios de oxigênio disponível ($\geq 5 \text{ mg L}^{-1}$) no meio e quantidade consumida ($\leq 5 \text{ mg L}^{-1}$), indicando boa qualidade ambiental.

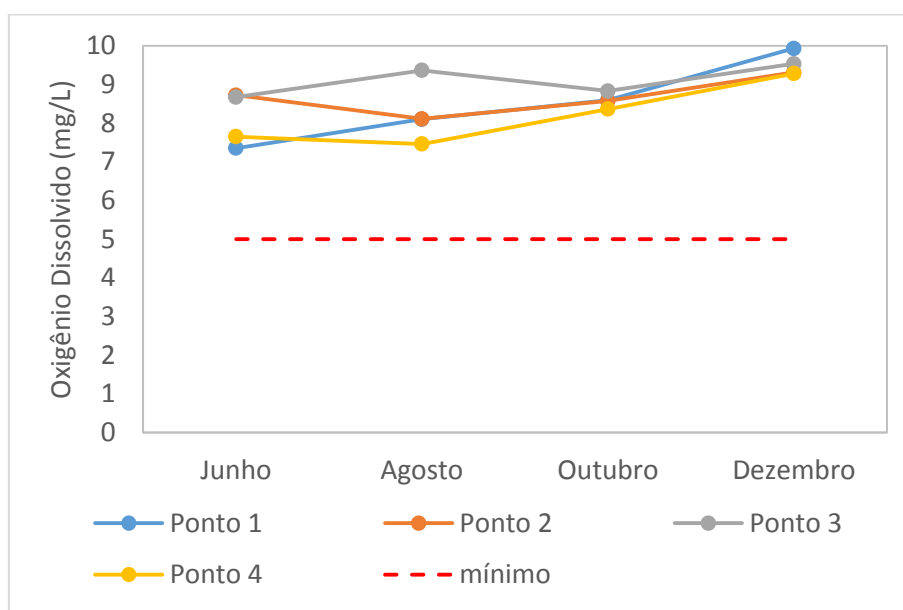


Figura 17. Resultados das análises de Oxigênio Dissolvido nas quatro campanhas e quatro pontos de coleta.

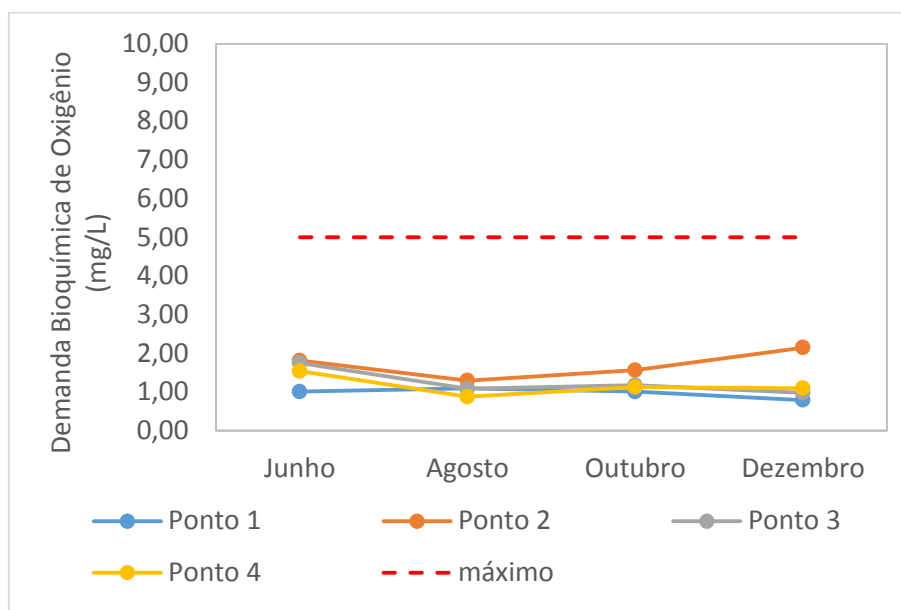


Figura 18. Resultados das análises de DBO nas quatro campanhas e quatro pontos de coleta.

As concentrações de Al (Figura 20), P (Figura 22) e N (Figura 21), foram satisfatórios durante todas as campanhas, exceto pelo parâmetro fósforo total, onde houve alteração em junho (cheia) no P4 de 0,25 mg/ L P, acima do estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 na qual o padrão é de 0,15 mg/ L P para águas superficiais de classe 2.

Vale ressaltar a intensa colaboração de incrementos de matéria orgânica neste ponto, pela presença de atividades do matadouro municipal e atividades da zona portuária durante toda a extensão de orla (Figura 19). Segundo Andrietti, *et al* (2016), onde obteve resultado semelhante, a intensa colaboração animal é um fator que pode explicar o incremento de matéria orgânica e fósforo total em um leito fluvial.

A demanda de fósforo em meio aquático é essencial para o crescimento de algas, e seu acréscimo sob influência antrópica pode conduzir a fenômenos como a eutrofização, além de problemas estéticos e recreacionais. O uso da água para a recreação, balneabilidade e atividades turísticas são reduzidos devido ao crescimento excessivo da vegetação, distúrbios com mosquitos e insetos, maus odores e eventuais mortandade de peixes (VON SPERLING, 2014). Esses impactos já são visivelmente observados e relatados pelos moradores locais.



Figura 19. Ponto 4, proximidade com matadouro, atividade portuária e lançamento de águas pluviais

Ainda segundo Von Sperling (2014), a redução dos níveis de fósforo total em ambientes lóticos (rios) se dá por meio de estratégias adotadas para controlar o aporte desse nutriente. Podem ser adotadas medidas preventivas (atuação na bacia hidrográfica), através da redução de fontes externas, incluindo estratégias relacionadas aos esgotos e à drenagem pluvial; ou ainda por meio de medidas de correção (atuação no corpo d'água), onde envolve processos mecânicos, químicos e biológicos.

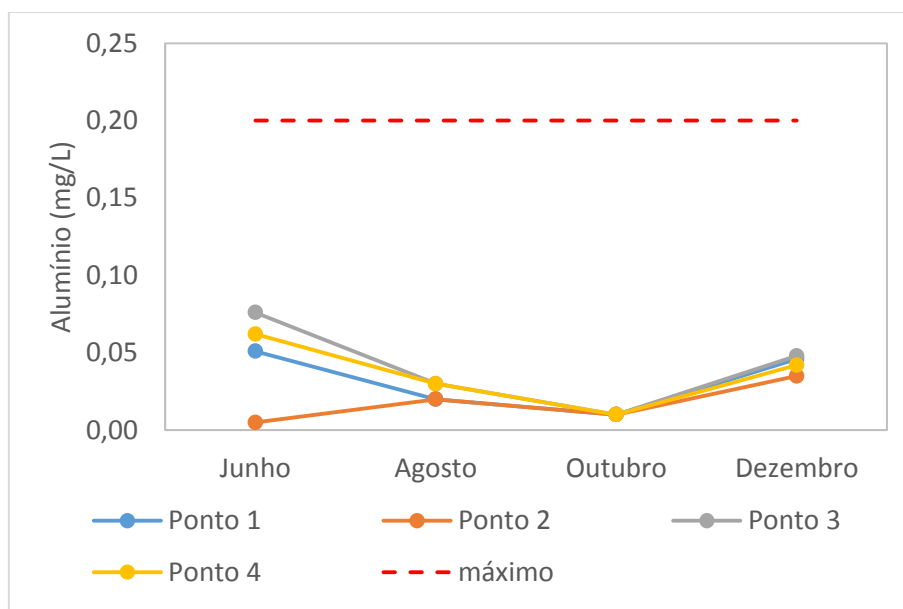


Figura 20. Resultados das análises de Alumínio nas quatro campanhas e quatro pontos de coleta.

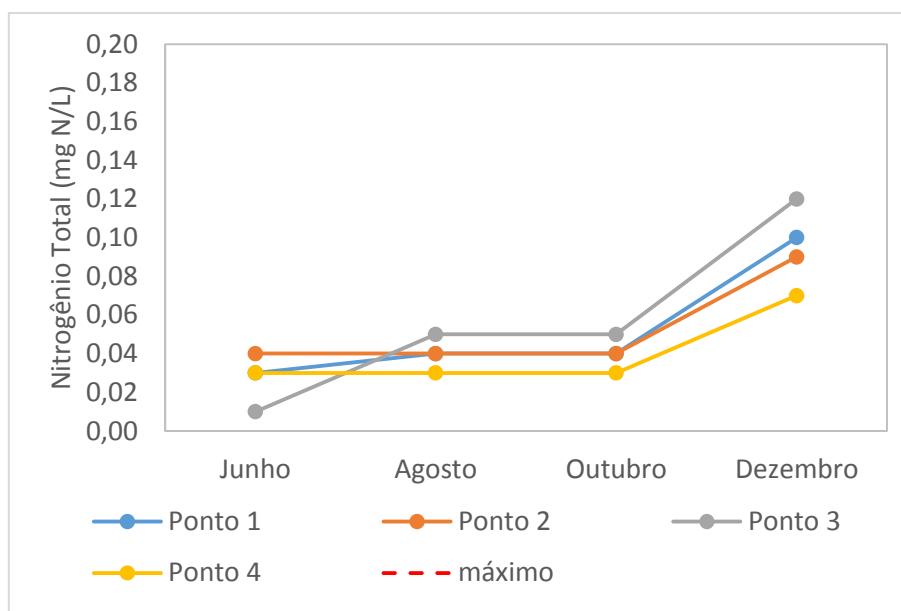


Figura 21. Resultados das análises de Nitrogênio Total nas quatro campanhas e quatro pontos de coleta.

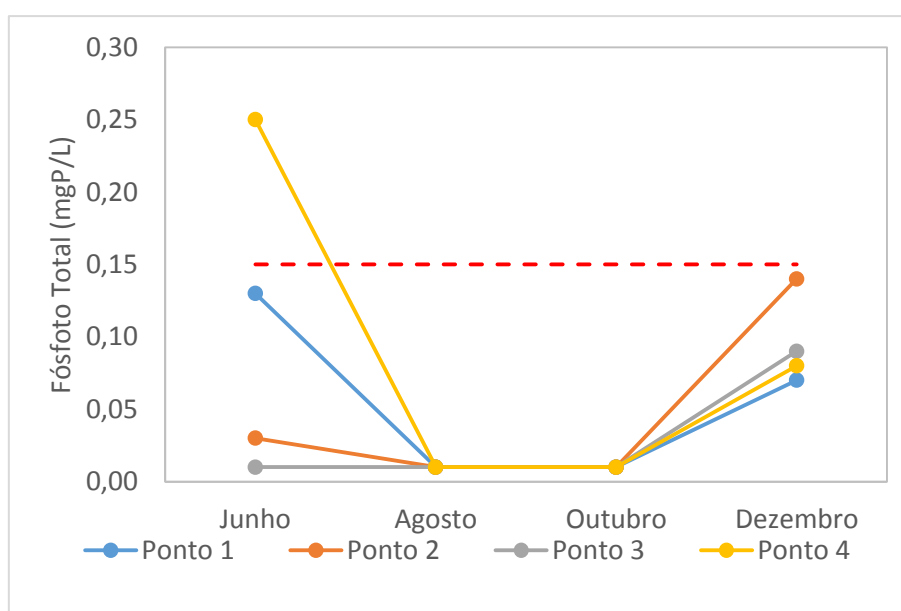


Figura 22. Resultados das análises de fósforo total nas quatro campanhas e quatro pontos de coleta.

Os resultados para sólidos totais (Figura 23), não apresentaram variação significativa em relação à sazonalidade. Sendo encontrados maior número de ST em agosto (P1= 61 mg/L) e menor em dezembro (P3= 0 mg/L).

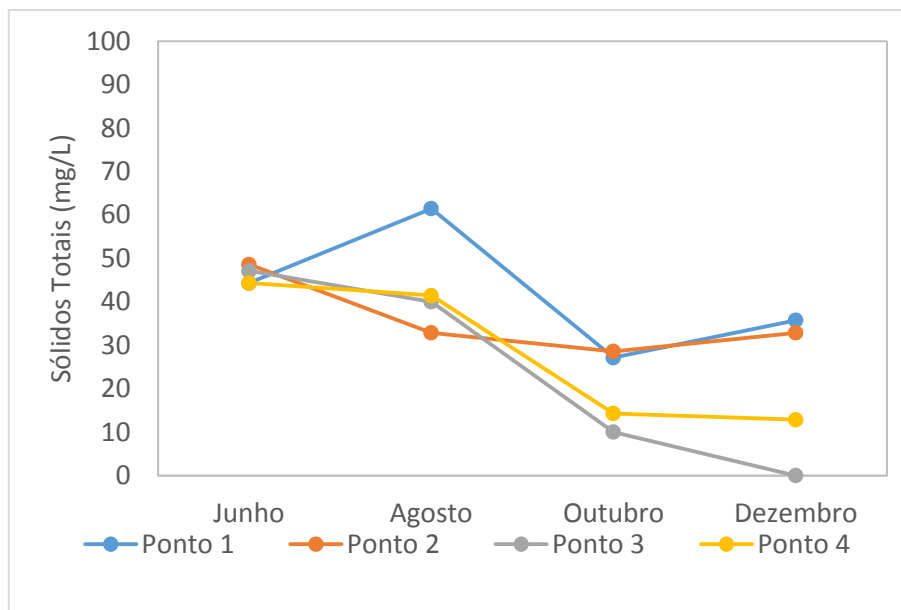


Figura 23. Resultados das análises de Sólidos Totais nas quatro campanhas e quatro pontos de coleta.

4.2 MICROBIOLÓGICOS

Os microrganismos presentes nos cursos d'água, desempenham papel importante, como a transformação da matéria em seus ciclos biogeoquímicos. Microrganismos presentes nos esgotos podem ser saprófitos, comensais, simbiontes ou parasitos, esta última categoria tem a capacidade de transmissão de doenças ao homem e aos animais. A origem desses agentes nos rios reflete diretamente o nível de saúde da população e as condições de saneamento básico da região (VON SPERLING, 2014).

Ainda segundo o mesmo autor, estudos de organismos indicadores de contaminação fecal em um leito de rio, mostram uma satisfatória indicação sobre de quanto a água apresenta contaminação por fezes humanas ou animais, e consequentemente sua potencialidade em transmitir doenças. Para tal avaliação, são comumente utilizados os indicadores de poluição fecal: coliformes totais (CT), coliformes fecais ou termotolerantes (CF) e *Escherichia coli* (EC).

Quanto a avaliação microbiológica no rio Trombetas em Oriximiná/PA, observou-se um número de bastante representativo de CT nos pontos P2 e P4 em todas as campanhas. Porém para padrão de balneabilidade em ambientes lóticos, utilizamos como referência somente a contagem de CF ou EC, segundo referências (CETESB (2011); CONAMA 357/2005; CONAMA 274/2000). Para Von Sperling (2014), os

coliformes totais representam ainda outros organismos de vida livre, não somente os intestinais, portanto, não devem ser utilizados como indicadores de contaminação fecal em águas superficiais.

A contagem de *E. coli* apresentou alterações no P4 com 460 NMP 100 mL⁻¹, valor acima do estabelecido pela resolução CONAMA 274/2000 para recreação, porém, não excedendo o limite permissível para Classe II de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mL em pelo menos 80% das amostras do CONAMA 357/2005 (Figura 24). A presença em demasia de *Escherichia coli* em águas superficiais, indica presença de esgotamento sanitário e contaminação recente por fezes humanas, atividades agropecuárias, animais silvestres e por pássaros (WHO, 1993 *apud* VON SPERLING, 2014; SIQUEIRA *et al*, 2012).

Observa-se que, as alterações de *E. coli* juntamente com os parâmetros cor e fósforo, são intensificadas somente no P4, em todas as campanhas de coletas, corroboram com a hipótese relacionada com a carga de poluentes frente à cidade de Oriximiná. Segundo Siqueira, *et al* (2012), tais parâmetros alterados, são fatores determinantes na identificação de focos de contaminação e poluição, especialmente por esgotamento sanitário.

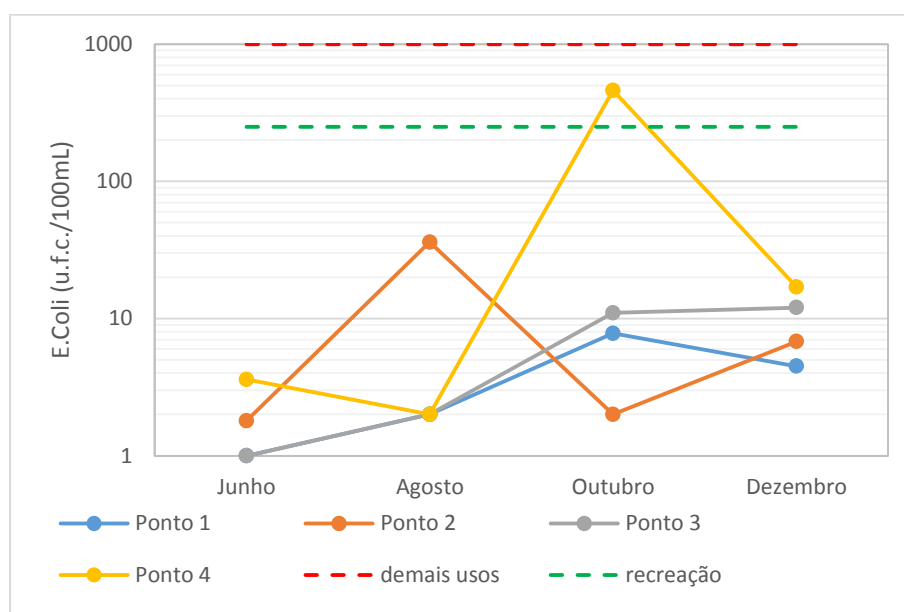


Figura 24. Resultados das análises de *E. coli* nas quatro campanhas e quatro pontos de coleta.

Tais relações entre esgotamento sanitário e poluição hídrica são cada vez mais comprovados pela literatura científica (ABREU E CUNHA, 2017; DE SENA, 2018;

ANDRIETTI, 2016; SIQUEIRA *et al*, 2012), onde a solução para tal contenção e agravamento, uma vez que o município ainda não tenha um plano de gestão de resíduos ou logística reversa para tratamento dos poluentes, há a necessidade de um maior investimento para reverter as fontes de contaminação, além de principalmente a sensibilização e participação da comunidade em geral.

Existem maneiras simples para a prevenção, as quais muitas vezes dependem da boa vontade e educação por parte da população, mas também há casos que requerem altos investimentos em tecnologia, vontade política e visão de futuro empresarial para perceber a importância da preservação do meio ambiente em geral.

No caso da poluição da água, Barsano (2014) recomenda:

“Investimentos em tratamento para reuso na área industrial; não utilizar agrotóxico e pesticidas áreas agrícolas próximas as margens dos rios e outros; direcionar o esgoto público para a estação de tratamento; utilizar aterros licenciados por órgãos públicos de fiscalização ambiental; se não houver a possibilidade de reuso da água, fazer o seu tratamento e a verificação do DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) avaliação quantitativa em seu limite tolerável sobre os resíduos lançados nos rios; utilizar água de forma racional, evitando desperdícios: não deixar torneiras abertas, consertar vazamentos, não demorar nos banhos, etc. (BARSANO, 2014)

4.3 IQA

O índice de qualidade da água do rio Trombetas dentro do trecho delimitado ficou entre 70-90, valor no qual se enquadra na categoria BOM. Esse valor foi obtido a partir do cálculo da média aritmética de todos os índices de todos os quatro meses de coleta (Figura 25).

Entretanto mesmo estando no limite estabelecido para padrão BOM (70-90), observa-se uma variação da qualidade da água no P4 no período de seca (outubro e dezembro), onde os valores tornam-se próximos ao padrão MÉDIO (50-70) não observadas nos pontos antecedentes. Tal mudança pode ter interferências diretas com a poluição antrópica e degradação ambiental no local, o que indica que o rio já está

sofrendo mudanças em suas características como consequência da urbanização em seu entorno, através do lançamento de poluição pontual e difusa em sua margem.

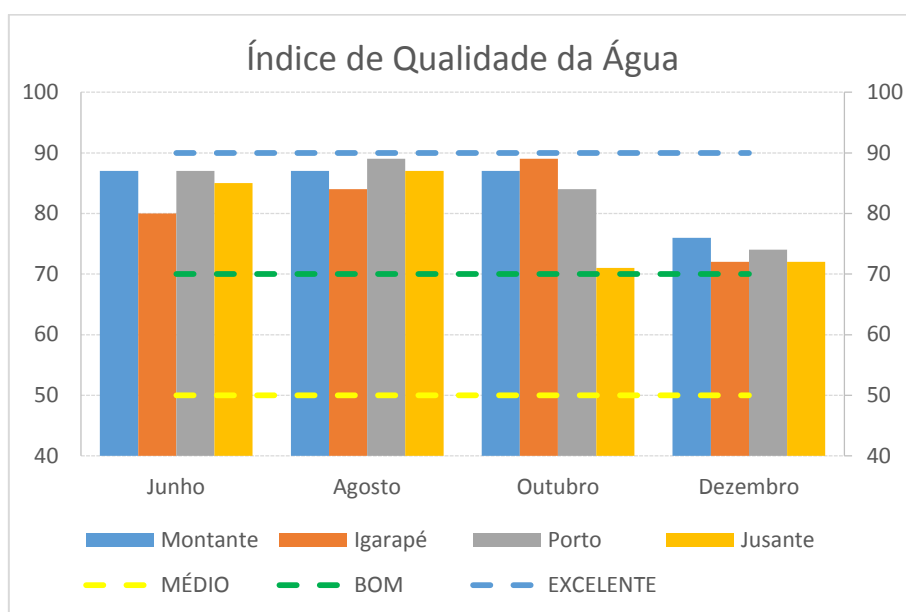


Figura 25. Índice de Qualidade da Água para as amostras coletadas

4.4 ATUAÇÃO NA COMUNIDADE

Os resultados desta pesquisa foram divulgados a população através de uma palestra na Universidade federal do Oeste do Pará (UFOPA), realizada no mês de fevereiro de 2019. Estiveram presentes os alunos da instituição, além de professores e moradores locais (Figura 26).



Figura 26. Apresentação de palestra sobre doenças de veiculação hídrica e poluição do Rio Trombetas na UFOPA.

Foram abordados temas como distribuição de água no planeta, impactos causados pela poluição hídrica, doenças de veiculação hídrica, saneamento básico, além do estudo de caso feito no município. Dado o alerta sobre a qualidade da água atualmente (Figura 27), tendências futuras e principalmente medidas de controle da poluição e prevenção de doenças relacionadas com a água, espera-se com isso, que a atuação da comunidade na prevenção e combate da poluição hídrica na região, seja mais atuante.



Figura 27. Entrevista da mestrandia à emissora de radiotelevisão local.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSÕES

A análise da qualidade da água bruta do rio Trombetas no município de Oriximiná/PA, indicam que as alterações nos parâmetros pH, fósforo, cor e EC são mais relevantes no ponto em frente à cidade. O IQA do trecho monitorado indica uma água de BOA qualidade.

Tais parâmetros alterados revelam uma forte associação entre despejo de resíduos orgânicos e as alterações da qualidade da água no local, não observadas nos pontos à montante da cidade, onde o despejo de esgoto bruto não é constante. Todavia, o agravo de tais lançamentos, além de alterar a qualidade ambiental da água neste ponto, traz consequências também, para a qualidade da saúde populacional, uma vez que nesta área ocorre a captação de água para abastecimento público, atividades pesqueiras, agropecuárias e turísticas.

Políticas públicas devem ser adotadas para reverter o quadro de poluição hídrica na região e seu agravamento, certamente refletidos na saúde ambiental e populacional. A participação da comunidade é de extrema importância nesse processo, tendo em vista que este rio é essencial para a economia local e fundamental para a sobrevivência de ribeirinhos, comunidades indígenas e quilombolas na região.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O monitoramento de corpos d'água, exige que seja feita durante um longo processo e demanda tempo, para que sejam traçadas tendências sobre a qualidade ambiental desse rio. Entretanto, investimentos devem ser feitos para trabalhos de tal importância, estudos estão sendo cada vez mais expostos e os resultados são cada vez mais impactantes.

A dada tamanha importância, estudos como este, devem ter continuidade. Além de mais pontos de coletas, devem-se atentar aos fatores prejudiciais, para que sejam melhor monitorados. Dando o alerta necessário para se evitar desastres ambientais ou a prova de que um trabalho de reversão de poluição está sendo positivo.

6 REFERÊNCIAS

- ABREU, Carlos Henrique Medeiros de; CUNHA, Alan Cavalcanti. **Water quality and trophic index in tropical riverine ecosystem under environmental impact**. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 22, n. 1, p. 45-56, 2017.
- ANA, Agencia nacional das Águas. **Águas no mundo**. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/porta/ANA/panorama-das-aguas/agua-no-mundo>. Acesso em: 18/03/2019.
- ANDRIETTI, Grasiane *et al.* **Water quality index and eutrophication indices of Caiabi River, MT**. Revista Ambiente & Água, v. 11, n. 1, p. 162-175, 2016.
- ALVES, Igor Charles *et al.* **Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil)**. Acta Amazonica, v. 42, n. 1, 2011.
- APHA. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater** (Washington: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation ISBN, 2017).
- BARSANO, Paulo Roberto; BARBOSA, Rildo Pereira; VIANA, Viviane Japiassú. **Poluição ambiental e saúde pública**. São Paulo: Érica, 2014.
- BRASIL. Ministério da saúde. **Diagnóstico local do município de Oriximiná/PA**. UFPA Belém-PA, 2009.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/** Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p.
- CETESB. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. São Paulo: CETESB, 2011.
- CONAMA, Resolução. 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, v. 357, 2005.
- CONAMA, Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, 2000.
- DATASUS. **Informações de saúde**. Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br>. Acesso em 02/02/2018.
- D'AGUILA, P. S; *et al.* **Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu**. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 16(3):791-798, jul-set, 2000.

DA SILVA, Régia Simony Braz *et al.* **Avaliação sazonal da qualidade das águas superficiais e subterrâneas na área de influência do Lixão de Salinópolis, PA.** Revista Ambiente & Água, v. 13, n. 2, p. 1-17, 2018.

DE ALMEIDA, Rafael Dias. **Mapeamento das Doenças Epidêmicas de Veiculação Hídrica para o Município de Vitória -ES.** UFES- Vitória, 2006.

DE SOUZA, Juliana Rosa *et al.* **A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso Rio Almada, sul da Bahia, Brasil.** REDE-Revista Eletrônica do Prodepa, v. 8, n. 01, 2014.

DE SENA, Arthur Rodrigues *et al.* **AValiação da Qualidade da Água do Rio Pitanga, São Cristóvão/SE.** Interfaces Científicas-Saúde e Ambiente, v. 6, n. 3, p. 63-74, 2018.

FAVERI, Caroline de; LÉO, Luís Fernando Rossi. **Saneamento e epidemiologia ambiental: Doenças de Veiculação Hídrica.** IX Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 9, n. 11, 2013, pp. 575-580.

FRANÇA, Silvia Cristina Alves; OLIVEIRA, Hilciana do Socorro Pereira; ROCHA, José Paulino. **Atividades de mineração e avaliação de metais em água superficial, sedimento de fundo e peixes no Rio Tapajós.** Museu Paraense Emílio Goeldi/EMBRAPA, 2015.

MERTEN, Gustavo H.; MINELLA, Jean P. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura.** Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, v. 3, n. 4, p. 33-38, 2002.

GUEDES, Gilvan Ramalho *et al.* **Risk of contamination from exposure to Rio Doce water: a case study on the population's perceptions in Tumiritinga.** Minas Gerais State, Brazil. Cadernos de saúde pública, v. 31, n. 6, p. 1257-1268, 2015.

GONÇALVES, E. M. **Avaliação da qualidade da água do rio Uberabinha–Uberlândia–MG.** 2009. 159f. 2009. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2009.

IBGE. Disponível em: www.cidades.ibge.gov.br. Acesso em: 02/02/2018.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de Qualidade da Água.** Campinas, SP: Átomo, 2005.

OTENIO, Marcelo Hentique, *et al.* **Qualidade da água utilizada para consumo humano de comunidades rurais do município de Bandeirantes-PR.** Salusvita, Bauru, v. 26, n. 2, p. 85-91, 2007.

PDM. **Plano Diretor Municipal Participativo de Oriximiná** (Sistema e o Processo de Planejamento Municipal e Gestão do Desenvolvimento Urbano do Município de Oriximiná/PA). Prefeitura municipal de Oriximiná. Lei Complementar n.º 6.924 de 06 de outubro de 2006.

PIRATOBA, Alba Rocio Aguilar et al. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. *Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 12, n. 3, p. 435-456, 2017.

ROCHA, Gerônimo de Albuquerque; *et al.* Educação Ambiental. **Recursos hídricos**. Secretaria do Meio Ambiente- São Paulo: SMA / CEA, 2011.

SHARMMAS, N. K. WANG, L. K. **Abastecimento de Água e Remoção de Resíduos**. 3ª ed. Tradução: Luís Claudio de Queiroz Farias. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

SILVA, J. P. **Avaliação da qualidade da Água Superficial utilizada no sistema de abastecimento público do município de Belém (PA)**. 2010. Dissertação de Mestrado. ITEC/UFPA. Belém, PA, Brasil.

SIQUEIRA, Gilmar W.; APRILE, Fabio; MIGUÉIS, Antônio Miguel. **Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas (Pará-Brasil)** Diagnostic of the water quality of the Parauapebas river (Pará, Brazil). *Acta Amazonica*, v. 42, n. 3, p. 413-422, 2012.

SOARES, Bruno E. *et al.* **Lago Sapucaá (Oriximiná, PA): os peixes e o homem em área de mineração**. Boletim Sociedade Brasileira de Ictiologia, 2015.

SISÁGUA. Sistema Cemig de monitoramento e Controle de qualidade da água de reservatório. **Manual de procedimentos de coleta e Metodologia de análise de água**-COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. Belo Horizonte: Cemig, 2009.

TABNET. **Cadernos de Informação de Saúde**. Disponível em: www.tabnet.datasus.gov.br. Acesso em 02/02/2018.

TOTORA, Gerard J.; FUNKE, Berdell R.; CASE, Christine L. **Microbiologia**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

VASCONCELOS, Vanilda de Magalhães Martins; SOUZA, Claudinei Fonseca. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil/Characterization of water quality parameters of the reservoir Utinga, Belém, PA, Brazil. *Revista Ambiente & Água*, v. 6, n. 2, p. 305, 2011.

VON SPERLING, Marcos. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 2ª ed.- Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.