



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
MESTRADO PROFISSIONAL EM REDE NACIONAL EM GESTÃO E
REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS (PROFÁGUA)

RICARDO BRUNO RODRIGUES DA SILVA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NO RIO CAPIBARIBE EM LIMOEIRO,
PERNAMBUCO, BRASIL

Recife

2023

RICARDO BRUNO RODRIGUES DA SILVA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NO RIO CAPIBARIBE EM LIMOEIRO,
PERNAMBUCO, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROFÁGUA) da Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Área de concentração: Instrumentos da Política de Recursos Hídricos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Suzana Maria Gico Lima Montenegro

Recife

2023

RICARDO BRUNO RODRIGUES DA SILVA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NO RIO CAPIBARIBE EM LIMOEIRO,
PERNAMBUCO, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROFÁGUA) da Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Aprovada em 28/08/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Suzana Maria Gico Lima Montenegro (orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Maria do Carmo Sobral (Avaliadora interna)
Universidade Federal de Pernambuco (ProfÁgua/UFPE)

Maria Tereza Duarte Dutra (Avaliadora externa)
Instituto Federal de Pernambuco

A José Francisco da Silva Neto (In Memoriam) e
Elizabete Rodrigues da Silva (In Memoriam), meus avós
maternos, que contribuíram significativamente para
minha educação e formação.

*“Nos céus, com serafins, foram morar. Então alegram-
se, perto de Ti, meu Rei”*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida! Ele que é provedor de tudo e que age em todos os momentos das nossas vidas de maneira inexplicável, sendo justo e compassivo.

À minha família, alicerce de todo ser cristão, por todos os bons momentos vividos e por todas as experiências compartilhadas em dias de aflição.

À Professora Doutora Suzana Montenegro, minha orientadora, por todo apoio, paciência e compartilhamento do conhecimento.

A todos os professores do ProfÁgua, que nos permitiram viver momentos incríveis de aprimoramento do nosso conhecimento e recursos hídricos, meio ambiente e ciência cidadã.

À Janaína Assis, que secretariou o ProfÁgua (UFPE) durante o período cursado no programa e que, com muita atenção e zelo, sempre nos orientou e acompanhou nossa trajetória acadêmica.

Aos meus colegas de turma, ProfÁgua (UFPE 2021.1), pela gratificante alegria em vivermos ricas experiências acadêmicas e fraternas.

A todos os meus amigos, de modo geral, por torcer e vibrar emanando positividade ao longo da minha trajetória acadêmica e profissional.

Às avaliadoras Professora Doutora Maria do Carmo (Interna) e Professora Doutora Tereza Dutra (Externa), por todas as contribuições para o aperfeiçoamento desse estudo.

Ao Colégio Regina Coeli e toda equipe, pelo apoio e flexibilização nos horários de expediente sempre que preciso, para cumprimento das atividades do programa.

À Amatur Ong e Fundação SOS Mata Atlântica, pelo fornecimento dos dados referentes ao Programa Observando Os Rios.

À APAC e CPRH, pelo fornecimento dos dados referentes aos pontos de monitoramento acompanhados por essas instituições.

Ao monitor Ezequias Cleiton (Amatur Ong), por toda parceria e por desempenhar de forma brilhante as ações de monitoramento.

RESUMO

O presente estudo faz parte da linha de pesquisa 1.1 Ferramentas Aplicadas aos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos, do Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, e teve como objetivo geral analisar a qualidade da água do rio Capibaribe e suas alterações em um trecho urbano, no município de Limoeiro, por meio de parâmetros para obtenção do Índice de Qualidade da Água. Não desconsiderando os demais instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, todavia, nesta pesquisa, foi enfatizado o enquadramento como instrumento principal para discussão sobre a qualidade da água do rio em que foi aplicado o estudo. Por estar inserido em um programa voltado para gestão de recursos hídricos, foi feito o uso da ferramenta *Plan-Do-Check-Act* para desenvolvimento de todo trabalho, tendo como objeto de pesquisa o diagnóstico da qualidade da água no trecho estudado. As coletas e análises aconteceram no período de setembro/2021 a dezembro/2022; totalizando 14 coletas, em um mesmo ponto de monitoramento (comparado em seguida com resultados de outros pontos, conforme obtenção de dados secundários). Todas as ações de monitoramento foram realizadas com uso de vidrarias, reagentes e escalas colorimétricas (para indicação dos resultados de cada parâmetro físico-químico e alguns biológicos) fornecidos pela Fundação SOS Mata Atlântica, por meio do Programa Observando os Rios, que é desenvolvido no município de Limoeiro em parceria com uma Ong ambiental que promove ações em defesa do rio Capibaribe. Com base no IQA correspondente à média de todas as coletas, verificou-se que o rio Capibaribe apresentou uma qualidade da água regular. Ainda destaca-se que a pesquisa vai de encontro aos esforços para contribuir com o atingimento das metas dos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, da Agenda 2030 da ONU (2015), em especial ao ODS 6. Como produto final, foi elaborada uma cartilha com o intuito de contribuir para disseminação de informação referentes ao tema e área em que se deu a pesquisa, disponibilizada gratuitamente, em versão digital, para escolas, órgãos públicos municipais responsáveis pela gestão ambiental, e para membros do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe; como uma maneira de conscientizar e sensibilizar quanto à situação atual do rio e sua importância.

Palavras-chave: enquadramento; Resolução CONAMA 357/2005; parâmetros físico-químicos.

ABSTRACT

The present study is part of the research line 1.1 Tools Applied to Water Resources Management Instruments, of the National Network Professional Master's Degree in Water Resources Management and Regulation, and its general objective was to analyze the water quality of the Capibaribe River and its changes in an urban stretch, in the municipality of Limoeiro, using parameters to obtain the Water Quality Index. Not disregarding the other instruments of the National Water Resources Policy, however, in this research, the framework was emphasized as the main instrument for discussing the water quality of the river in which the study was applied. As it is part of a program focused on water resources management, the Plan-Do-Check-Act tool was used to develop all work, with the research object being the diagnosis of water quality in the studied section. Collection and analysis took place from September/2021 to December/2022; totaling 14 collections, at the same monitoring point (then compared with results from other points, according to secondary data obtained). All monitoring actions were carried out using glassware, reagents and colorimetric scales (to indicate the results of each physical-chemical and some biological parameters) provided by the SOS Mata Atlântica Foundation, through the Observando os Rios Program, which is developed at the municipality of Limoeiro in partnership with an environmental NGO that promotes actions in defense of the Capibaribe river. Based on the AQI corresponding to the average of all collections, it was found that the Capibaribe River had regular water quality. It is also noteworthy that the research is in line with efforts to contribute to achieving the goals of the 17 Sustainable Development Goals, of the UN 2030 Agenda (2015), in particular SDG 6. As a final product, a booklet was prepared with the aim of contributing to the dissemination of information relating to the topic and area in which the research took place, made available free of charge, in digital version, to schools, municipal public bodies responsible for environmental management, and to members of the Capibaribe River Hydrographic Basin Committee; as a way to raise awareness and raise awareness about the current situation of the river and its importance.

Keywords: framework; CONAMA Resolution 357/2005; physicochemical parameters.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Instrumentos da gestão de recursos hídricos, de acordo com a PNRH	22
Figura 2 –	Classes de água doce e relações de uso, conforme Resolução CONAMA nº 357/2005	25
Figura 3 –	Mapa de Unidades de Planejamento Hídrico definidas no Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco (PERH/PE), 2022	41
Figura 4 –	Registro fotográfico da reunião de fundação do COBH Capibaribe, em 23 de março de 2007	45
Figura 5 –	Registro fotográfico de uma reunião de eleição e posse para composição do COBH Capibaribe, no triênio 2017 - 2020	45
Figura 6 –	Registro fotográfico de monitores da instituição juntamente com estudantes da rede pública estadual de Limoeiro, realizando a análise da qualidade da água à margem do rio Capibaribe	47
Figura 7 –	Diagrama com etapas do Ciclo PDCA	49
Figura 8 –	Localização geográfica de Limoeiro na Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe	53
Figura 9 –	Local selecionado para o ponto de coleta para monitoramento da qualidade da água no Rio Capibaribe, em Limoeiro PE	54
Figura 10 –	Registro fotográfico da coleta e análise realizada em janeiro de 2022, no trecho do rio Capibaribe utilizado neste estudo	57
Figura 11 –	Registros fotográficos de um caso de mortandade elevada de peixes, no trecho do rio Capibaribe, em 20/12/2021 (Limoeiro/PE)	66
Figura 12 –	Fenômeno de eutrofização ocorrido no rio Capibaribe, em fevereiro/2021 (Limoeiro/PE)	72
Figura 13 –	Resultado do monitoramento em dois trechos do rio Capibaribe, no município de Limoeiro (PE), entre setembro/2021 e dezembro/2022	73
Figura 14 –	Fonte pontual de poluição no Rio Capibaribe, próximo ao local conhecido por Ponte Nova em Limoeiro, Pernambuco	78

Figura 15 –	Fonte pontual de poluição no Rio Capibaribe, próximo ao local conhecido por Ponte Velha, em Limoeiro, Pernambuco	78
Figura 16 –	Fonte pontual de poluição no Rio Capibaribe, ao lado das futuras instalações do Centro de Artesanato de Limoeiro, no centro comercial, Pernambuco	79
Figura 17 –	Fonte pontual de poluição no Rio Capibaribe, oriundas de residências ribeirinhas e esgotos da cidade, em Limoeiro, Pernambuco	80
Figura 18 –	Fontes difusas de poluição no Rio Capibaribe, no trecho urbano de Limoeiro, Pernambuco	81
Figura 19 –	Áreas desmatadas e descarte inadequado de resíduos sólidos, às margens do Rio Capibaribe, em Limoeiro, Pernambuco	81

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Classes de enquadramento e múltiplos usos, em corpos hídricos de água doce	24
Quadro 2 –	Distribuição dos pontos de monitoramento da qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe	28
Quadro 3 –	Ações de investimentos para melhoria na qualidade da água do rio, previstas no PHA Capibaribe	30
Quadro 4 –	Lista de produtos farmacêuticos que constituem micropoluentes	34
Quadro 5 –	Relação de municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe.....	41
Quadro 6 –	Relação de afluentes do rio Capibaribe	43
Quadro 7 –	Etapas metodológicas para obtenção dos resultados de indicadores químicos	58
Quadro 8 –	Resultados do monitoramento de parâmetros da qualidade da água, no Ponto CB-10, à jusante de Limoeiro	74
Quadro 9 –	Limites padrões para os parâmetros de qualidade da água, estabelecidos conforme a Resolução CONAMA 357/2005, e destinadas ao abastecimento para consumo humano	75
Quadro 10 –	Comparativo entre limites padrões de qualidade da água estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05, para Classe 2, e os resultados obtidos em pontos de monitoramento no Rio Capibaribe, em Limoeiro, Pernambuco	76
Quadro 11 –	Dados referentes ao esgotamento sanitário nos municípios próximos a Limoeiro	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRHidro	Associação Brasileira de Recursos Hídricos
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
APAC	Agência Pernambucana de Águas e Clima
BDTD	Biblioteca Digital de Teses e Dissertações
CCME	Canadian Council of Ministers of the Environment
CBH Capibaribe	Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CTs	Câmaras Técnicas
CTMAS	Câmara Técnica de Meio Ambiente e Saneamento
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
GL	Grupo de Rios Litorâneos
GTs	Grupos de Trabalhos
IET	Índice de Estado Trófico
IQA	Índice de Qualidade da Água
JTU	Jackson Turbidity Unit
mg/L	Relação entre um miligrama em um litro da solução
mol/L	Relação entre um mol de soluto em um litro da solução
nmp	Número mais provável
OD	Oxigênio Dissolvido
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PDCA	Plan Do Check Act
PERH	Política Estadual de Recursos Hídricos
pH	Potencial Hidrogeniônico
PHA	Plano Hidroambiental
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PNQA	Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas
ppm	Partes por milhão
QA	Qualidade da Água
RBRH	Revista Brasileira de Recursos Hídricos
REGA	Revista de Gestão de Água da América Latina
Scielo	Scientific Electronic Library Online

SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UP	Unidade de Planejamento
UTM	Universal Transversa de Mercator
UFC/100ml	Relação entre Unidades Formadoras de Colônias em 100 mililitros de solução

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	OBJETO DA PESQUISA	18
1.2	JUSTIFICATIVA.....	19
1.3	MOTIVAÇÃO.....	19
2	OBJETIVOS	20
2.1	OBJETIVO GERAL.....	20
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3	REVISÃO DA LITERATURA	21
3.1	ENQUADRAMENTO DE CORPOS HÍDRICOS: ASPECTOS CONTIDOS NA POLÍTICA NACIONAL E ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS E EXPERIÊNCIA NA BACIA DO RIO IPOJUCA.....	21
3.2	AS RESOLUÇÕES DO CNRH E CONAMA E SUA IMPORTÂNCIA PARA DEFINIÇÃO DO IQA.....	26
3.3	A RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357/2005	27
3.4	MELHORIAS NA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO CAPIBARIBE, PROGRAMAS E AÇÕES DO PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE PERNAMBUCO E DO PLANO HIDROAMBIENTAL DO RIO CAPIBARIBE	28
3.4.1	As ações do plano de investimentos, do PHA Capibaribe, e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável	31
3.5	FATORES QUE ALTERAM A QUALIDADE DA ÁGUA	33
3.6	INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	35
3.6.1	Indicadores biológicos	36
3.6.2	Índice de Qualidade da Água IQA-CCME.....	38
3.6.3	Indicadores de Qualidade da Água utilizados no Programa Observando Os Rios da Fundação SOS Mata Atlântica	39
3.7	A BACIA HIDROGRÁFICA E O RIO CAPIBARIBE.....	40
3.8	O COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIBARIBE E SUA IMPORTÂNCIA	44
3.9	A AMATUR ONG E SUA ATUAÇÃO EM DEFESA DO RIO CAPIBARIBE	46
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	48

4.1	SISTEMATIZAÇÃO DAS ETAPAS DO ESTUDO POR MEIO DA APLICAÇÃO DO CICLO PDCA.....	48
4.2	ETAPA DE VERIFICAÇÃO DO CICLO PDCA.....	50
4.2.1	Critérios de Inclusão e Exclusão	51
4.3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO	52
4.4	PERÍODO E COLETAS	55
4.4.1	Parâmetros físico-químicos e biológicos utilizados.....	56
4.4.1.1	Químicos.....	56
4.4.1.2	Físicos.....	60
4.4.1.3	Biológicos.....	61
4.5	ETAPA DE REALIZAÇÃO DO CICLO PDCA: OBTENÇÃO DO IQA	62
4.6	HIGIENIZAÇÃO OU DESCARTE DAS VIDRARIAS UTILIZADAS E REPOSIÇÃO DE MATERIAL.....	63
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
5.1	RESULTADOS CONFORME PARÂMETROS QUÍMICOS	64
5.2	RESULTADOS CONFORME PARÂMETROS FÍSICOS	68
5.3	RESULTADOS CONFORME PARÂMETROS BIOLÓGICOS.....	70
5.4	PANORAMA DA QUALIDADE DA ÁGUA NO TRECHO ESTUDADO (“O RIO QUE TEMOS”)	72
5.5	OBTENÇÃO DE DADOS SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA EM OUTROS PROGRAMAS DE MONITORAMENTO	74
5.6	IDENTIFICAÇÃO DE FONTES POLUIDORAS E ÁREAS DEGRADADAS .	77
5.7	VISLUMBRANO UM FUTURO SUSTENTÁVEL: O RIO QUE QUEREMOS E QUE PODEMOS TER (UM OLHAR DE ESPERANÇA).....	83
6	CONCLUSÃO	84
	REFERÊNCIAS	86
	APÊNDICE A – ESCALAS COLORIMÉTRICAS UTILIZADAS, ADAPTADO PELO AUTOR COM INFORMAÇÕES DA SOS MATA ATLÂNTICA (2016).....	95
	APÊNDICE B – DADOS OBTIDOS NAS COLETAS, NO TRECHO DO RIO CAPIBARIBE EM LIMOEIRO, PERNAMBUCO, POR MEIO DO PROGRAMA OBSERVANDO OS RIOS (2023).....	96
	APÊNDICE C – CARTILHA ELABORADA PELO AUTOR, COMO PRODUTO FINAL DO ESTUDO (2023)	97

APÊNDICE D – APRESENTAÇÃO DA CARTILHA, DE FORMA PRESENCIAL E REMOTA PARA PROFISSIONAIS DA REDE MUNICIPAL DE ENSINO DE LIMOEIRO, PERNAMBUCO (2023).....	115
ANEXO A – FICHA DE CAMPO ELABORADA PELO PROGRAMA OBSERVANDO OS RIOS (SOS MATA ATLÂNTICA, 2016, PP. 9 E 10).	116

1 INTRODUÇÃO

Nosso país apresenta uma relevante disponibilidade hídrica, considerando em sua totalidade. Todavia, a distribuição da água é desigual territorialmente e durante as estações do ano; atrelada também à infraestrutura carente de aproveitamento e conservação e às demandas para sua utilização (ANA, 2019).

Partindo desse pressuposto, a segurança hídrica (que garante água em qualidade e disponibilidade) vem substituindo cada vez mais a cultura da abundância, apontando para este recurso natural como sendo um bem finito, dotado de valor econômico, que desperta para as constantes análises do balanço entre usos e oferta hídrica, revelando déficits de acesso à água com qualidade (ANA, 2019).

Neste contexto de segurança hídrica e gestão das águas, os usuários são todos os indivíduos que fazem uso da água deslocando-a no espaço e no tempo através de infraestruturas hídricas e do seu manejo, para atender diversas finalidades que vão desde o abastecimento à diluição de efluentes e geração de energia (ANA, 2020).

Sendo assim, é preciso cada vez mais reconhecer a importância de uma gestão eficaz das águas, garantindo sua qualidade e disponibilidade, desde a captação até sua devolução ao ecossistema, por meio do lançamento de efluentes (sendo atualmente um dos maiores problemas na gestão hídrica do país).

Quando se fala em segurança hídrica é indissociável sua integração com o ODS 6, da Agenda 2030 da ONU. Este objetivo busca assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água juntamente com o saneamento básico (ANA, 2019). Dentre as metas do ODS 6, destaca-se neste estudo as metas 6.1, 6.2, 6.3 e 6.6; que tratam diretamente da potabilidade, esgotamento sanitário e monitoramento para proteção do ecossistema.

No Brasil, a Resolução CONAMA 357/2005 (que será explanada mais adiante) aponta para os usos múltiplos da água, conforme padrões de qualidade. Estando esses padrões correlacionados com o Índice de Qualidade da Água (IQA), pelos quais existem alguns programas específicos para sua obtenção.

No presente estudo, foi obtido o IQA mensal do trecho do rio Capibaribe por meio do programa Observando Os Rios, regulamentado pela Fundação SOS Mata Atlântica, e que utiliza parâmetros biológicos e físico-químicos para indicação da qualidade da água em um corpo hídrico; para serem comparados com outras plataformas de coleta e análise da qualidade da água do rio Capibaribe (à montante e jusante do ponto utilizado neste estudo).

A qualidade da água nos corpos hídricos está diretamente associada com diversas causas, dentre elas, o lançamento de efluentes e desmatamento da mata ciliar; corroborando para uma cadeia sucessiva de problemas no ecossistema.

O aporte de matéria orgânica oriunda dos esgotos domésticos, de acordo com Maciel et al. (2015), é significativamente responsável pela modificação da qualidade da água, inclusive relacionado também às alterações nos níveis de toxicidade da água.

No entanto, apontar um panorama geral quanto à segurança hídrica no Brasil seria bastante equivocado, considerando suas especificidades em cada região hidrográfica. Para isso, a Lei Federal nº 9.433/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), estabelece a bacia hidrográfica como unidade territorial para gestão da água, em seu Art. 1º, inciso V.

Dentro do contexto do presente estudo, o rio Capibaribe é o principal corpo hídrico da bacia hidrográfica, que recebe este mesmo nome e que abrange 42 municípios, com uma área de 7.454,88 km², correspondendo a 7,58% da área total do Estado de Pernambuco, de acordo com o Plano Hidroambiental do Capibaribe (PERNAMBUCO, 2010).

Tamanha proporção, da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe, já leva à compreensão de que tanto este rio quanto seus afluentes possuem diferentes aspectos no que se refere ao meio biótico, físico e químico.

Para estruturação da pesquisa foram organizados tópicos, mais adiante, sendo eles: objeto da pesquisa, justificativa, motivação (ambos ainda na introdução); objetivos, apresentando o que pretende-se alcançar no estudo; revisão bibliográfica, explanando diversos aspectos que precisam ser considerados ao tratar da qualidade da água de um corpo hídrico; materiais e métodos, explicando todas as etapas necessárias para o desenvolvimento da pesquisa; resultados, trazendo um panorama da qualidade da água no trecho analisado e em outros trechos à montante e à jusante; e, conclusão, com relevantes considerações e sugestões.

1.1 OBJETO DA PESQUISA

Os dados obtidos mediante a análise de parâmetros biológicos, físicos e químicos constituem o objeto de pesquisa do presente estudo e foram de grande relevância para a avaliação da qualidade da água no trecho urbano do rio Capibaribe, antropizado consideravelmente.

1.2 JUSTIFICATIVA

O presente estudo possui uma relevante importância ambiental, uma vez que, por meio dos resultados obtidos foi possível caracterizar a qualidade da água em um trecho urbano do rio Capibaribe em Limoeiro, produzindo informações relevantes para o processo de implementação do instrumento de enquadramento dos corpos hídricos. Também, foi elaborada uma cartilha referente ao tema, para ser distribuída nas escolas do município, órgãos públicos municipais responsáveis pela gestão ambiental, e Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe; de modo que todos tenham um conhecimento mais detalhado quanto à qualidade da água do rio Capibaribe, no município de Limoeiro.

1.3 MOTIVAÇÃO

O interesse por essa pesquisa deu-se, inicialmente, a partir das experiências vivenciadas pelo autor, biólogo e professor, que atua voluntariamente na AMATUR Ong sediada no município de Limoeiro com ações voltados à defesa do rio Capibaribe e promoção da Educação Ambiental. Além disso, o autor atua como membro do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe desde 2016, com sensibilidade à causa ambiental e, sobretudo, o desejo em ter um rio Capibaribe revitalizado e despoluído, muito embora seja um sonho distante. Alinhado às experiências do autor com projetos desenvolvidos no trecho evidenciado, foram motivos que despertaram a inspiração pelo presente estudo, buscando analisar um dos principais e graves problemas do rio Capibaribe: a qualidade de suas águas.

2 OBJETIVOS

O presente estudo foi conduzido com base em um objetivo geral e alguns objetivos específicos, pelos quais estão descritos abaixo.

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a qualidade da água do rio Capibaribe e suas alterações em um trecho urbano, no município de Limoeiro, por meio de parâmetros para obtenção do Índice de Qualidade da Água.

2.2 Objetivos Específicos

- Aplicar o método *Plan-Do-Check-Act* como ferramenta de gestão para planejamento das atividades, execução das ações e verificação dos resultados obtidos.
- Relacionar o enquadramento, previsto na Política Nacional e Estadual de Recursos Hídricos e Resolução CONAMA 357, com o rio Capibaribe e seu Plano Hidroambiental.
- Analisar dados referentes às coletas e análises da qualidade da água em um trecho urbano do rio Capibaribe em Limoeiro, com base em parâmetros físico-químicos e biológicos, para obtenção mensal do Índice de Qualidade da Água.
- Identificar fontes poluidoras, bem como fatores biológicos e físico-químicos que contribuem para modificações na qualidade da água do trecho estudado.
- Comparar os índices obtidos por meio do Programa Observando Os Rios da Fundação SOS Mata Atlântica, com dados fornecidos pela Agência Pernambucana de Águas e Clima e outros estudos técnicos, para uma melhor avaliação da qualidade da água.
- Elaborar uma cartilha referente ao tema, para divulgação dos resultados obtidos e conscientização quanto à realidade atual em que se encontra o rio Capibaribe e a necessidade de preservação do mesmo.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Os tópicos a seguir apontam para diversos conceitos que estão relacionados com a qualidade da água no corpo hídrico, uma vez que, é necessário compreender de forma abrangente o tema abordado, com base em outros estudos e autores.

3.1 ENQUADRAMENTO DE CORPOS HÍDRICOS: ASPECTOS CONTIDOS NA POLÍTICA NACIONAL E ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS E EXPERIÊNCIA NA BACIA DO RIO IPOJUCA

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) foi instituída a partir da Lei Federal nº 9.433, em 8 de janeiro de 1997, também conhecida por Lei das Águas e, de acordo com a ANA (2020), estabeleceu critérios para a gestão de recursos hídricos, no âmbito nacional, criando ainda o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

A Política Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco foi instituída a partir da Lei Estadual nº 12.984, em 30 de dezembro de 2005, que revogou a lei anterior, Lei Estadual nº 11.426, de 17 de janeiro de 1997.

De acordo com a ANA (2016), o funcionamento do SINGREH, bem como, a implementação da Política Nacional e estaduais de Recursos Hídricos, dá-se por meio dos dados e informações que integram os Sistemas de Informações sobre Recursos Hídricos (nacional, estaduais e locais, bem como das bacias hidrográficas e conselhos de usuários).

Dentre os dados que compõem esses Sistemas, e servem de subsídios para o pleno funcionamento do SINGREH, destacam-se neste estudo os dados referentes à qualidade da água em um trecho urbano do rio principal da bacia hidrográfica.

Diversas foram as contribuições para a gestão de recursos hídricos, advindas a partir da PNRH. Segundo a Villar et al. (2022), com essa lei, a bacia hidrográfica passou a ser adotada como unidade de gestão, possibilitando maior participação social, atribuindo valor econômico à água, além de determinar as instituições e demais organizações responsáveis pela gestão das águas, e, estabelecer instrumentos necessários ao uso, aproveitamento e proteção dos mananciais.

Na Figura 1 são apresentados todos os instrumentos de gestão, contidos no Art. 5 da PNRH.

Figura 1 – Instrumentos da gestão de recursos hídricos, de acordo com a PNRH



Fonte: Elaborada pelo autor com informações da Villar et al. (2022)

Tratando-se da Política Estadual de Recursos Hídricos, além de estarem contidos os cinco instrumentos presentes na Política Nacional, em seu Art. 5 ainda constam dois outros instrumentos para gestão dos recursos hídricos no estado de Pernambuco, sendo: a fiscalização do uso de recursos hídricos; e, o monitoramento dos recursos hídricos.

De acordo com a PNRH: os **planos** correspondem a um instrumento de gestão de longo prazo que contém todas as diretrizes necessárias para o gerenciamento dos corpos hídricos; o **enquadramento** é o instrumento de classificação dos corpos de água, que assegura aos corpos hídricos qualidade compatível com os usos a que forem destinados; a **outorga** é o instrumento que garante o direito de acesso à água, visando assegurar o controle qualitativo e quantitativo desse recurso; a **cobrança** (embora não implementada no estado de Pernambuco) é referente a um instrumento de gestão que reconhece a água como um bem dotado de valor econômico, visando o uso de forma racional e que busca obter recursos para financiamento de projetos e ações no âmbito da bacia hidrográfica; por fim, o **sistema de informações** é o instrumento pelo qual há uma sistematização de todos os dados referentes à coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações referentes aos recursos na bacia hidrográfica.

De maneira geral, todos os instrumentos apontados anteriormente estão relacionados entre si, sendo necessária a aplicabilidade dos mesmos, de modo a obter-se uma gestão eficaz dos corpos hídricos, com disponibilidade e qualidade da água; o que requer a necessidade de execução de cada um desses instrumentos, pois um depende do outro para que sua implementação possa ser efetivada em plena totalidade.

Considerando os aspectos legais, para a gestão dos recursos hídricos, destaca-se o enquadramento dos corpos hídricos como um importante instrumento de gestão no âmbito da bacia hidrográfica, conforme preconiza a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH, 1997) e a Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH, 2005).

Faria et al. (2022), citam que para efetiva implementação do enquadramento de corpos d'águas, nas bacias estaduais, existem desafios a serem considerados, sendo eles: a ausência de cobrança pelo uso de recursos hídricos (um dos outros instrumentos) e as dificuldades de acessos a fundos estaduais de recursos hídricos. Além disso, os planos referentes à bacia e os

seus respectivos sistemas de informação precisam apresentar dados da atual condição do rio para que, a partir deles, possam ser pensadas as estratégias para a qualidade que se pretende ter e a que se pode ter nesse corpo hídrico.

Não desconsiderando os demais instrumentos, todavia, nesta pesquisa, foi enfatizado o enquadramento como instrumento principal para discussão sobre a qualidade da água no rio em que foi aplicado o estudo; uma vez que, de acordo com a ANA (2020), o enquadramento não se baseia apenas na classificação do estado atual de qualidade da água em determinado trecho do corpo hídrico, bem como, estabelece metas de qualidade da água, que precisam ser mantidas ou alcançadas.

O enquadramento é estabelecido por meio da avaliação sobre a condição atual do rio e os usos preponderantes mais restritivos existente. Esse instrumento da gestão de recursos hídricos é aplicado com base em análises técnicas, junto à comunidade da bacia, envolvendo todos os segmentos que estão inseridos no contexto de gestão hídrica (ANA, 2020).

Tratar sobre o enquadramento (classificação) das águas de um rio e apresentar propostas para melhorias no Índice de Qualidade da Água (IQA) é fundamental para o desenvolvimento de políticas públicas que visem a melhoria na qualidade das águas, nas bacias hidrográficas.

Quanto ao enquadramento e qualidade da água, Bitencourt et al. (2019) já apontam que a preocupação em relação à qualidade da água nos corpos hídricos é um fator que perdura no país bem antes da Lei das Águas.

Historicamente, segundo os mesmos autores, leis anteriores também tinham por objetivo estabelecer limites de poluição, além de, em alguns estados brasileiros, já existirem bases legais definidas para o enquadramento dos rios em bacias estaduais, a partir da década de 70. E muito embora o enquadramento, atualmente, seja considerado um instrumento previsto na legislação federal, os autores destacam a dificuldade em sua implementação nas unidades federativas. Além disso, os autores ainda apontam que a referida implementação ocorre de forma desigual e, em muitos dos casos, sem abordar a elaboração de metas e cenários progressivos, atentando-se apenas para classificação da qualidade da água.

Para que o enquadramento possa ser implementado de maneira adequada, é preciso seguir as orientações previstas na Resolução nº 91/2008, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), tendo como referências básicas, de acordo com a ANA (2020): a bacia hidrográfica como unidade territorial para gestão, e, os usos preponderantes mais restritivos.

Além disso, conforme a ANA (2020), também é necessário contemplar quatro etapas, na proposta de enquadramento, sendo as seguintes: o **diagnóstico**, com identificação dos usos preponderantes, qualidade da água, fontes poluidoras, áreas reguladas por legislação específica,

planos e programas previstos na bacia; o **prognóstico**, com seleção de vazão de referência e de parâmetros prioritários, definição de cada uso preponderante em cada trecho, cenários de evolução das cargas poluidoras e de demandas; a **elaboração das alternativas de enquadramento**, que baseia-se na revisão do prognóstico e elaboração das alternativas de custos e da pré-efetivação do enquadramento; e, o **programa de efetivação**, onde haverá as deliberações aprovadas pelos comitês e conselhos, bem como, o monitoramento das ações.

Uma vez que, conforme já foi falado, as realidades atuais de enquadramento das bacias hidrográficas, principalmente de domínio dos estados, têm apontado para diversas falhas, por não terem seguido as etapas acima apresentadas, Faria et al. (2022), destacam que é necessária a promoção de estudos estratégicos que estimulem o estabelecimento de políticas públicas direcionadas ao fortalecimento dos sistemas estaduais de gerenciamento e do papel dos planos de bacia, para a elaboração das propostas de enquadramento.

Com base nas etapas apresentadas para a elaboração da proposta de enquadramento, é possível atribuir classes para os corpos hídricos, de acordo com seu uso preponderante, fundamentando-se na Resolução 357/2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, que estabelece uma série de parâmetros de qualidade da água para cada categoria (MACHADO et al., 2019).

Estando distribuídas em cinco classes, conforme apontado no Quadro 1, e que, neste estudo, considerou-se a classificação apenas para o uso de águas doces, por tratar-se de uma pesquisa desenvolvida no trecho do rio Capibaribe, outrora citado.

Quadro 1 – Classes de enquadramento e múltiplos usos, em corpos hídricos de água doce

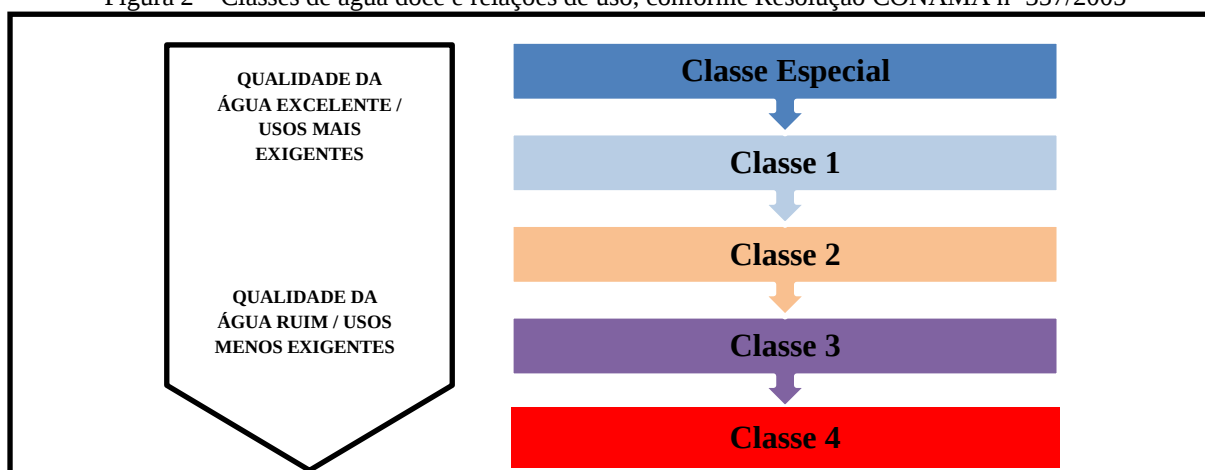
Classe Especial	Preservação de equilíbrio natural e proteção das comunidades aquáticas, recreação do contato primário e secundário, aquicultura, abastecimento para consumo humano (após desinfecção), pesca, irrigação, dessedentação de animais, navegação e harmonia paisagística.
Classe 1	Proteção das comunidades aquáticas, recreação do contato primário e secundário, aquicultura, abastecimento para consumo humano (após tratamento simplificado), pesca, irrigação (de hortaliças e frutas ingeridas cruas, sem remoção de películas), dessedentação de animais, navegação e harmonia paisagística.
Classe 2	Proteção das comunidades aquáticas, recreação do contato primário e secundário, aquicultura, abastecimento para consumo humano

	(após tratamento convencional), pesca, irrigação (de hortaliças, frutas, parques, jardins, campos de esportes e lazer), dessedentação de animais, navegação e harmonia paisagística.
Classe 3	Recreação do contato secundário, abastecimento para consumo humano (após tratamento convencional avançado), pesca, irrigação (culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras), dessedentação de animais, navegação e harmonia paisagística.
Classe 4	Navegação e harmonia paisagística.

Fonte: Elaborada pelo autor com informações da ANA (2020)

Compreende-se que cada tipo de uso pressupõe uma exigência de qualidade da água específica, conforme foi apresentado acima, sendo estes múltiplos usos mais exigentes nas primeiras classes e menos exigentes nas últimas, de acordo com a Figura 2.

Figura 2 – Classes de água doce e relações de uso, conforme Resolução CONAMA nº 357/2005



Fonte: Elaborada pelo autor com informações da ANA (2013)

Contudo, para enquadramento do corpo hídrico em determinada bacia hidrográfica requer que, além das etapas já apresentadas e das classes em que se possam categorizar, seja necessária aprovação final no âmbito do Conselho de Recursos Hídricos, seja ela Estadual/Distrital ou Nacional, de acordo com o domínio da bacia hidrográfica, segundo a ANA (2020).

A exemplo disso, e considerando as bacias hidrográficas pernambucanas, é possível citar a Proposta de Enquadramento dos Corpos de Água – bacia hidrográfica do rio Ipojuca (desenvolvido por meio do Consórcio ASTEP – ENGIDRO – AGRI-PRO AMBIENTE, para a Agência Pernambucana de Águas e Clima) e que, de acordo com Ribeiro (2020), contém um

estudo de classificação dos trechos dos rios da bacia com base em uma projeção para os próximos anos.

Além disso, segundo a mesma autora, essa Proposta de Enquadramento na bacia do rio Ipojuca considerou os aspectos socioeconômicos e ambientais da região, tendo como etapas: diagnóstico, prognóstico, propostas de metas relativas às alternativas de enquadramento e programas para efetivação desse enquadramento, e, implementação das ações propostas.

Para Ribeiro (2020), de acordo com cada trecho estudado na bacia do rio Ipojuca, foi prevista uma meta para execução das ações em 15 anos, levando em consideração a condição atual e o que se pretende obter ao final desse período.

3.2 AS RESOLUÇÕES DO CNRH E CONAMA E SUA IMPORTÂNCIA PARA DEFINIÇÃO DO IQA

O Índice de Qualidade da Água (IQA) utiliza critérios para o estabelecimento dos múltiplos usos da água, com base em parâmetros físico-químicos e biológicos, que contribuem para a classificação e enquadramento dos corpos hídricos, segundo Silva (2021).

De acordo com o mesmo autor, por meio dos resultados obtidos no IQA, é possível reforçar a importância de investimentos na preservação do corpo hídrico e no saneamento, sobretudo quando são apresentados índices que indicam uma qualidade ruim da água.

Esses parâmetros para obtenção do IQA variam de acordo com a metodologia aplicada e com o banco em que são fornecidos os dados. De modo geral, são atribuídos níveis de qualidade da água que estão entre as seguintes categorias: péssima, ruim, regular, boa e ótima. Mais adiante, nesse estudo, estão sendo descritos os parâmetros e métodos que foram aplicados para obtenção dos dados que estão sendo apresentados como resultados da pesquisa.

Entretanto, muito embora ainda não haja uma padronização universal para determinação do IQA, existem regulamentações para o enquadramento dos corpos hídricos, com base na qualidade das águas e de acordo com seus múltiplos usos. No âmbito federal, a ANA (2020) destaca as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), sendo elas: Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005; Resolução CONAMA nº 396, de 03 de abril de 2008; Resolução CNRH nº 91, de 05 de novembro de 2008; e, Resolução CNRH nº 141, de 14 de julho de 2012.

Dentre as resoluções elencadas, para o presente estudo, foi utilizada a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005; uma vez que, a mesma dispõe sobre a classificação dos corpos hídricos e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

3.3 A RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357/2005

Não existe uma padronização universal quanto aos parâmetros de qualidade da água, seguindo regulamentações específicas em cada país. Segundo Pessôa et al. (2015), na Europa, por exemplo, foi publicada uma Diretiva-Quadro da Água do Parlamento Europeu e do Conselho, no ano 2000, com procedimentos para proteção das águas e estabelecimento de metas progressivas visando a melhoria na qualidade.

Os mesmos autores também citam alguns países, dentre eles a África do Sul, cuja Lei Nacional das Águas foi criada para estabelecer categorias de uso da água e necessidade de autorização para uso de quantidades mais significativas.

Trazendo essa reflexão para o Brasil, com a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), por meio da Lei Federal nº 9.433/97 (a Lei das Águas), definiu-se o enquadramento dos corpos hídricos em classes, visando assegurar a qualidade das águas de maneira compatível aos múltiplos usos, levando em consideração diversos parâmetros (PESSÔA et al., 2015).

Atualmente no Brasil, esses parâmetros são regulamentados por meio da Resolução CONAMA nº 357/2005. De acordo com a ANA (2013), a referida resolução tem por objetivo assegurar às águas uma qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas, além de promover ações preventivas e permanentes de combate à poluição, contribuindo também para a redução de custos.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 substituiu a Resolução CONAMA nº 20/1986, cuja finalidade também era de classificar os corpos d'água e atribuir diretrizes para o enquadramento, além de estabelecer condições e padrões de lançamento de efluentes (ANA, 2020).

No entanto, tal revogação da resolução anterior fez-se necessária para contemplar as adequações necessárias à compatibilização com o que foi estabelecido após a PNRH. Além disso, de acordo com a ANA (2020), esta resolução também representa um avanço uma vez que, a partir dela, há o estabelecimento de metas finais a serem alcançadas quando aplicado o enquadramento; podendo ser metas progressivas, intermediárias e obrigatórias.

Ainda é válido ressaltar que o enquadramento não se baseia apenas na Resolução CONAMA 357/2005 (muito embora ela seja importante para o diagnóstico da qualidade da água – “o rio que temos”). Todavia, esse instrumento vai bem mais além da referida resolução, sendo considerado um instrumento de planejamento, ou seja, que trabalha com a visão futura da bacia e permite que se defina a tática a ser utilizada nesse caminho rumo à situação desejada.

3.4 MELHORIAS NA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO CAPIBARIBE, PROGRAMAS E AÇÕES DO PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE PERNAMBUCO E DO PLANO HIDROAMBIENTAL DO RIO CAPIBARIBE

O Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco (PERHPE), assim como todo e qualquer plano de gestão dos recursos hídricos, se constitui como sendo um dos instrumentos de gestão contidos na Política Nacional e Estadual de Recursos Hídricos, conforme já foi apresentado também anteriormente.

Um plano deve ser elaborado com base no princípio da gestão descentralizada e participativa, presente na PNRH, de acordo com a ANA (2022). Para elaboração deste instrumento, inicialmente, parte-se do diagnóstico da situação dos recursos hídricos e da sua gestão, tendo os balanços quantitativos e qualitativos dos trechos de rios como base técnica para fundamentação dos demais elementos no plano.

De acordo com a ANA (2022), estes cinco instrumentos da PNRH se inter-relacionam e, quanto aos planos, foi conferido a atribuição de fundamentar e orientar a implementação e gerenciamento dos demais instrumentos, tanto da PNRH quanto das especificidades contidas na Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH). Sendo assim, quando se trata do enquadramento e qualidade das águas nas bacias hidrográficas pernambucanas, é preciso levar em conta o PERHPE.

No Tomo III do PERHPE (2022), destaca-se que o monitoramento da qualidade da água dos rios pernambucanos é feito pela Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH) juntamente com a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), pelo qual também estão sendo apresentados dados destes órgãos, mais adiante, nos resultados.

Quanto aos pontos de monitoramento da qualidade das águas, na Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe (localizada na Unidade de Planejamento – UP03), o PERH apresenta vinte pontos de coleta e análise, sendo 10 em reservatórios da bacia hidrográfica e 10 em trechos do corpo hídrico, conforme detalhado no Quadro 2.

Quadro 2 – Distribuição dos pontos de monitoramento da qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe

Código de Estação	Código Estadual (CPRH)	Descrição do Ponto
39097000	CB-02	Reservatório Poço Fundo
39112000	CB-03	Reservatório Machado

39114000	CB-05	Reservatório Tabocas/Eng. Gercino Pontes
39136000	CB-07	Reservatório Jucazinho
39145550	CB-13	Reservatório Carpina
39113000	CB-27	Reservatório Oitis
39146000	CB-38	Reservatório Cursai
39159000	CB-54	Reservatório Goitá
39175000	CB-65	Reservatório Tapacurá
39181000	CB-67	Reservatório Várzea do Uma
39145500	CB-10	A jusante da cidade de Limoeiro, no município de Limoeiro.
39150500	CB-40	A jusante da cidade de Paudalho, na ponte da BR-408, no município de Paudalho.
39188700	CB-72	A jusante da cidade de São Lourenço da Mata, no local da antiga Barragem, no município de São Lourenço da Mata.
39170500	CB-60	Na ponte à montante da Usina Tiúma, na captação da COMPESA – Tiúma, no município de São Lourenço da Mata.
-	CB-30	A dois quilômetros à jusante da Usina Petribú, na divisa dos municípios de Carpina e Lagoa de Itaenga.
-	CB-55	Antes do deságue do rio Goitá, no Rio Capibaribe, na divisa dos municípios de São Lourenço da Mata e Paudalho.
-	CB-71	Na captação da Compesa – Castelo, no município de São Lourenço da Mata.
-	CB-80	Na ponte da Av. Caxangá, na cidade do Recife.
-	CB-62	Na ponte da PE-50, à jusante da cidade de Vitória de Santo Antão.
-	CB-95	Na ponte na rua Engo Abdias de Carvalho, na Ilha do Retiro, em frente ao Sport Clube do Recife, na cidade do Recife.

Fonte: Elaborada pelo autor com informações do PERHPE (2022)

Ainda no PERHPE (2022), é apresentado o diagnóstico quanto ao enquadramento das bacias hidrográficas em Pernambuco, em que se destaca o fato de nenhum corpo hídrico no

Estado estar enquadrado conforme a Resolução CONAMA nº 357/05. Sendo assim, de acordo com o Artigo 42 da referida resolução, quando no corpo hídrico ainda não foi aprovada uma proposta de enquadramento, as águas doces são inseridas na categoria de Classe 2. Além disso, a Lei Estadual nº12.984/2005 também institui em seu Art. 14 que, as classes para os corpos hídricos deverão ser estabelecidas por legislações ambientais vigentes (a exemplo a Resolução supracitada).

Entretanto, de acordo com a Seção II da PERH de Pernambuco, o enquadramento deverá apenas ser compatível com os objetivos e metas de qualidade ambiental definidos pelos respectivos Planos Diretores de Recursos Hídricos (Art. 13), atribuindo a responsabilidade para que as Agências de Bacia, no âmbito de sua área de atuação, proponham aos respectivos comitês de bacias hidrográficas o enquadramento de corpos de água em classes segundo os usos preponderantes, com base nas respectivas legislações de recursos hídricos e ambiental, para posterior aprovação pelo CRH (Art. 15).

No âmbito da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe, no que se refere à qualidade da água no rio e em seus afluentes, destaca-se o Plano Hidroambiental do Rio Capibaribe (PHA Capibaribe, 2010) como sendo um instrumento importante que apresenta o cenário atual da bacia, e cenários futuros, distinguidos no aspecto tendencial e sustentável.

O PHA Capibaribe (2010) está dividido em três volumes, sendo eles: I – diagnóstico hidroambiental, II – cenários, III – planos de investimentos (com prazo até 15 anos). Em seu terceiro volume, os planos de investimentos estão distribuídos em três eixos, sendo eles: I – Socioambiental, II – Infraestrutura hídrica, III – Gestão dos recursos hídricos.

Quanto aos planos de investimentos do PHA Capibaribe (2010), é possível analisar algumas ações previstas que, se executadas, contribuirão significativamente para melhoria na qualidade das águas na bacia hidrográfica.

Dentre as 23 ações de investimentos previstas no PHA Capibaribe, o Quadro 3 destaca aquelas que estão diretamente relacionadas com a melhoria na qualidade da água do rio e a indicação se a ações já foi realizada, iniciada ou ainda não foi implementada.

Quadro 3 – Ações de investimentos para melhoria na qualidade da água do rio, previstas no PHA Capibaribe

AÇÃO	SITUAÇÃO		
	Concluída	Iniciada	Não Iniciada
Implantação de parques urbanos municipais na bacia do rio Capibaribe “Janelas para o Rio”		X	
Elaboração de Planos de conservação e uso de entorno de reservatórios na bacia do rio Capibaribe			X
Apoio à Criação de Unidades de Conservação na bacia do rio Capibaribe		X	

Programa de incentivo à criação de Reservas Particulares do Patrimônio Natural na bacia do rio Capibaribe “RPPN amiga da água”			X
Programa produtor de água na bacia do rio Capibaribe (recuperação de áreas degradadas por desmatamento, mineração e erosão; restauração de matas ciliares e nascentes)			X
Recuperação de áreas degradadas por lixões em margens de rios ou áreas estratégicas da bacia do rio Capibaribe		X	
Uso de alternativas simplificadas para o esgotamento sanitário das comunidades difusas da bacia do rio Capibaribe		X	
Plano de monitoramento hidroambiental do rio Capibaribe		X	
Sistema informatizado de acompanhamento e controle de outorgas na bacia do rio Capibaribe			X
Implementação da proposta de referência para enquadramento dos corpos hídricos para a bacia do rio Capibaribe			X
Monitoramento do impacto dos investimentos em saneamento básico, sobre os reservatórios de Jucazinho, Tapacurá e Carpina		X	
Programa de apoio aos municípios da bacia do rio Capibaribe para a gestão hidroambiental		X	
Reuso de esgoto doméstico tratado no aproveitamento hidroagrícola na bacia do rio Capibaribe			X

Fonte: Adaptado pelo autor com informações de Dutra et al. (2020)

Embora a ação de implantação de parques urbanos municipais na bacia do rio Capibaribe “Janelas para o Rio”, já tenha iniciado em alguns municípios, em Limoeiro (área em que se deu o presente estudo), esta ação não foi iniciada até o momento. Assim como outras ações de investimento citadas acima, que foram iniciadas, porém, no âmbito do município de Limoeiro, ainda não aconteceram a implementação das mesmas.

3.4.1 As ações do plano de investimentos, do PHA Capibaribe, e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

A Agenda 2030, da Organização das Nações Unidas (ONU, 2015), contém um conjunto de 169 metas, agrupadas em 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) e que, segundo a ANA (2019), foi resultado de um consenso entre os delegados que representam os Estados-Membros da organização.

Ainda de acordo com a ONU (2015), os 17 ODS são elencados na seguinte ordem: 1- Erradicação da pobreza; 2 - Fome Zero e Agricultura Sustentável; 3 - Saúde e Bem-estar; 4 - Educação de Qualidade; 5 - Igualdade de gênero; 6 - Água Potável e Saneamento; 7 – Energia acessível e Limpa; 8 – Trabalho decente e crescimento econômico; 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura; 10 - Redução das desigualdades; 11 - Cidades e comunidades sustentáveis; 12 – Consumo e produção responsáveis; 13 – Ação contra a mudança Global do clima; 14 - Vida na Água; 15 - Vida Terrestre; 16 – Paz, Justiça e Instituições Eficazes; 17 - Parcerias e meios de implementação.

Dutra et al. (2020), também apontam uma análise entre as ações dos planos de investimentos e sua interação com os ODS's, em que se destacam: Água potável e saneamento (ODS 6), Cidades e comunidades sustentáveis (ODS 11), Consumo e produção responsáveis (ODS 12), Ação contra a mudança global do clima (ODS 13), e, Vida terrestre (ODS 15).

Em relação as metas estabelecidas em cada ODS, foi identificado por Dutra et al. (2020) que, nas ações do plano de investimentos contidas no PHA Capibaribe, foram contempladas as seguintes metas:

- 1.5.1 / 11.5.1 / 13.1.1 – Número de mortes, pessoas desaparecidas e pessoas diretamente afetadas atribuído a desastres por 100 mil habitantes.
- 6.b.1 - Proporção das unidades administrativas locais com políticas e procedimentos estabelecidos e operacionais para a participação das comunidades locais na gestão de água e saneamento.
- 6.1.1 – Proporção da população que utiliza serviços de água potável gerenciados de forma segura.
- 6.2.1 – Proporção da população que utiliza (a) serviços de saneamento gerenciados de forma segura e (b) instalações para lavagem das mãos com água e sabão.
- 6.3.1 - Proporção de águas residuais tratadas de forma segura.
- 6.3.2 - Proporção de corpos hídricos com boa qualidade ambiental.
- 6.4.1 - Alteração da eficiência no uso da água ao longo do tempo.
- 6.5.1 - Grau de implementação da gestão integrada de recursos hídricos (0-100).
- 6.6.1 - Alteração na extensão dos ecossistemas relacionados a água ao longo do tempo.
- 11.4.1 - Total da despesa (pública e privada) per capita gasta na preservação, proteção e conservação de todo o património cultural e natural, por tipo de património (cultural, natural, misto e por designação do Centro do Patrimônio Mundial), nível de governo (nacional, regional e local), tipo de despesa (despesas correntes/de investimento) e tipo de financiamento privado (doações em espécie, setor privado sem fins lucrativos e patrocínios).

- 11.6.1 - Proporção de resíduos sólidos urbanos regularmente coletados e com destino final adequado no total de resíduos sólidos urbanos gerados, por cidades.
- 12.2.2 - Consumo interno de materiais, consumo interno de materiais per capita e consumo interno de materiais por unidade do PIB.
- 15.1.1 - Área florestal como proporção da área total do território.
- 15.1.2 - Proporção de sítios importantes para a biodiversidade terrestre e de água doce cobertos por áreas protegidas, por tipo de ecossistema.
- 15.9.1 - Progressos das metas nacionais estabelecidas de acordo com a Meta 2 de Aichi sobre biodiversidade do Plano Estratégico para a Biodiversidade 2011-2020.

3.5 FATORES QUE ALTERAM A QUALIDADE DA ÁGUA

Ao abordar sobre enquadramento e qualidade da água nos corpos hídricos, um dos principais e mais presentes temas atuais trata sobre a poluição dos mesmos, por diversas fontes poluidoras. Para Reis et al. (2015), o destino final de esgotos tratados é o que caracteriza, usualmente, os corpos hídricos superficiais. Dessa forma, os autores apontam para a necessidade de planejar sistemas de tratamento de efluentes que levem em consideração a capacidade de assimilação dos rios.

Segundo Reis et al. (2015), trazendo essa realidade para o âmbito da bacia hidrográfica (unidade de gestão conforme a Lei das Águas, Lei Federal Nº 9.433/97) avaliar a capacidade de assimilação dos efluentes é algo bastante complexo, uma vez que, existem múltiplos lançamentos com diferentes cargas, ao longo de toda a bacia.

Todavia, de acordo com os mesmos autores, quando os sistemas de tratamento recebem maiores cargas de matéria orgânica, estes, por sua vez, apresentarão maior eficiência na remoção da matéria. Muito embora prevalece a dificuldade em como contemplar todas as demandas de tratamento dos efluentes, em uma bacia hidrográfica, os autores apontam para a necessidade de atender aos padrões de qualidade ambiental, no sistema hídrico como um todo.

Ribas et al. (2022), também destacam que diversos efluentes sem tratamento, ou com tratamento inadequado, também são despejados nos corpos hídricos, sendo uma das principais fontes desses contaminantes no ecossistema.

Ainda de acordo com Ribas et al. (2022), um dos graves problemas atuais é a contaminação dos cursos hídricos por micropoluentes, em que a principal via de entrada no ambiente, principalmente nos ecossistemas aquáticos, é por meio do efluente doméstico,

considerando a elevada carga de matéria oriunda das excreções (humanas e de outros animais), contendo diversas substâncias.

Também designados micropoluentes orgânicos (MPOs), Alves et al. (2016) os definem como sendo um grupo de compostos químicos que estão na composição de remédios, cosméticos, produtos de limpeza, produtos de higiene pessoal, defensivos agrícolas e tantos outros produtos.

Quanto aos remédios e suas respectivas composições químicas, dentre tantos, Ribas et al. (2022) elencam, por exemplo, os produtos farmacêuticos com suas respectivas composições químicas (Quadro 4).

Quadro 4 – Lista de produtos farmacêuticos que constituem micropoluentes

Sigla	Substância	Fórmula Molecular
PCT	Acetaminofeno	$\text{CH}_3\text{CONHC}_6\text{H}_4\text{OH}$
ATE	Atenolol	$\text{C}_{14}\text{H}_{22}\text{N}_2\text{O}_3$
LTD	Loratadina	$\text{C}_{22}\text{H}_{23}\text{N}_2\text{O}_2\text{Cl}$
CFX	Fexofenadina	$\text{C}_{32}\text{H}_{39}\text{NO}_4\text{HCl}$
CAF	Cafeína	$\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$
DFC	Diclofenaco	$\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{Cl}_2\text{NNaO}_2$

Fonte: Elaborada pelo autor com informações de Ribas et al. (2022).

Atentando-se para o detalhe no qual todas as substâncias, acima citadas, apresentam em sua composição química o elemento nitrogênio (N), sendo este o responsável pelos processos de eutrofização no leito do rio, quando apresentado em níveis mais elevados, conforme está sendo descrito nos resultados desse estudo.

Alves et al. (2016) ainda destacam que os MPOs contaminam os ambientes aquáticos porque sua origem é proveniente dos efluentes sanitários e hospitalares, e podem atingir mananciais de águas superficiais ou até mesmo subterrâneas.

O uso do solo para atividades agrícolas e criação de animais também é um fator que está diretamente relacionado com a qualidade da água no rio. De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2019), a agricultura irrigada ainda se configura como a atividade econômica com maior uso de água, no Brasil.

Para a agência, desde os anos 70, quando houve uma intensificação e incentivos para o desenvolvimento da agricultura em todo país, com diversas práticas de irrigação, faz-se necessário refletir atualmente quanto aos impactos causados tanto pelos altos índices de vazão

quanto pelas vastas áreas degradadas para agricultura, sobretudo, à margem de rios, como notoriamente percebe-se no trecho evidenciado nesse estudo.

Sobre a criação de animais e como o uso do solo para estas atividades interferem na qualidade da água, Urban (2015) destaca que os dejetos dos animais resultam na transmissão de agentes patogênicos no solo e na água e que, no corpo hídrico, provocam a eutrofização das águas superficiais e contaminam os lençóis subterrâneos (quando infiltrados no solo). A autora ainda destaca que, desse lançamento de dejetos, o principal componente poluente é o nitrato.

A agricultura também é uma atividade antrópica que insere diversas moléculas orgânicas e metais pesados no solo e, conseqüentemente, parte destes elementos atingem os recursos hídricos (SILVA, 2021). De acordo com o autor, as concentrações de substâncias orgânicas e metais pesados causam desequilíbrio na qualidade ambiental e prejudicam a biota aquática.

Um outro processo de identificação da poluição é a eutrofização, bastante presente em rios que apresentam uma carga excessiva de matéria orgânica (BARRETO et al., 2013).

De acordo com Barreto et al. (2013), atualmente, a eutrofização é tida como um dos maiores problemas relacionados com a qualidade da água, sobretudo devido à proliferação exacerbada de macrófitas aquáticas e algas capazes de liberar substâncias tóxicas, nocivas à saúde.

Segundo Macedo & Sipaúba-Tavares (2010), o processo de eutrofização é decorrente de diversas ações antrópicas, dentre as quais: efluentes domésticos, industriais e agrícolas, incluindo também os efluentes de sistemas de criação de organismos aquáticos.

3.6 INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA

Os indicadores de variação na qualidade da água, na visão de Bollmann & Marques (2000), representam uma aproximação válida com as alterações ambientais considerando que, por meio destes parâmetros, é possível agrupar um grande número de informações, possibilitando a interpretação e entendimento das tendências no espaço temporal.

Para Andrade et al. (2007), a qualidade da água é determinada por fatos naturais, bem como, por diversos fatores antrópicos. Sendo assim, é possível obter um panorama geral ou mais detalhado, quanto à qualidade da água em um corpo hídrico, através de parâmetros biológicos, físicos e químicos.

Muito embora, segundo Bollmann & Marques (2000), uma avaliação ambiental detalhada requer que sejam considerados os compartimentos fundamentais da hidrosfera,

atmosfera e litosfera; nesse estudo foram evidenciados os indicadores para análise da qualidade da água, conforme está sendo apresentado nos tópicos a seguir.

3.6.1 Indicadores biológicos

As águas residuárias provenientes das atividades agrícolas e de residências, além de outras fontes poluidoras, se constituem como sendo uma das principais causas de poluição nos rios, de acordo com Oliveira et al. (2000).

Associado à poluição, podemos identificar alguns organismos bióticos que se desenvolvem em ecossistemas com consideráveis níveis de poluição, sendo denominados bioindicadores de poluição. A presença de algumas espécies, animais, vegetais e microbiológicas, contribuem para avaliação da qualidade ambiental em um ecossistema.

Oliveira et al. (2000), apontam que a espécie vegetal *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms pode ser considerada como uma confiável bioindicadora de poluição hídrica, pois estes organismos sofreram notáveis alterações fisiológicas e em sua composição química, quando inseridos em um ambiente poluído, adaptando-se ao ecossistema antropizado.

Também conhecido por aguapé, baronesa, camalote ou Jacinto d'água, esta planta é caracterizada pela presença abundante de água em sua composição, com aproximadamente 95% deste composto, em raízes, rizomas, estolões, pecíolos, folhas e inflorescências, de acordo com Costa et al. (1998).

Os aguapés apresentam significativas modificações, de acordo com os níveis de poluição. Para Oliveira et al. (2000), quando o ambiente está com baixa ou nenhuma poluição, as plantas apresentam uma cor amarelada e com sistema radicular longo (entre 70 a 80 cm); quando o ecossistema está com elevada poluição, as plantas possuem uma cor esverdeada e sistema radicular menor (com 50 a 70 cm).

Segundo Mess (2006), estas plantas são capazes de se reproduzir massivamente na presença de ambientes contaminados, em decorrência de obter nutrientes necessários para suas atividades metabólicas, crescendo de forma exponencial, durante vários dias, com fases estacionárias.

Além disso, a anatomia destes organismos permite uma fácil absorção dos nutrientes, uma vez que, há presença de câmaras de ar e passagem de gás pelos rizomas, folhas e raízes. Em sua composição morfológica, a epiderme dos aguapés possui camadas de células retangulares (com formato circular para hexagonal), possibilitando maior absorção de nutrientes e gases diretamente da água (BRONZATO, 2016).

Por sua vez, segundo a mesma autora, em decorrência de sua relevante reprodução e crescimento em ambientes poluídos, a presença desse organismo configura-se como sendo um dos indicadores de poluição e má qualidade hídrica.

Enquanto as macrófitas aquáticas são plantas que possuem alta capacidade de adaptação e amplitude ecológica, as microalgas são organismos unicelulares, eucarióticos e fotossintetizantes, e que também absorvem substâncias para o seu crescimento (SILVA et al., 2022). Todos estes organismos contribuem para o processo de eutrofização e, a existência dele, também é um indicador de poluição do corpo hídrico.

Dieter (2009) faz um destaque para um grave problema decorrente da eutrofização: a quebra do equilíbrio ecológico. Esta é uma consequência que resulta da maior produção de matéria orgânica do que o sistema ecológico é capaz de decompor, favorecendo a proliferação em massa destes organismos vivos.

Os principais compostos que são absorvidos por estes organismos no processo de eutrofização são o fósforo e o nitrogênio. Além disso, a eutrofização traz sérios impactos ao ambiente, dentre eles: aumento na concentração de nutrientes, alterações significativas no pH em um período curto de tempo, e aumento da concentração de gases metano e sulfídrico, entre outros (DIETER, 2009).

Sendo assim, um dos indicadores utilizados para análise da qualidade da água por meio de parâmetros biológicos, é o Índice de Estado Trófico (IET) de Carlson (1977), que classifica os corpos hídricos em diferentes graus de trofia, avaliando a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes (BIGUELINI, 2013).

É possível avaliar a qualidade da água por meio do IET, pois com o aumento na abundância de nutrientes também se tem o crescimento excessivo de microalgas ou aumento de infestação por macrófitas aquáticas (SCHMIDT, 2014). Este índice, com o tempo, foi se consolidando como indicador no processo de eutrofização, sobretudo na quantificação de fósforo e nitrogênio no corpo hídrico.

Ainda pode-se destacar um outro indicador biológico de qualidade da água: a presença de coliformes totais, um grupo de microrganismos (bactérias) fermentadores, capazes de realizar atividades metabólicas até próximo dos 35°C, de acordo com Souza (2012).

Para a autora, a definição de coliformes totais é um pouco semelhante a coliformes termotolerantes e referem-se, em especial, aos microrganismos fermentadores presentes no corpo hídrico.

Todavia, Carnellosi (2007) afirma que os coliformes termotolerantes, diferente dos totais, reproduzem-se ativamente a uma temperatura aproximada de 44,5°C, e são originários

do trato intestinal de mamíferos. Atualmente, o grupo de coliformes termotolerantes inclui quatro gêneros: *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella*; sendo apenas o primeiro de origem fecal (termotolerante).

Entre as diversas bactérias termotolerantes, a mais conhecida e predominante nos rios é a *Escherichia coli* (*E. coli*), sendo considerada como o melhor bioindicador de contaminação do corpo hídrico por fezes e possível presença de bactérias patogênicas, de acordo com Souza (2012). Uma vez que, havendo o despejo inadequado de esgotos domésticos no corpo hídrico, por consequência, haverá a contaminação do mesmo por estes coliformes.

Além de ser um indicador direto da contaminação por origem fecal, a presença de *E. coli* em águas superficiais também aponta para um outro problema, que trata sobre a resistência destes organismos aos principais antimicrobianos; que é consequência do amplo uso de antimicrobianos no combate de doenças infecciosas em seres humanos, demais animais e agricultura (MALAGI, 2018).

Carnellosi (2007) ainda enfatiza que a presença destas bactérias fecais na água desperta não apenas para a preocupação quanto a predominância de termotolerantes e o perigo à saúde, mas também para a existência de outros organismos patogênicos em decorrência dos elevados índices de contaminação.

3.6.2 Índice de Qualidade da Água IQA-CCME

Muito embora o presente estudo fez uso do Programa Observando Os Rios (discriminado no tópico a seguir), para obtenção do IQA, é importante abordar um pouco sobre o IQA-CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment), o Índice de Qualidade da Água elaborado pelo Conselho Canadense para o Meio Ambiente, considerado referência mundial nas metodologias aplicadas para monitoramento de qualidade da água, de acordo com Lima et al. (2011).

De acordo com Almeida & Oliveira (2013), a vantagem em utilizar o IQA-CCME, da mesma forma que outros índices, é por tratar-se de uma ferramenta que busca apresentar os resultados de qualidade da água de uma maneira mais simples e que possibilite uma maior compreensão a quem está fazendo a análise dos resultados obtidos.

Diferente de alguns outros índices, no IQA-CCME, os parâmetros, padrões e período de tempo que são utilizados para realizar o cálculo de qualidade da água não são especificados. A escolha destes parâmetros se dá pelo julgamento profissional do usuário, considerando aspectos de determinada região e a necessidade ou não de uso de alguns parâmetros, bem como,

delimitação de tempo e intervalos (ALMEIDA & OLIVEIRA, 2013). Ou seja, para quem está realizando o monitoramento, requer selecionar os parâmetros que convirjam com os objetivos e número suficiente de informações a fim de que se possa fazer uma análise assertiva da qualidade da água no corpo hídrico. Para isso, as autoras ainda destacam que, aplicando o IQA-CCME, é preciso definir o tempo, parâmetros, variáveis e objetivos; antes do índice ser calculado.

Mesmo que seja um índice cuja escolha de parâmetros, tempo e intervalos seja feita pelo profissional que o está aplicando, o IQA-CCME exige pelo menos quatro campanhas de monitoramento e, no mínimo, quatro parâmetros a serem analisados em cada ponto; por se tratar de um índice estatístico. Almeida & Oliveira (2013) destacam que, devido à flexibilidade em adoção deste índice, sua adoção torna-se favorável em variadas regiões, conforme as condições de cada local.

Os principais parâmetros utilizados para obtenção do IQA-CCME são: temperatura da água, pH, turbidez, sólidos totais, fósforo total (com limites para ambientes lóticos), nitratos, OD, DBO e coliformes fecais totais. Ainda podendo também serem analisados: bário total, cádmio total, chumbo total, cobre dissolvido, cromo total, ferro dissolvido, manganês total, níquel total e zinco total (LIMA et al., 2011).

Mediante a obtenção destes parâmetros, é possível classificar o corpo hídrico, de acordo com o enquadramento em escalas de categorias do IQA-CCME, sendo elas: excelente (95 – 100), bom (80 – 94), mediana (65 – 79), marginal (45 – 64) ou ruim (0 – 44), conforme destacam Almeida & Oliveira (2013).

O cálculo para obtenção do IQA-CCME pode ser realizado por meio de *softwares* ou pela aplicação de fórmulas específicas, não sendo objeto do presente estudo, uma vez que foi adotado um outro método de indicação do IQA no rio Capibaribe, e que está sendo explicitado a seguir.

3.6.3 Indicadores de Qualidade da Água utilizados no Programa Observando Os Rios da Fundação SOS Mata Atlântica

A Fundação SOS Mata Atlântica é uma organização não-governamental, criada no final dos anos 80, que tem por missão a preservação da fauna e flora do bioma Mata Atlântica, por meio de programas e ações que promovem o desenvolvimento sustentável. Dentre estas intervenções, atualmente, a organização executa o Programa Observando Os Rios, que reúne

comunidades mobilizando-as para uma maior conscientização quanto a qualidade da água nos corpos hídricos da região em que vivem (SOS Mata Atlântica, 2023).

O programa envolve diversos voluntários, espalhados por todo o país, que recebem um kit (com vidrarias e reagentes químicos) para realização da coleta e análise da qualidade da água. Feito mensalmente, o monitoramento de pontos específicos nos corpos hídricos, possibilita que a instituição apresente a toda sociedade brasileira um panorama geral no que se refere a qualidade das águas nas bacias hidrográficas brasileiras.

Desde o início do programa, em 1993, já foram mobilizadas mais de 21 mil pessoas no envolvimento com as ações de monitoramento da qualidade das águas em diversos rios que estão dentro do bioma Mata Atlântica; e, até o final do mês de dezembro de 2022, o programa contou com a participação de 3.500 voluntários, 250 grupos de coleta, 301 pontos para coleta e análise, distribuídos em 230 rios, espalhados em 105 municípios e 16 estados mais o Distrito Federal (SOS Mata Atlântica, 2023).

Quanto aos indicadores utilizados para monitoramento da qualidade da água, o Programa Observando Os Rios utiliza os seguintes parâmetros:

- físicos (clima, temperatura ambiente, temperatura da água, turbidez, presença de espumas na água, presença de lixo flutuante na água, cheiro, material sedimentável);
- biológicos (presença de peixes, larvas e vermes vermelhos, larvas e vermes transparentes ou escuros, conchas, coliformes); e,
- químicos (oxigênio dissolvido – OD, demanda bioquímica de oxigênio – DBO, potencial hidrogeniônico – pH, nitrogênio e fósforo).

A medição, conforme parâmetros indicados, e obtenção do resultado final quanto à qualidade da água está sendo descrita mais adiante, em materiais e métodos.

3.7 A BACIA HIDROGRÁFICA E O RIO CAPIBARIBE

A Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe está inserida na Unidade de Planejamento 03 (UP03), localizada na porção norte-oriental do Estado de Pernambuco. De acordo com a APAC (2023), esta bacia faz divisa ao norte com o Estado da Paraíba, com a Bacia Hidrográfica do Rio Goiana (UP01) e com o Grupo de Bacias de Pequenos Rios Litorâneos 1 – GL1 (UP02).

Ao sul, segundo a APAC (2023), a Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe faz divisa com a Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca (UP05) e o Grupo de Bacias de Pequenos Rios Litorâneos 2 – GL2 (UP04); ao leste, com o Oceano Atlântico; e, ao oeste, com o Estado da Paraíba e com a Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca, conforme observa-se na Figura 3.

Figura 3 – Mapa das Unidades de Planejamento Hídrico definidas no Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco (PERH/PE), 2022



Fonte: APAC, 2023

Com 7.454,88 km² de área, o que corresponde a 7,58% da área do Estado de Pernambuco, a Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe abrange 42 municípios pernambucanos e, em sua divisão político-administrativa, possui municípios totalmente inseridos, outros com suas sedes administrativas dentro da bacia, e ainda municípios parcialmente inseridos, conforme o Quadro 5 apresenta.

Quadro 5 – Relação de municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe

Localização na Bacia	Municípios
Inseridos na Bacia	Brejo da Madre de Deus, Chã da Alegria, Cumaru, Feira Nova, Frei Miguelinho, Glória do Goitá, Jataúba, Lagoa do Itaenga, Passira, Santa Cruz do Capibaribe, Santa Maria do Cambucá, Surubim, Toritama, Vertentes e Vertente do Lério.
Com sede na Bacia	Camaragibe, Casinhas, Limoeiro , Paudalho, Pombos, Recife, Riacho das Almas, Salgadinho, São Lourenço da Mata, Taquaritinga do Norte e Vitória de Santo Antão.

Inseridos parcialmente na Bacia	Belo Jardim, Bezerros, Bom Jardim, Carpina, Caruaru, Chã Grande, Gravatá, João Alfredo, Lagoa do Carro, Moreno, Pesqueira, Poção, Sanharó, São Caetano, Tacaimbó e Tracunhaém.
--	--

Fonte: Elaborado pelo autor com informações da APAC (2023).

Quanto às características climáticas na Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe, Melo et al. (2020) diferenciam condições diversas, em decorrência da extensão territorial desta bacia, pelo qual afirmam ser de clima quente e semiárido (no alto e médio curso) e quente e tropical úmido (no baixo curso), com chuvas irregulares e acumuladas em poucos meses do ano, baixa umidade e elevada taxa de evaporação.

O rio Capibaribe é o principal rio da bacia hidrográfica que recebe este mesmo nome e nasce no limite entre os municípios de Jataúba e Poção, possuindo aproximadamente 280km de extensão, da nascente à sua foz (na cidade do Recife). Além de delimitar os municípios em sua nascente, este rio ainda contribui para definição dos territórios dos municípios de Santa Cruz do Capibaribe e Brejo da Madre de Deus, passando também pela sede de outros municípios e vários centros urbanos (APAC, 2023).

De acordo com a APAC (2023), o rio Capibaribe possui direção sudeste-nordeste até as proximidades do município de Santa Cruz do Capibaribe, em que altera sua direção para o sentido oeste-leste.

Além disso, é um rio que apresenta regime fluvial intermitente, em seus alto e médio curso, tornando-se perene somente a partir do município de Limoeiro, onde inicia o seu baixo curso. Segundo Caetano et al. (2020), nas regiões em que o Capibaribe é intermitente, é caracterizado por embasamento cristalino e com relevos superiores a 400 metros, apresentando considerável déficit hídrico.

Em seu trecho urbano no município de Limoeiro, o rio Capibaribe possui águas perenes e apresenta dois cenários distintos quanto à disponibilidade e qualidade da água em seu leito. À montante da sede do município, o rio possui maior abundância de água (devido ao represamento em propriedades rurais e no próprio leito do rio) e, aparentemente, uma qualidade de água com índices regulares. Enquanto à jusante, em todo seu curso urbano, nota-se que a quantidade da água é menor e a qualidade caracteriza-se como sendo de péssima qualidade (conforme dados obtidos através do programa Observando Os Rios, da Fundação SOS Mata Atlântica).

Por onde passa, o rio Capibaribe é utilizado como corpo hídrico receptor de águas residuais domésticas e advindas de diversos tipos de indústrias (especificamente nos centros

urbanos), bem como, utilizado para atividades agrícolas (sobretudo nas zonas rurais). Para isso, Carvalho et al. (2021) destacam que o rio tem sofrido a intensa retirada da mata ciliar, o lançamento irregular de efluentes e o depósito inadequado de resíduos sólidos, ao longo dos anos.

Quanto ao descarte de resíduos sólidos no Capibaribe, fazendo um recorte para o município de Limoeiro, Rodrigues et al. (2020), apontam que 0,09% dos munícipes descartam de algum modo seus resíduos diretamente no rio.

Cortando completamente a sede do município de Limoeiro, fato este que tornou o município conhecido por Princesa do Capibaribe na região do agreste pernambucano, o rio Capibaribe recebe efluentes oriundos de esgotos domésticos, estabelecimentos comerciais, órgãos públicos e privados, pequenas fábricas próximas a ele.

Atrelado a esta questão, se observa um significativo desmatamento da sua mata ciliar, em vários pontos do trecho urbano, sobretudo para realização de atividades agrícolas e criação de animais, por parte de alguns munícipes, residentes ou não, à margem do rio, e que fazem uso do solo para sua subsistência.

Todos estes fatores corroboraram para que, ao longo do tempo, além do aparecimento e reprodução de alguns bioindicadores de poluição, especificamente grandes populações de baronesas (*Eichornia crassipes*), outros fenômenos também ocorreram nos últimos anos e que trouxeram um alerta maior quanto a necessidade de cuidado com o rio. Dentre estes fatos, destacam-se o processo de eutrofização trófica e elevados índices de mortandade de peixes, no trecho estudado.

Entretanto, não apenas efluentes são despejados no Capibaribe, mas detectam-se diversos outros corpos hídricos que desembocam suas águas no leito do principal rio desta bacia hidrográfica, que estão sendo elencados no Quadro 6.

Quadro 6 – Relação de afluentes do rio Capibaribe

Margem direita	Riacho do Mimoso, riacho Tabocas, riacho da Onça, riacho Carapatós, riacho das Éguas, riacho Caçatuba, riacho Batatã, rio Cotumgubá, rio Goitá e rio Tapacurá.
Margem esquerda	Riacho Jataúba, riacho Doce, riacho Topada, riacho do Manso e riacho Cajaí.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor com informações da APAC (2023)

Dessa forma, passando por vários municípios pernambucanos, recebendo diversos afluentes e descarte inadequado de águas residuais e resíduos sólidos, o rio Capibaribe apresenta

realidades e cenários distintos, ao longo de sua extensão, no que se refere à disponibilidade hídrica e qualidade das suas águas.

3.8 O COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIBARIBE E SUA IMPORTÂNCIA

Os conflitos relacionados ao uso da água estão presentes em todas as civilizações, desde a organização da humanidade em sociedade, sendo diferentes apenas nas formas como buscamos enfrentá-los e solucioná-los em cada época e região (ANA, 2011).

De acordo com a ANA (2011), no século passado, por volta dos anos 70, os debates sobre as problemáticas ambientais começaram a ganhar mais notoriedade e, nos anos subsequentes, diversos encontros, conferências e fóruns foram realizados (mundialmente e localmente).

A partir desses processos de reflexão e ação para os problemas ambientais, aqui no Brasil, passou-se a discutir e fundamentar um conjunto de leis para a gestão ambiental, inclusive dos recursos hídricos (ANA, 2011).

Nesse contexto legal, surgiram os comitês de bacia hidrográfica e os conselhos de recursos hídricos como espaços colegiados para consulta à sociedade antes da tomada de decisões. Constituídos por representações de três segmentos (poder público, usuários da água e sociedade civil organizada), os comitês de bacia hidrográfica possuem atribuições consultivas, deliberativas e propositivas (ANA, 2011).

De modo geral, a estrutura organizacional dos comitês é composta por plenário, diretoria e câmaras técnicas (CTs), além de grupos de trabalho (GTs) quando instituídos a critério de alguns colegiados. A quantidade de membros do plenário e percentual de representações por cada segmento é determinada pelo estatuto ou regimento interno de cada comitê, bem como, todas as diretrizes para o seu pleno funcionamento (ANA, 2011).

Segundo a PNRH, sendo a bacia hidrográfica a unidade territorial para gestão de recursos hídricos, em cada uma delas instalar-se-á um comitê de bacia. Podendo ser um comitê no âmbito estadual (quando a bacia abrange apenas territórios inseridos em uma única unidade federativa) ou federal (quando a bacia abrange territórios inseridos em duas ou mais unidades federativas).

Foi nessa perspectiva que, em 23 de março de 2007, foi constituído o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe (COBH Capibaribe), conforme demonstrado na Figura 4, sendo

homologado por meio da Resolução nº 07/2007 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco em 08 de maio do mesmo ano, de acordo com informações da APAC (2023).

Figura 4 – Registro fotográfico da reunião de fundação do COBH Capibaribe, em 23 de março de 2007



Fonte: APAC, 2023

Possuindo 45 vagas para membros titulares e seus respectivos suplentes, sendo 40% dessas vagas (correspondente a 18) destinadas para representações dos poderes públicos, 20% das vagas (equivalente a 09) são garantidas para representações da sociedade civil organizada e 40% das demais vagas (que corresponde a 18) contemplam representantes de usuários da água. O mandato no COBH Capibaribe é correspondente a 3 anos (trienal), podendo haver recondução dos representantes de cada segmento/instituição, sendo escolhidos por eleição direta, conforme observa-se na Figura 5 (APAC, 2023).

Figura 5 – Registro fotográfico de uma reunião de eleição e posse para composição do COBH Capibaribe, no triênio 2017-2020



Fonte: APAC, 2023

Atualmente, de acordo com a APAC (2023), o CBH Capibaribe possui 26 instituições membro, sendo 13 de representação dos poderes públicos, 09 de membros representantes da sociedade civil organizada e 06 representações de usuários da água.

Quanto a sua importância para a gestão das águas na bacia, inclusive para o monitoramento da qualidade da água, o CBH Capibaribe é um colegiado de natureza consultiva e deliberativa, que dentre as suas atribuições pode-se destacar a aprovação do enquadramento (quando houver) da bacia, encaminhando ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos, para sua homologação, conforme consta em seu Estatuto Social.

Além disso, através das CTs e GTs, o CBH Capibaribe também realiza ações de acompanhamento da situação da bacia hidrográfica, estando atualmente com a Câmara Técnica de Meio Ambiente e Saneamento (CTMAS) em plena atividade, inclusive com a realização de estudos voltados para o saneamento dos municípios inseridos na bacia (APAC, 2023).

3.9 A AMATUR ONG E SUA ATUAÇÃO EM DEFESA DO RIO CAPIBARIBE

A Sociedade de Apoio ao Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Amatur Ong) é uma instituição sem fins lucrativos, segundo seu Estatuto Social, que foi fundada em 19 de março de 1998, estando sediada no município de Limoeiro.

De acordo com o Estatuto Social, essa instituição tem por finalidade a prestação de serviços à comunidade, com vista para o desenvolvimento local e sustentável, buscando alternativas viáveis para conservação do meio ambiente.

Ao longo dos anos, a Amatur Ong vem desenvolvendo diversos projetos e atividades voltadas para a preservação e revitalização do rio Capibaribe, com um enfoque especial para o plantio de mudas de espécies nativas, às margens do rio, e com o trabalho de Educação Ambiental que é realizado por membros voluntários em parceria com as escolas do município.

Assumindo esse protagonismo na gestão ambiental do município, por meio do terceiro setor, a instituição colabora para o desenvolvimento da Ciência Cidadã. De acordo com Luís (2022), embora o termo Ciência Cidadã tenha assumido múltiplas vertentes, desde o seu surgimento por volta dos anos 90, pode ser compreendido como uma abordagem mais democrática e participativa, em que a sociedade em geral envolve-se em atividades de investigação científica, contribuindo para o progresso da Ciência.

A partir do ano de 2020, a instituição firmou parceria com a Fundação SOS Mata Atlântica, por meio do Programa Observando Os Rios, para recebimento de todo material

necessário para realização das atividades de coleta, análise e monitoramento da qualidade da água, conforme observa-se na Figura 6.

Figura 6 – Registro fotográfico de monitores da instituição juntamente com estudantes da rede pública estadual de Limoeiro, realizando a análise da qualidade da água à margem do rio Capibaribe



Fonte: Acervo da Amatur ONG (2021)

O trabalho que vem sendo desenvolvido, por meio do Programa Observando Os Rios, que requer a aplicação de experimentos para obtenção da qualidade da água do rio Capibaribe, atrelado ao fornecimento dos resultados para o sistema do programa, com análise dos dados e divulgação, é por si o desenvolvimento de um trabalho científico realizado na Amatur Ong, e que envolve não apenas pesquisadores e profissionais do setor de recursos hídricos, mas também estudantes da Educação Básica e demais interessados que fazem parte da sociedade.

Para Rumenos & Faciolla (2019), o interesse pelo tema e a busca por ações que ao menos minimizem os impactos já existentes, são fatores que promovem a interação entre gestores ambientais, pesquisadores e o público leigo, promovendo, portanto, o conhecimento científico de forma mais participativa.

Atualmente, a instituição também faz parte do COBH Capibaribe como membro titular por diversos mandatos, tendo uma reconhecida atuação por todo trabalho desempenhado localmente em defesa do rio Capibaribe.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo classifica-se, quanto à sua abordagem, como sendo uma pesquisa quali-quantitativa (ou também denominada mista), uma vez que, envolveu a interpretação de dados estatísticos, referentes ao atual cenário de qualidade da água em que se encontra o rio Capibaribe no trecho estudado, como também a percepção dos fatores que corroboraram para este cenário. De acordo com Gerhardt & Silveira (2009), empregar o método quali-quantitativo no estudo possibilita que se obtenha mais informações do que se poderia recolher de forma isolada.

Quanto à sua natureza, este estudo foi classificado como sendo uma pesquisa aplicada, pois na visão de Gerhardt & Silveira (2009) através dos resultados gerados é possível obter conhecimentos para aplicação prática que vise a solução dos problemas detectados.

No que se refere aos objetivos do presente estudo, a pesquisa foi classificada como sendo explicativa, segundo Gerhardt & Silveira (2009), uma vez que se identificou os fatores que contribuíram para obtenção de dados referentes à qualidade da água do rio Capibaribe, no trecho estudado.

Por fim, quanto aos procedimentos, este estudo é do tipo experimental, pois consistiu em determinar um objeto de estudo (apresentado no início), realizado em campo, onde foram criadas condições para manipulação experimental e obtenção dos dados referentes à qualidade da água do rio Capibaribe, no trecho estudado (GERHARDT & SILVEIRA, 2009).

Nos tópicos abaixo estão sendo apresentadas informações sobre a área selecionada para realização do estudo, bem como, a metodologia aplicada para obtenção dos resultados referentes à coleta e métodos utilizados para revisão de literatura.

4.1 SISTEMATIZAÇÃO DAS ETAPAS DO ESTUDO POR MEIO DA APLICAÇÃO DO CICLO PDCA

Por estar inserido em um programa voltado para gestão de recursos hídricos, o presente estudo fez uso da ferramenta PDCA para desenvolvimento de todo trabalho. O Ciclo PDCA é bastante utilizado quando se busca aplicar metodologias que atinjam, com qualidade, os resultados almejados. De acordo com Fonseca & Miyake (2006), PDCA corresponde a abreviatura de *Plan, Do, Check, Action*. Ou seja, em português, respectivamente: Planejar, Realizar, Verificar e Atuar. Os autores ainda apontam que esta ferramenta metodológica pode estar diretamente vinculada a utilização do conhecimento para solução de problemas.

Embora tenha sido criado há um século, pelo engenheiro estatístico americano Walter A. Shewart, somente a partir dos anos 50, esta ferramenta foi amplamente disseminada pelo mundo, através de William Edward Deming. Fato este que contribuiu para que o método PDCA também seja conhecido por Ciclo de Deming (LOPES & ALVES, 2020).

O Ciclo PDCA é um método muito utilizado para solução de problemas, nos mais variados âmbitos dos processos de gestão, pois após a execução de cada etapa deste ciclo, e sua conclusão, espera-se que ocorram processos evolutivos que contribuam para melhoria na qualidade (LOPES & ALVES, 2020).

Esta ferramenta tem por objetivo exercer o controle de processos, e pode ser aplicado continuamente para seu gerenciamento em organizações ou realizações de atividades, através de diretrizes de controle para cada etapa do ciclo (PACHEDO et al., 2012).

No caso do presente estudo, buscou-se aplicar o Ciclo PDCA fazendo associação com os conhecimentos relacionados à temática de qualidade da água para que, ao final, busque-se contribuir para solução dos problemas que mais adiante estão sendo descritos nos resultados desta pesquisa. A figura 7 demonstra como é possível aplicar o Ciclo PDCA na busca pela solução de problemas.

Figura 7 – Diagrama com etapas do Ciclo PDCA



Fonte: Bueno et al. (2013, p. 4)

Nesse estudo, foi aplicado o Ciclo PDCA da seguinte maneira:

Planejamento: Após investigação e identificação de uma situação-problema (a qualidade da água no rio Capibaribe, em um trecho urbano do município de Limoeiro), foi elaborado um plano de ações visando a realização da pesquisa.

Verificação: Nesta etapa do Ciclo PDCA, buscou-se a verificação em atividades diversificadas. Primeiramente, com o levantamento de informações na literatura, por meio de revisão bibliográfica em produções científicas que abordaram a temática de gestão de recursos hídricos. Paralelamente, também foram realizadas coletas *in loco*, para análises da qualidade da água, que foram processadas na plataforma do Programa Observando Os Rios, para obtenção dos resultados quanto a qualidade da água no trecho do rio Capibaribe, evidenciado nesse estudo.

Realização: Após verificadas as condições atuais deste trecho do rio Capibaribe, foram feitas as comparações dos resultados obtidos em cada coleta e análise, com base nos dados de monitoramento obtidos na CPRH/APAC e classificação proposta pela Resolução CONAMA 357/2005, buscando ter-se um panorama da condição do rio, quanto ao enquadramento e qualidade da água, no espaço temporal.

Ação: Por fim, como forma de atuação e contribuição na busca pela solução da situação-problema, buscou-se com esse estudo apresentar (como produto final) a elaboração de uma cartilha educativa contendo informações sobre o tema e os resultados obtidos, além de uma avaliação da qualidade da água do rio Capibaribe, considerando o trecho em que foi desenvolvido o estudo, com a finalidade de contribuir para as futuras discussões e estudos quanto a atualização do enquadramento na Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe, levando em consideração as peculiaridades intrínsecas no rio principal e em seus afluentes.

4.2 ETAPA DE VERIFICAÇÃO DO CICLO PDCA

Para a produção de todo e qualquer trabalho científico, é necessário a realização de um estudo prévio envolvendo o assunto que está sendo abordado, também denominado de revisão bibliográfica (ALVES, 2015). Neste levantamento bibliográfico, se faz necessário inserir os autores mais relevantes sobre o tema, principais ideias e publicações, tais como as diferentes visões e abordagens, conforme já apresentado no capítulo anterior.

De acordo com Sampaio & Mancini (2007), realizar a revisão bibliográfica constitui-se como um passo inicial para a prática baseada em evidências, uma vez que, para avançar na execução das etapas seguintes e dos demais capítulos do trabalho científico requer a

fundamentação teórica alicerçada em produções científicas anteriores cujos temas sejam convergentes.

Na visão de Echer (2001), realizar uma abrangente revisão bibliográfica sobre o tema da pesquisa contribui para delimitação da unidade de leitura, ou seja, colabora para definição exata do que se optou por pesquisar no contexto da respectiva temática; além disso, também auxilia na captação de fontes de ideias para novas investigações, orientação em relação ao que está sendo buscado, percepção de temas e situações em que há pouca abordagem na literatura, podendo ser mais um trabalho científico a contribuir para aprofundamento no tema.

Existem especificamente três maneiras distintas para realizar uma pesquisa bibliográfica, segundo Alves (2015), sendo elas: narrativa, sistemática e integrativa. O presente estudo foi realizado com base na revisão bibliográfica integrativa considerando que este método é mais abrangente, podendo incluir abordagens de ferramentas quantitativas e qualitativas, além de analisar as informações de outros estudos científicos, antes de utilizá-los, de forma preestabelecida.

Alves (2015) ainda aponta quanto à necessidade em realizar uma boa revisão bibliográfica a fim de que se possa obter qualidade no trabalho científico que está sendo produzido e para isto, portanto, atribuir critérios para seleção de autores e conteúdos, antes de utilizá-los na revisão bibliográfica.

4.2.1 Critérios de Inclusão e Exclusão

Estabelecer critérios de inclusão e exclusão é uma prática padrão e necessária para elaboração de protocolos de pesquisa que atendam às necessidades daquilo que está sendo investigado, de acordo com convergência de tema e demais aspectos. Segundo Patino & Ferreira (2018), é muito importante que, durante a investigação científica, o pesquisador não apenas defina estes critérios adequados a elaborarem um estudo, mas que também sejam analisadas como as decisões podem interferir na veracidade e validação externa do estudo.

Como critérios de inclusão na revisão bibliográfica desse estudo foram consideradas todas as publicações científicas que abordaram conteúdos voltados para o enquadramento de corpos hídricos, as legislações vigentes voltadas para o tema (PNRH e Resoluções do CNRH, PERH de Pernambuco e Resoluções do CERH de Pernambuco, Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe, Resolução CONAMA nº 357/2005), aspectos relevantes sobre a bacia hidrográfica e o Rio Capibaribe, e ainda, parâmetros utilizados para obtenção de indicadores de qualidade da água.

Também é importante destacar que todas as produções utilizadas na revisão bibliográfica desse estudo, foram obtidas de livros, da Revista de Gestão de Água da América Latina (REGA), da Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH), da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações, da Biblioteca Eletrônica Científica Online (SciELO), além de informações obtidas diretamente nos sites da APAC e Fundação SOS Mata Atlântica. Ainda foram selecionados artigos científicos, com temáticas pertinentes aos assuntos desse estudo, e que foram publicados em anais de eventos promovidos pela Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRHidro).

Todos os demais trabalhos científicos encontrados, e que não se adequaram aos critérios estabelecidos para inclusão na revisão bibliográfica deste estudo, foram desconsiderados.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO

Embora a Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe envolva 42 municípios pernambucanos, conforme já foi apresentado na revisão bibliográfica, o presente estudo teve por objeto de pesquisa o diagnóstico da qualidade da água do rio Capibaribe (principal rio da bacia), em um trecho urbano no município de Limoeiro.

Limoeiro é um município localizado na região agreste do Estado de Pernambuco, distante da capital (Recife) a 77 quilômetros. Atualmente, conta com uma população de 56.410 habitantes, cujo maior percentual de concentração encontra-se na zona urbana, correspondendo a 80,4% de toda população, enquanto na zona rural reside apenas 19,6% da população (LIMA et al., 2022).

Este fato supracitado é importante de ser destacado, uma vez que, o rio Capibaribe atravessa toda a área que compreende a zona urbana e sede do município, de onde recebe diversos efluentes de origem das residências, comércio e indústrias locais, além das atividades agrícolas desenvolvidas à sua margem, com o desmatamento da mata ciliar.

Ainda sobre características geográficas da área do estudo, destaca-se que o município está inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, com uma altitude aproximada de 138m, e limita-se a norte com Vicência, a sul com Passira e Feira Nova, a leste com Carpina, Lagoa do Carro e Feira Nova, e a oeste com Salgadinho, João Alfredo e Bom Jardim (BRAGA et al., 2020). A figura 8 destaca o município de Limoeiro, na Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe.

Figura 8 – Localização geográfica de Limoeiro na Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe



Fonte: Aragão (2013, p. 22)

Com exceção de Vicência, todos os demais municípios que fazem limite com Limoeiro estão inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe (de forma integral ou parcial), sendo necessário este destaque pois, os municípios que estão à montante contribuem para o resultado na qualidade da água do rio Capibaribe em Limoeiro.

Da mesma forma que, à jusante, a qualidade da água do rio Capibaribe sofre influências diretas de como o rio é tratado em Limoeiro.

Em Limoeiro, o ponto escolhido para coleta e monitoramento da água fica localizado próximo a passagem molhada que faz a ligação entre os bairros da Congal e Pirauíra, cuja coordenada geográfica UTM referenciada acha-se a 7°53'16"S e 35°27'42", com altitude aproximada de 130m.

Justifica-se a seleção desse ponto para o monitoramento tendo em vista estar localizado numa de transição entre o final de uma comunidade rural e início da área urbana, em que se percebeu o lançamento de diversos tipos de efluentes, oriundos tanto das atividades agrícolas quanto dos esgotos domésticos e comerciais.

Além disso, considerando que as ações de monitoramento foram feitas em parceria com a Amatur Ong, por meio do Programa Observando Os Rios, cuja Fundação SOS Mata Atlântica fornece material (reagentes químicos e vidrarias) para apenas um ponto de coleta e análise, tendo em vista que esse programa contempla centenas de rios e grupos de pesquisadores em todo território nacional. A figura 9 apresenta o local escolhido como ponto de coleta.

Figura 9 – Local selecionado para o ponto de coleta para monitoramento da qualidade da água no Rio Capibaribe, em Limoeiro PE



Fonte: RICARDO RODRIGUES (2022)

A escolha deste ponto, na área de estudo, também se deu por ser um local com fácil acesso para realização das coletas e análise *in loco* (conforme processos metodológicos descritos no próximo tópico).

Destaca-se que, neste ponto há o represamento de considerável volume de água do rio, em decorrência de uma passagem molhada, o que possibilita obter resultados mais confiáveis quanto à qualidade da água, considerando que no intervalo de uma coleta para outra não há muita diferença nas condições físico-químicas, biológicas e de fluxo hídrico.

Além da escolha do ponto para o monitoramento, coleta e obtenção dos dados, na etapa final do presente estudo, também foi realizado um voo de drone (modelo Drone Portátil DJI Mini 2), com o intuito de identificar as principais fontes poluidoras no trecho urbano do rio Capibaribe, em Limoeiro.

Considerando os resultados da qualidade da água, que estão sendo apresentados mais adiante, sentiu-se a necessidade de também identificar pontos no rio Capibaribe em que há o

lançamento nítido de efluentes, o desmatamento exacerbado da mata ciliar e o relevante acúmulo de resíduos sólidos às margens; fatores que corroboram para o agravamento na qualidade das águas do rio.

Sendo assim, foram capturadas imagens aéreas em todo trecho urbano no rio Capibaribe em Limoeiro, totalizando aproximadamente 3km de extensão, cujas principais imagens constam nos resultados desse estudo.

4.4 PERÍODO E COLETAS

As coletas e análises da qualidade da água, no trecho escolhido, aconteceram no período de setembro/2021 a dezembro/2022; totalizando 14 coletas, que ocorreram com intervalos mensais, com exceção para os meses de maio e junho de 2022, em decorrência do período chuvoso em que, após um intervalo de onze anos, aconteceram cheias no rio Capibaribe, impossibilitando a realização do trabalho, mediante está sendo apresentado nos resultados desse estudo, mais adiante.

Todas as ações de coleta e análise foram realizadas com uso de vidrarias, reagentes e escalas colorimétricas (para indicação dos resultados de cada parâmetro físico-químico e alguns biológicos) fornecidos pela Fundação SOS Mata Atlântica, por meio do Programa Observando os Rios, que é desenvolvido no município de Limoeiro em parceria com uma Ong ambiental que promove ações em defesa do rio Capibaribe.

A Amatur Sociedade de Apoio Ao Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Ong ambiental parceira da SOS Mata Atlântica, é uma instituição sem fins lucrativos, fundada em 1998 e sediada no município de Limoeiro.

Com projetos voltados para a defesa e revitalização do rio Capibaribe, a instituição conta com um quadro de voluntários que contribuem na realização das atividades, dentre elas: o monitoramento da mensal da qualidade da água do rio Capibaribe, no trecho escolhido. Pelos quais, foi possível obter os resultados.

Além disso, é importante destacar que, durante a realização das coletas sempre foram utilizadas luvas e demais equipamentos de proteção individual, considerando a exposição à água contaminada por esgotos domésticos e demais efluentes, como medida de biossegurança, conforme protocolos orientados pelo Programa Observando Os Rios.

Da mesma forma, antes de realizar a primeira coleta, o programa também capacitou os voluntários, por meio de videoaulas que explicam com bastante clareza como deve ser feita a

utilização de cada reagente e análise do resultado, além do envio de fichas de campo contendo mais explicações.

4.4.1 Parâmetros físico-químicos e biológicos utilizados

Durante as respectivas coletas foram utilizados os mesmos parâmetros físico-químicos e biológicos, com o intuito de padronizar a análise correspondente a cada mês e dessa forma obter um comparativo mais preciso quanto às alterações na qualidade da água, em cada intervalo de tempo.

Além disso, é importante destacar que os parâmetros utilizados por meio do programa Observando Os Rios convergem com alguns parâmetros do IQA-CCME (índice considerado referência mundial no estudo sobre qualidade da água, conforme já foi abordado anteriormente).

Os tópicos abaixo elencam os parâmetros empregados no presente estudo, bem como, metodologias específicas para cada um deles, de modo a obter o resultado final. Vale reforçar que todas coletas foram realizadas *in loco*, bem como, a análise dos resultados, com exceção para DBO e para coliformes totais.

4.4.1.1 Químicos

Os parâmetros químicos abordados neste estudo foram: OD, DBO, pH, nitrato e fosfatos. Conforme orientações da CETESB (2011), a coleta e análise destes indicadores foram realizadas em campo, devido ao curto prazo que é necessário para atingir um resultado, com cuidados específicos durante a observação de cada indicador, e com exceção para DBO, que requer um prazo maior até obter o resultado.

Para análise do OD existem alguns métodos que podem ser empregados e, de acordo com a CETESB (2011), é possível fazer diretamente no corpo hídrico ou em um recipiente coletor de amostras, utilizando oxímetro, sonda acoplada ou reagente químico, de acordo com o método utilizado.

A CETESB (2011) aponta, para indicar a presença de oxigênio na água, o método eletrométrico, podendo ser polarográfico, galvânico ou ótico, e o método Winkler Modificado pela Azida Sódica.

No entanto, nesse estudo foi realizada coleta e análise da quantidade de oxigênio na água, por meio de reagente químico específico e comparação em uma escala colorimétrica

(figura 12), fornecida pelo programa Observando Os Rios, que possibilitou a obtenção dos dados para OD e DBO.

Ainda se destaca que, para atingir o resultado sobre OD, não foi levado em consideração fazer a correção de salinidade antes de cada coleta, uma vez que, só é necessário quando o estudo é realizado em áreas estuarinas ou marítimas (CETESB, 2011).

Sobre o pH, a sua determinação deve ser preferencialmente realizada direto no corpo hídrico, quando for possível, utilizando-se o método eletrométrico, de acordo com as recomendações da CETESB (2011). Ou ainda, em uma amostra coletada e que, no caso das orientações do programa Observando Os Rios, foi utilizado reagente específico e o resultado obtido deu-se a partir de comparações na escala colorimétrica.

Em relação à quantidade de nitrogênio e fósforo (em suas variadas composições moleculares), para alcançar os resultados também foi feito o uso de reagentes específicos e comparação nas escalas colorimétricas do programa.

A Figura 9 contém as vidrarias, com amostras da água do rio e ocorrência da reação química, além da observação e comparação com base nas escalas colorimétricas fornecidas pelo Programa Observando Os Rios.

Figura 10 – Registro fotográfico da coleta e análise realizada em janeiro de 2022, no trecho do rio Capibaribe utilizado neste estudo



Fonte: AMATUR (2022)

Sendo assim, foram atribuídas etapas e unidades de medida específicas para cada indicador, conforme está sendo exposto no Quadro 7.

Quadro 7 – Etapas metodológicas para obtenção dos resultados de indicadores químicos

Parâmetro	Etapas	Unidade de Medida
OD	1. Mergulhou-se uma cubeta na amostra de água, até transbordar, retirando cuidadosamente e mantendo-a cheia até a boca.	ppm
	2. Adicionou-se 2 pastilhas de teste de OD, fornecidas pelo programa.	
	3. Fechou-se a cubeta com a tampa, assegurando que não ficou nenhuma bolha de ar dentro.	
	4. Agitou-se a cubeta por inversão até dissolução dos reagentes (aproximadamente 4 minutos).	
	5. Aguardou-se 5 minutos, para ocorrência da reação química e desenvolvimento da cor.	
	6. Comparou-se a cor resultante com a escala colorimétrica para OD.	
	7. Anotou-se o resultado na ficha de campo, com observação OD amostra original – 1º dia (para ser também utilizado no cálculo da DBO).	
DBO	1. Mergulhou-se uma cubeta na amostra de água, até transbordar, retirando cuidadosamente e mantendo-a cheia até a boca.	ppm
	2. Fechou-se a cubeta com a tampa, assegurando que não tenha ficado nenhuma bolha de ar, e envolveu-se em papel alumínio, guardando-a em um ambiente escuro (a temperatura ambiente), durante 5 dias.	
	3. Após os 5 dias, retirou-se o papel alumínio e adicionou-se 2 pastilhas de teste de OD, fornecidas pelo programa.	
	4. Fechou-se a cubeta com a tampa, assegurando que não ficou nenhuma bolha de ar dentro.	

	5. Agitou-se a cubeta por inversão até dissolução dos reagentes (aproximadamente 4 minutos).	
	6. Aguardou-se 5 minutos, para ocorrência da reação química e desenvolvimento da cor.	
	7. Comparou-se a cor obtida com a escala colorimétrica para OD.	
	8. Para obtenção da DBO, buscou-se a diferença do OD 1º dia – OD 5º dia.	
pH	1. Adicionou-se 10ml da amostra em uma cubeta juntamente com 1 pastilha de teste de pH, fornecida pelo programa.	Cores em uma escala numérica de 4 a 11
	2. Tampou-se a cubeta e agitou-se por inversão até a dissolução da pastilha (partículas em suspensão não interferiram no resultado).	
	3. Comparou-se a cor da amostra com a escala colorimétrica para pH.	
Nitrato (NO ₃)	1. Adicionou-se 5ml da amostra em uma cubeta juntamente com 1 pastilha Nitrato#1 para teste de nitrato, fornecida pelo programa.	ppm
	2. Tampou-se a cubeta e agitou-se por inversão até a dissolução da pastilha, adicionou-se 1 pastilha de Nitrato#2 CTA, repetindo o processo de fechamento e dissolução.	
	3. Aguardou-se 5 minutos para desenvolvimento da cor e comparou-se com a escala colorimétrica para nitrato.	
Fosfatos (PO ₄)	1. Adicionou-se 5ml da amostra em uma cubeta juntamente com 1 pastilha PHOS para teste de fosfato, fornecida pelo programa.	ppm
	2. Tampou-se a cubeta e agitou-se por inversão até a dissolução da pastilha (partículas em suspensão não interferiram no resultado).	
	3. Aguardou-se 5 minutos para desenvolvimento da cor e comparou-se com a escala colorimétrica para fosfato.	

Fonte: Elaborada pelo autor com informações da SOS Mata Atlântica (2023)

No que se refere às pastilhas fornecidas pelo programa Observando Os Rios, para realização dos testes, as mesmas foram adquiridas pelo programa, por meio de indústrias do setor químico.

4.4.1.2 Físicos

Os parâmetros físicos empregados como indicadores da qualidade da água no trecho evidenciado foram: temperatura ambiente e da água, clima e condições climáticas, turbidez, presença de espumas e resíduos sólidos flutuantes, cheiro e material sedimentável.

Por meio da observação, em cada ação de monitoramento mensal, foi possível atingir resultados para a indicação de maior ou menor concentração de espumas e resíduos sólidos flutuantes, em cada intervalo de tempo, bem como, o cheiro contido na água (perceptível por meio de amostra coletada *in loco*). As observações feitas foram inseridas, assim como os demais parâmetros, na ficha de campo do programa (conforme detalhada mais adiante), para obtenção do resultado final.

Para determinação da temperatura ambiente foi utilizado sensor digital, mantendo-se em posição vertical, para evitar a incidência da luz solar diretamente no equipamento e assim possibilitar uma indicação mais confiável da temperatura em cada dia de monitoramento. De igual forma, por meio dos equipamentos digitais, também foi possível indicar o clima e condições climáticas *in loco*.

Para determinação da temperatura da água na superfície pode ser feita através da imersão do termômetro, diretamente no corpo hídrico, conforme as recomendações da CETESB (2011), ou ainda por meio de próprios sensores de temperatura contidos em equipamentos para medição dos outros parâmetros.

Na impossibilidade de medir a temperatura diretamente no corpo d'água, realizar a medida em um balde de aço inox com volume de 5 litros a 10 litros de amostra ou frasco descartável imediatamente após a coleta (CETESB, 2011, p. 248).

Nesse estudo, optou-se por obter a temperatura da água seguindo esta última recomendação, em que foi retirada a amostra de água em frasco descartável e rapidamente obtido o dado por meio de termômetro de mercúrio.

Além disso, foi dispensado no presente estudo, a medição da temperatura da água em profundidade, considerado que este indicador, embora esteja presente em alguns IQA, não é utilizado pelo programa Observando Os Rios.

Para determinação da turbidez foi empregado o Método Nefelométrico que consiste em um método secundário, indireto, e que se baseia na intensidade da luz dispersa em um ângulo reto (90°) em relação à direção da luz incidente, comparada com a intensidade de luz dispersa por uma suspensão-padrão (CETESB, 2011). Na turbidez, utilizou-se o turbidímetro e as recomendações específicas do programa Observando Os Rios, para atingir os resultados que estão sendo explicitados no decorrer deste estudo.

Sobre o material sedimentável, foi aplicado o método Cone Imhoff, seguindo também as orientações do programa, em que foi coletada mensalmente uma amostra de água e aguardado o período mínimo de 1 hora para que, por ação da gravidade, ocorresse a sedimentação de sólidos e assim atingisse também um indicador físico para cálculo do IQA.

4.4.1.3 *Biológicos*

Também por meio da observação do rio, no trecho em que se deu o estudo, foi possível analisar e inserir na ficha de campo, quanto à presença de organismos bióticos, em cada mês de monitoramento, dentre eles: peixes, larvas e vermes vermelhos, larvas e vermes transparentes, aguapés e outras coberturas vegetais.

Para indicação da concentração de vermes e larvas vermelhos, foi coletada uma amostra abaixo da superfície da água, contendo 1.000ml e, em seguida, anotadas as observações na ficha de campo para cálculo do IQA.

Para indicação da concentração de vermes e larvas transparentes, foi coletada uma amostra abaixo da superfície da água, contendo 1.000ml e, em seguida, anotadas as observações na ficha de campo para cálculo do IQA.

Para determinação de coliformes totais, foram empregadas as seguintes etapas:

- Adicionou-se uma amostra com 10ml de água em uma vidraria contendo uma pastilha para reação bioquímica com *E. coli*, fornecida pelo programa.
- Fechou-se a cubeta com a tampa.
- Deixou-se a cubeta em uma bancada, com a tampa para cima e a pastilha no fundo.
- Manteve-se a cubeta estática, com um período de incubação de 48 horas, à temperatura ambiente (entre 21 a 27 graus Celsius).
- Passadas as 48 horas, comparou-se a cor apresentada na cubeta com as cores da escala colorimétrica para coliformes.

4.5 ETAPA DE REALIZAÇÃO DO CICLO PDCA: OBTENÇÃO DO IQA

Para todos os parâmetros empregados na indicação do IQA do rio Capibaribe, no trecho do estudo, foi atribuída uma escala numérica (contida na ficha de campo), pela qual o somatório da pontuação de cada parâmetro (correspondente às cores das escalas colorimétricas e outras definições) indicou a qualidade da água em cada mês de monitoramento, conforme regulamentações do programa Observando Os Rios.

Na Apêndice 1 e no Anexo 1, estão sendo apresentadas as escalas colorimétricas (utilizadas para obtenção de resultados nos parâmetros em que foram usados reagentes químicos) e a ficha de campo, contendo as respectivas escalas numéricas, tabela com classificação e demais orientações do programa.

Reis et al. (2015) apontam para modelos matemáticos e de otimização, como ferramentas tecnológicas que oferecem suporte para a realização de atividades de planejamento e processos de decisão quanto ao gerenciamento do corpo hídrico.

Entretanto, estes e outros modelos não se configuram como sendo objeto desse estudo, uma vez que, atentou-se apenas para os índices de qualidade da água, conforme parâmetros estabelecidos pelo programa Observado Os Rios e cálculo específico para o IQA, em que foram obtidos os dados, sem necessariamente aplicar tais fórmulas matemáticas.

Para obtenção do cálculo referente ao IQA, do Programa Observando Os Rios, foi atribuída uma pontuação de 1 a 3 em cada parâmetro, sendo a pontuação 1 que indicou maior incidência dos parâmetros observados, a pontuação 2 em um nível mediano, e a pontuação 3 em um estado mais adequado para cada parâmetro.

Ao lançar a pontuação de cada parâmetro físico-químico e biológico (com base nas escalas colorimétricas e ficha de campo), na plataforma do Programa Observando Os Rios, automaticamente foi realizado o somatório da pontuação (variando de no mínimo 14 pontos a índices acima de 40 pontos) e atribuída uma categoria entre péssima (menores índices) e ótima (maiores índices), conforme descrito na ficha de campo (Anexo 1).

Também foi solicitado aos órgãos ambientais (ligados à gestão de recursos hídricos), Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) e Agência Estadual de Meio Ambiente CPRH, dados correspondentes a outras coletas e pontos de monitoramento próximo ao município de Limoeiro, nos quais estão sendo apresentados mais adiante.

Por fim, foi feito um comparativo entre os dados obtidos nas coletas e fornecidos pela CPRH/APAC com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, para os

corpos hídricos enquadrados na Classe 2, cujo resultados estão sendo apresentados mais adiante.

4.6 HIGIENIZAÇÃO OU DESCARTE DAS VIDRARIAS UTILIZADAS E REPOSIÇÃO DE MATERIAL

Por se tratar de vidrarias reutilizáveis para todas as coletas e análises, além dos demais materiais descartáveis, sempre foi feito o recolhimento de todo material utilizado para descarte adequado ou lavagem recomendada. Segundo a CETESB (2011, p. 241), para evitar a contaminação do local de coleta, todos os resíduos dos ensaios realizados em campo devem ser recolhidos.

O termômetro de mercúrio e as vidrarias utilizadas para análise de OD, DBO, nitrato, fosfatos, turbidez e pH, conforme orientações do programa, foram lavados em água corrente, e reaproveitados nas coletas seguintes.

Para a vidraria utilizada na medição de coliformes, por tratar-se de um reagente que induz a proliferação de *E. coli* e, possivelmente, outros microrganismos presentes na amostra, primeiro foi adicionado detergente comum e esperou-se um período mínimo de 3 horas para que, em seguida, pudesse ser lavada em água corrente. Dessa forma, assegurando uma menor contaminação nos esgotos. Além disto, a vidraria utilizada para a referida medição não pode ser reaproveitada, sendo destinada para outras finalidades na instituição parceira, que promove as atividades de monitoramento. Para isso, o programa forneceu, apenas para o teste de coliformes, uma vidraria para cada coleta mensal.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nessa pesquisa, foi enfatizado o enquadramento como instrumento principal para discussão sobre a qualidade da água no rio em que foi aplicado o estudo; uma vez que, de acordo com a ANA (2020), o enquadramento não se baseia apenas na classificação do estado atual de qualidade da água em determinado trecho do corpo hídrico, bem como, estabelece metas de qualidade da água, que precisam ser mantidas ou alcançadas. Sendo assim, fundamental para o desenvolvimento de políticas públicas que visem a melhoria na qualidade das águas, nas bacias hidrográficas.

Para classificação de todo e qualquer corpo hídrico, faz-se necessário analisar parâmetros relacionados ao meio físico-químico e biótico, conforme já apresentado nesse estudo. Portanto, é importante compreender os resultados obtidos, fundamentando-se no que cada parâmetro apresentou, buscando-se identificar os possíveis fatores e causas que contribuíram para tais resultados. No Apêndice 2, foram apresentados todos os dados referentes aos parâmetros utilizados nas 14 coletas. Os tópicos a seguir, destacam alguns dos resultados que foram obtidos no trecho do rio Capibaribe evidenciado na presente pesquisa.

5.1 RESULTADOS CONFORME PARÂMETROS QUÍMICOS

Em todas as coletas realizadas nesse estudo, com exceção para os meses de outubro e novembro de 2022, foi constatado que o rio Capibaribe, no trecho utilizado para o monitoramento, apresentou o nível mais baixo de OD (sempre abaixo de 4ppm, de acordo com o programa Observando Os Rios).

Sobre os parâmetros químicos, Souza (2021) afirma que o OD é considerado de extrema importância para a legislação que trata sobre classificação das águas, considerando que o oxigênio é um elemento necessário para sobrevivência dos seres vivos, fazendo parte de processos bioquímicos e, quando alterado, ocasiona em perdas significativas para os organismos que habitam e/ou interagem com o corpo hídrico.

Souza (2021) destaca que, uma das causas para que o corpo hídrico apresente baixos níveis de concentração de oxigênio está diretamente relacionada com os efluentes de origem antrópica e industrial, que tendem a possuir grandes quantidades de matéria orgânica e que geram a diminuição deste elemento na água.

Além das causas citadas, Crepalli (2007) também reforça que a poluição pontual e difusa, intensificada ainda mais pela ausência de mata ciliar e uso e ocupação do solo ao seu

redor, pode influenciar significativamente nas concentrações de OD. O autor ainda cita como fator relacionado à concentração de OD, a temperatura, que segundo ele, quando menores, ocorre maior solubilidade de oxigênio na água.

Ou seja, conforme o resultado apresentado nas respectivas coletas, e na visão de diversos autores, o rio Capibaribe apresenta uma baixa concentração de OD, em decorrência do elevado lançamento de efluentes em seu corpo hídrico (de origens residenciais, industriais e agrícolas), bem como, devido às temperaturas mais elevadas durante todo o ano, em decorrência de sua localização geográfica e condições climáticas.

No caso do trecho do rio Capibaribe abordado no estudo, também foi percebido que, em todas as coletas e análises, a DBO sempre indicou uma unidade abaixo de 4ppm (conforme método aplicado pelo programa Observando Os Rios), o que indica também um fator para classificação do corpo hídrico em categorias inferiores.

Da mesma forma que o OD, Poersch (2021) também destaca a DBO como sendo um parâmetro indispensável e previsto na legislação que trata da QA. De acordo com a autora, este parâmetro foi selecionado para indicação concreta da poluição orgânica, sendo obtido a partir de cinco dias de incubação da amostra, conforme também foi explicado anteriormente, no presente estudo.

Souza (2021) novamente aponta o despejo de matéria orgânica, sobretudo oriundo dos efluentes domésticos e industriais, como sendo uma das causas no aumento da DBO em um corpo hídrico. Para a autora, este parâmetro corresponde a quantidade necessária de oxigênio para oxidar materiais orgânicos por meio da decomposição aeróbica, realizada por microrganismos aeróbios (que utilizam compostos orgânicos para produção de energia).

Ou seja, implica dizer que, devido aos elevados índices de presença de matéria orgânica no rio Capibaribe e, conseqüentemente, presença massiva de microrganismos aeróbicos, a DBO nesse corpo hídrico também deveria ser elevada.

No entanto, constatou-se que, mesmo com baixos índices de OD e elevadas cargas de efluentes, a DBO permaneceu também com baixos níveis o que permite compreender que o oxigênio presente na área do estudo é o suficiente para ser utilizado tanto pelos microrganismos aeróbicos quanto pelos demais seres vivos, fazendo com que não haja uma maior necessidade por oxigênio, e mantendo-se o equilíbrio neste ecossistema. Ou que, no caso do trecho em estudo, o OD está sendo utilizado em um maior percentual por microrganismos aeróbicos, pois há uma baixa população de demais seres vivos.

Contudo, quando surgem outros fatores, o rio Capibaribe pode apresentar desequilíbrios ecológicos, em decorrência de estar com baixos índices de OD e DBO, sendo suficiente apenas

para suas condições ambientais regulares. Compreensão que foi possível obter devido a um fenômeno ocorrido no mês de dezembro de 2021 quando, na ocasião, ocorreu uma maior concentração de peixes à jusante do ponto de coleta e, em decorrência desse aumento na população da ictiofauna, também houve uma mortandade dos mesmos por falta de oxigênio, em um intervalo aproximado de três dias. A figura 10 apresenta o fato relatado.

Figura 11 – Registros fotográficos de um caso de mortandade elevada de peixes, no trecho do rio Capibaribe, em 20/12/2021 (Limoeiro/PE)



Fonte: RICARDO RODRIGUES, 2021

De acordo com Hendrix (2010, p. 11), toda morte de peixe tem um motivo, e sua causa deve ser investigada e uma ação corretiva e preventiva devem ser tomadas para evitar futuras mortandades. Uma grande variedade de fatores pode causar morte de peixes, e deve ter bastante cuidado e perícia para não tirar conclusões precipitadas.

Para o fenômeno ocorrido no rio Capibaribe (e descrito acima), não foi possível obter o relatório final de perícia realizada por agentes ambientais da Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH). Entretanto, durante a averiguação dos fatos, conforme informações

repassadas pelos próprios agentes ambientais, a observação de que os peixes, em sua grande maioria, estavam com a boca aberta seria um indicativo da morte por asfixia.

Ainda sobre a DBO, foi possível compreender que, mesmo diante das condições de QA apresentadas, este parâmetro contribuiu para uma obtenção regular do resultado do IQA no rio Capibaribe, considerando que todas as coletas evidenciaram para uma baixa DBO.

Sobre o potencial hidrogeniônico (pH), a CETESB (2011) indica que o mesmo corresponde ao cologarítimo da concentração de íons hidrogênio em uma amostra e que deve ser expresso em mol/L. Além disso, seu valor é indicado numa escala de 0 a 14 em que, água com pH menor que a escala 7 possui caráter ácido e, acima de 7, alcalino ou básico; sendo a escala 7 considerada um valor neutro.

Quanto menor for o valor do pH de uma substância, maior é a concentração de íons de hidrônio (H_3O^+) e menor a concentração de íons OH^- , o inverso é verdadeiro para água básica ou alcalina (CETESB, 2011, p. 246).

Nos resultados, obtidos nas coletas do programa Observando Os Rios, quanto ao pH, foi possível perceber que ocorreu uma variação nas escalas entre 7 e 9 caracterizando, portanto, que a água do rio Capibaribe possui um pH levemente alcalino, considerando que nestas coletas houve maior predominância de pH na escala 8.

Sobre o caráter de alcalinidade, Souza (2021) destaca que na Resolução CONAMA 357 não há valores ou bases que tratam especificamente dos índices de alcalinidade contidos na água, porém, considera-se o parâmetro pH como um todo para obter um melhor entendimento sobre o comportamento hídrico.

Nesse sentido, constatou-se também que, durante os períodos com estiagem (novembro/2021 a fevereiro/2022) o pH apresentou índices com maior alcalinidade no rio Capibaribe (sendo igual a escala 9). E que, durante o período chuvoso (inclusive com ocorrência de cheias no corpo hídrico), o pH ficou neutralizado (7), entre os meses de abril a julho de 2022.

De acordo com Silva et al. (2022), quando o corpo hídrico apresenta um pH que varia entre as escalas 9 e 10, contribui para um ambiente favorável ao desenvolvimento massivo de microalgas. Fato também observado no rio Capibaribe, à jusante do trecho utilizado para o estudo (em um período anterior ao dessa pesquisa, porém na mesma época do ano), em que provavelmente esteve com valores de pH nas mesmas escalas.

Para o cálculo do IQA, por meio do programa utilizado, é ideal que o corpo hídrico mantenha um pH entre 6 ou 7 quando se trata de uma melhor qualidade da água. Não sendo, entretanto, a realidade do trecho do rio Capibaribe, uma vez que as escalas de pH com mais neutralidade são sazonais.

Crepalli (2007) enfatiza que, de acordo com a Resolução CONAMA 357, para um corpo hídrico ser enquadrado na classe 2 precisa apresentar um pH com variação entre 6 a 9. Sendo assim, considerando o resultado deste parâmetro, o rio Capibaribe apresentou convergência com seu atual enquadramento.

Para concluir a análise dos parâmetros químicos, ainda foram obtidos resultados quanto à predominância dos elementos fósforo (P) e nitrogênio (N), em variadas composições moleculares, pelas quais, por meio do programa Observando Os Rios, quantificou-se a presença de moléculas de nitrato (NO_3) e fosfatos (PO_4).

Sobre o NO_3 , constatou-se que houve uma quantidade intermediária, conforme medição pelo programa utilizado, ficando em uma escala entre 3ppm a 5ppm, e tendo uma predominância de 5ppm na maioria das coletas. Quanto às moléculas de PO_4 , estas indicaram níveis mais elevados de contaminação, ultrapassando a escala de 4ppm (exceto em novembro/2022), que corresponde a maior escala para medição deste parâmetro, para o cálculo do IQA conforme o programa orienta.

Crepalli (2007) destaca que o elemento fósforo e suas variações surgem naturalmente no corpo hídrico em decorrência da dissolução de compostos e decomposição da matéria orgânica. No entanto, o autor também afirma que o aumento na quantidade de moléculas com este elemento tem relação direta com o lançamento de efluentes domésticos e industriais, detergentes, excrementos de animais e uso de fertilizantes para atividades agrícolas às margens do rio.

A partir do comportamento apresentado pelos dados obtidos destaca-se que os índices de Fósforo tendem a crescer conforme o nível de urbanização próximo aos corpos hídricos (SOUZA, 2021, p. 98).

Sendo assim, um dos fatores que justificam os índices de NO_3 e PO_4 , obtidos nas coletas desse estudo, é a intensa atividade com uso e ocupação do solo, para plantio e pastagem de animais à margem do rio Capibaribe.

5.2 RESULTADOS CONFORME PARÂMETROS FÍSICOS

Quanto à temperatura ambiente e a temperatura da água, foi constatado que em todas as coletas houve indicações inversas para estes dois parâmetros. Ou seja, em dias cuja temperatura ambiente foi maior, a temperatura da água foi menor, e assim ocorreu também ao contrário. Na visão de Crepalli (2007), a temperatura da água é um parâmetro que influencia diretamente em

quase todos os processos físico-químicos e biológicos, em um ecossistema hídrico, podendo causar alterações na viscosidade e densidade.

Devido a este fato, buscou-se realizar todas as coletas no período da manhã, entre as 9h e 11h, contribuindo para que se obtivesse uma temperatura mais próxima entre os intervalos das coletas, e apresentando em sua grande maioria uma condição climática favorável, em dias bastantes ensolarados ou parcialmente nublado, quando não foi possível em decorrência do período do ano.

De modo geral, a temperatura da água variou entre 23°C e 32°C, predominando mais as temperaturas entre 26°C e 27°C. Enquanto a temperatura ambiente variou entre 24°C e 32°C, sendo mais constante as temperaturas nos valores de 27°C e 31°C, bem característico da localização do rio quanto ao relevo e clima.

Dentre os parâmetros físicos, Souza (2021) enfatiza que os sólidos sedimentáveis, sejam eles em suspensão, coloidais ou dissolvidos, implicam na associação com a qualidade da água, pois a tornam impura.

Para a Cetesb (2011, p. 249), sólidos sedimentáveis são todos os materiais sólidos que se sedimentam por ação da gravidade em uma amostra aquosa. Ou seja, quanto maior for a concentração do material no fundo da amostra, maior será o grau de contaminação do corpo hídrico por estes poluentes.

No caso do trecho rio Capibaribe utilizado nessa pesquisa, foi detectado uma quantidade intermediária destas impurezas, o que contribui para obtenção de um IQA que não enquadre o rio na classe mais baixa de qualidade da água.

Os sólidos sedimentáveis ainda interferem diretamente em um outro parâmetro físico: a turbidez. Que, de acordo com Crepalli (2007), é bastante utilizado para o estudo de caracterização da água nos corpos hídricos.

Segundo a Cetesb (2011), o parâmetro turbidez corresponde a redução da transparência de uma amostra aquosa em decorrência da presença dos sólidos em suspensão. Sendo assim, quanto maior for a turbidez menor será a qualidade da água e que, conforme determina a Resolução CONAMA 357, para um corpo hídrico com classe 2, a turbidez não deve exceder a escala de 100 UNT.

No trecho do rio Capibaribe utilizado nesse estudo, foi constatado que na maioria das coletas obteve-se uma turbidez corresponde a 50 JTU, com variação entre 20 a 100 (apenas numa coleta), o que contribuiu para o entendimento do enquadramento do rio Capibaribe em classe 2, de acordo com o estabelecido na Resolução CONAMA 357.

Crepalli (2007) aponta que os esgotos sanitários e variados efluentes industriais são fatores que podem elevar os índices de turbidez na água e que geram uma sequência de desequilíbrios ao ecossistema, pois a alta turbidez reduz o processo de fotossíntese (devido à menor incidência de luz solar), suprimindo consequentemente a produtividade de peixes e demais organismos que dependem dos fotossintetizantes.

Ainda com base no meio físico, o Observando Os Rios também fez uma análise quanto a presença de espumas e lixo flutuante e ao cheiro apresentado nas amostras coletadas. Para estes parâmetros também foram atribuídas pontuações correspondentes ao cálculo do IQA, de acordo com o programa, pelas quais sempre foram identificadas uma quantidade intermediária de espumas e lixo flutuante, no ponto de monitoramento desse estudo.

Quanto ao cheiro, na maioria das coletas, constatou-se que as amostras tinham cheiro de capim, em decorrência da intensa atividade agrícola à margem do rio, conforme explica o programa.

5.3 RESULTADOS CONFORME PARÂMETROS BIOLÓGICOS

Muito embora a presença de aguapés em um corpo hídrico possa ser considerada como um indicativo da qualidade de suas águas, para o presente estudo essa caracterização não foi considerada para o cálculo do IQA, conforme o programa Observando Os Rios. Todavia, a predominância destes organismos bióticos, no ponto de monitoramento, foi essencial para observação *in loco* do atual contexto de poluição no rio Capibaribe.

Quanto aos parâmetros biológicos utilizados pelo programa, foi possível averiguar uma predominância intermediária de larvas e vermes vermelhos que, de acordo com o programa, é um indicativo de poluição por nutrientes orgânicos (em especial, nitrato e fosfato), pois os seres vivos utilizam os compostos citados para realizar o seu metabolismo energético.

Do contrário, segundo o programa, a presença de vermes e larvas transparentes ou escuras, além de alguns tipos de conchas e peixes, caracterizam que o ecossistema está em equilíbrio e sem poluição, pois torna-se um ambiente favorável para a reprodução destes organismos. No ponto monitorado para este estudo, contatou-se também uma predominância intermediária de vermes e larvas transparentes e conchas, e poucos peixes.

A presença destes organismos em uma quantidade regular, tanto para os que indicam níveis de poluição por compostos orgânicos, quanto para os que indicam um ambiente sem poluição; foi essencial para a obtenção de um IQA que apresenta o rio Capibaribe em um estado regular no que se refere à qualidade de suas águas.

Dos parâmetros biológicos, o que trouxe uma maior preocupação para a qualidade da água do rio Capibaribe, foi a confirmação (em todas as coletas) da predominância de coliformes totais. Por meio do uso de reagente químico que induziu a proliferação de *E. coli* nas unidades amostrais, foi possível detectar a presença destes microrganismos e confirmar a poluição do rio por diversos efluentes, sobretudo esgotos domésticos e dejetos de animais que pastam à margem do rio.

De acordo com Crepalli (2007), a *E. coli* é a única bactéria do grupo de coliformes termotolerantes que está presente no intestino dos seres humanos e de outros animais homeotérmicos, o que evidencia as origens da contaminação do corpo hídrico.

Para corpos hídricos enquadrados como sendo classe 2, a Resolução CONAMA 357 estabelece limites legalmente toleráveis para 5.000 coliformes totais e 1.000 coliformes termotolerantes a cada 100ml de água. Nesse estudo, não se quantificou as respectivas quantidades de coliformes, buscando-se apenas a identificação da presença dos mesmos.

Sobre o meio biótico, o presente estudo não objetivou quantificar o Índice de Estado Trófico (IET), uma vez que foram seguidas as recomendações e obtenção de dados por meio do programa Observando Os Rios, pelo qual desenvolve o monitoramento apenas para cálculo do IQA, conforme já abordado anteriormente.

Embora o rio Capibaribe, no trecho que passa pelo município de Limoeiro, já tenha apresentado em outros momentos alguns estados mais avançados de eutrofização, inclusive com alteração na cor do leito (Figura 11), o que contribui também para o diagnóstico quanto à qualidade de suas águas.

Segundo Barreto et al. (2013), este processo é considerado como um dos maiores problemas relacionados com a qualidade das águas, atualmente. Na visão dos autores, a proliferação acelerada de macrófitas aquáticas e microalgas liberam toxinas capazes de ocasionar problemas à saúde humana e equilíbrio ecossistêmico.

Os autores também apontam que, em decorrência do fenômeno de eutrofização, podem ocorrer alterações significativas nos índices de outros parâmetros, sobretudo: turbidez, OD, sabor e odor.

Contudo, é importante destacar que, no período pelo qual foram realizadas as ações de coleta e monitoramento para o presente estudo, não foi identificada a ocorrência do processo de eutrofização. A figura 11 retrata um outro período, anterior ao presente estudo, em que o leito do rio teve sua cor alterada, em decorrência da reprodução massiva de microalgas. Servindo, nesse estudo, apenas como um exemplo que indica as constantes variações na

qualidade da água do rio Capibaribe, em Limoeiro, que são sazonais e não apresentam período específico do ano para sua ocorrência.

Figura 12 – Fenômeno de eutrofização ocorrido no rio Capibaribe, em fevereiro/2021 (Limoeiro/PE)



Fonte: RICARDO RODRIGUES (2021)

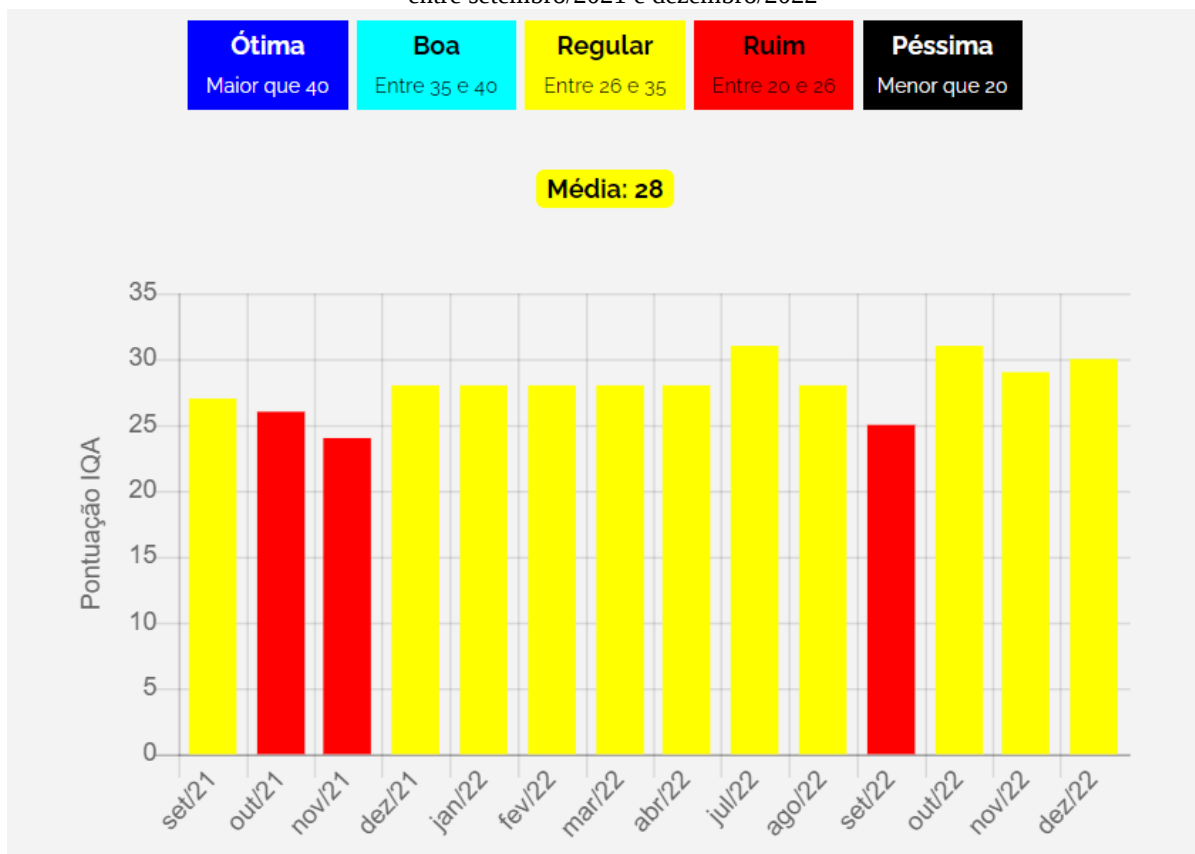
Por meio de todos os parâmetros supracitados foi possível obter um diagnóstico da qualidade da água do rio Capibaribe, no trecho em que se desenvolveu o estudo, com base no cálculo do IQA proposto pelo programa Observando Os Rios, conforme está sendo descrito a seguir.

5.4 PANORAMA DA QUALIDADE DA ÁGUA NO TRECHO ESTUDADO (“O RIO QUE TEMOS”)

O Índice de Qualidade da Água (IQA) utiliza critérios para o estabelecimento dos múltiplos usos da água, com base em parâmetros físico-químicos e biológicos, que contribuem

para a classificação e enquadramento dos corpos hídricos. A figura 12 apresenta o resultado das coletas realizadas no trecho em evidência, conforme cálculo do IQA aplicado pelo programa Observando Os Rios.

Figura 13 – Resultado do monitoramento em dois trechos do rio Capibaribe, no município de Limoeiro (PE), entre setembro/2021 e dezembro/2022



Fonte: Programa Observando os Rios, Fundação SOS Mata Atlântica (2022)

Com base no IQA correspondente à média de todas as coletas (14), verificou-se que o rio Capibaribe apresentou uma qualidade da água regular para a maioria dos meses monitorados. Além disso, ao analisar especificamente cada resultado, essa categorização permanece (com exceção apenas para os períodos de outubro e novembro/2021 e setembro/2022).

Contudo, mesmo apresentando uma qualidade regular, a atual situação do rio é preocupante, tendo em vista que as respectivas pontuações se encontraram muito próximas do intervalo para o nível mais baixo de qualidade.

Também foi possível constatar uma considerável melhoria na qualidade da água (nos meses de julho e agosto de 2022), em decorrência das intensas chuvas e cheias que antecederam esses meses, e que alteraram a qualidade das águas para o momento.

Embora o rio Capibaribe esteja inserido na Classe 2, Rodrigues et al. (2020) sugerem que, um trecho pelo qual fizeram o diagnóstico da QA, também em Limoeiro, seja alterado para Classe 4, com base nos dados obtidos.

Segundo Silva (2021), por meio dos resultados obtidos no IQA, é possível reforçar a importância de investimentos para preservação do rio e, em áreas urbanas, investir na conservação do corpo hídrico e no saneamento, sobretudo quando são apresentados índices que indicam uma qualidade ruim da água.

Além do enquadramento contribuir como instrumento de gestão para a qualidade da água, os planos também têm sua significativa importância. No Plano Hidroambiental do Capibaribe (2010), é possível analisar algumas ações previstas que, se executadas, contribuirão significativamente para melhoria na qualidade das águas na bacia hidrográfica, inclusive possuindo uma correlação com alguns dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS's) propostos pela Agenda 2030, da Organização das Nações Unidas.

5.5 OBTENÇÃO DE DADOS SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA EM OUTROS PROGRAMAS DE MONITORAMENTO

Reconhecendo que a obtenção de dados em apenas um ponto de monitoramento, muito embora tenha sido realizada durante 1 ano hidrológico, não é por si só determinante para a confirmação do atual enquadramento em que o Rio Capibaribe se encontra (Classe 2), nem tão pouco é capaz de sugerir novas propostas de enquadramento.

Foi constatado que também não há muitos pontos de monitoramento no Capibaribe, na região próxima à Limoeiro. O único ponto encontrado, conforme informado pela APAC, foi o CB-10 (Código Estadual CPRH) na Estação 39145500, que fica localizado à jusante da sede de Limoeiro, em seu território.

O Quadro 8 apresenta os resultados do monitoramento realizado pela CPRH/APAC, no referido ponto, considerando apenas o período semelhante ao do presente estudo, em que alguns quadros estão marcados na cor vermelha, indicando divergência com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para corpos hídricos da Classe 2.

Quadro 8 – Resultados do monitoramento de parâmetros da qualidade da água, no Ponto CB-10 à jusante de Limoeiro

Data da Coleta (dd/mm/aaaa)	Hora (hh:mm)	[001] Alcalinidade total mg/l CaCO3	[003] Cloreto Total mg/l Cl	[004] Clorofila a µg/L	[005] Coliformes Termotolera ntes UFC/100mL	[006] Condutividad e Elétrica Específica (25oC) µS/cm a 25°C	[007] DBO 5/20 mg/l O2	[009] DQO mg/l O2	[012] Fósforo total mg/l P	[013] Nitrato mg/l N	[014] Nitrogênio amoniacal mg/l N	[016] Ortofosfato dissolvido mg/l PO4
9/11/2021		505,57	1641,66	21,87	450	4590	6,12	-	-	0,08	-	1,74
08/02/2022	09:30	392,72	968,32	12,41	450	2970	4,84	42,3	-	<0,08	-	1,55
10/05/2022	10:15	342,3	1059,99	7,15	3300	3250	3,6	41,21	-	0,08	-	1.470
09/08/2022	10:20	212,56	606,52	39,46	39,46	2586	2,59	35,5	-	0,2	-	0,469
17/11/2022	11:24	207,14	637,05	37,9	2600	2856	7,02	40,87		0,543		1,096

Data da Coleta (dd/mm/aaaa)	Hora (hh:mm)	[017] Oxigênio dissolvido mg/l O2	[018] pH	[019] Sólidos dissolvidos totais mg/l	[020] Sólidos em suspensão totais mg/l	[021] Temperatura da água °C	[022] Temperatura do ar °C	[024] Turbidez NTU	[074] Nitritos mg/l N	[078] OD de saturação %	[091] Sólidos totais mg/l
9/11/2021		6,9	8,36	2461,4	5,6	28	32	10	0,05	895,9	2467
08/02/2022	09:30	2.12	8,8	1904.4	3.6	28	31	2.5	<0,05	2.12	1904.4
10/05/2022	10:15	2,63	7,62	1904.10	3.6	25	30	5	0,05	32	1758
09/08/2022	10:20	5,23	8,45	1578,4	12,6	27	29	20	0,057	66	1591
17/11/2022	11:24	7,38	8,2	1972	145	28	32	12,8	0,339	95	2117

Fonte: APAC (2023)

É importante destacar que, a Estação 39145500 também faz parte do Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA) – QUALIÁGUA, lançado pela ANA com o intuito de disponibilizar informações quanto à qualidade das águas em todo o país (ANA, 2023).

Sendo assim, os dados apresentados nesse tópico, são resultados de uma ação conjunta entre ANA, APAC e CPRH, que monitoram o ponto CB-10 e demais, em toda a bacia, conforme elencados todos os pontos de monitoramento, anteriormente na tabela 9.

No presente estudo não foram comparados os resultados de todos os parâmetros apresentados pela APAC (2023), uma vez que no Programa Observando Os Rios estes parâmetros são em menor quantidade, conforme será apresentado no tópico abaixo.

Embora já citado nesse estudo, que o Rio Capibaribe se encontra enquadrado na Classe 2 e que há autores que sugerem novas propostas de enquadramento do rio, conforme peculiaridades de cada trecho; é importante destacar que, alguns parâmetros obtidos nas análises mensais convergem com os parâmetros propostos pela Resolução CONAMA 357/05 para a Classe 2.

O Quadro 9 apresenta os limites padrões que são estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para os parâmetros de qualidade da água em cada classe do enquadramento, conforme pode-se observar (considera-se como unidade de medida: mg/L em todos os parâmetros, com exceção dos coliformes totais, sendo nmp/100ml).

Quadro 9 – Limites padrões para os parâmetros de qualidade da água, estabelecidos conforme a Resolução CONAMA 357/2005, e destinadas ao abastecimento para consumo humano

Parâmetros	Classe 1	Classe 2	Classe 3
OD	$\geq 6,0$	$\geq 5,0$	$\geq 4,0$
Coliformes Totais	≤ 200	≤ 1000	≤ 4000
DBO	$\leq 3,0$	$\leq 5,0$	$\leq 10,0$
Nitrato	$\leq 10,0$	$\leq 10,0$	$\leq 10,0$
Nitrito	$\leq 1,0$	$\leq 1,0$	$\leq 1,0$
Nitrogênio Amoniacal Total	3,7 (pH $\leq 7,5$)	3,7 (pH $\leq 7,5$)	13,3 (pH $\leq 7,5$)
	2,0 (7,5 < pH ≤ 8)	2,0 (7,5 < pH ≤ 8)	5,6 (7,5 < pH ≤ 8)
	1,0 (8 < pH $\leq 8,5$)	1,0 (8 < pH $\leq 8,5$)	2,2 (8 < pH $\leq 8,5$)
	0,5 (pH > 8,5)	0,5 (pH > 8,5)	1,0 (pH > 8,5)
Fósforo Total	Lêntico $\leq 0,02$	Lêntico $\leq 0,03$	Lêntico $\leq 0,05$
	Interm $\leq 0,025$	Interm $\leq 0,05$	Interm $\leq 0,075$
	Lótico $\leq 0,1$	Lótico $\leq 0,1$	Lótico $\leq 0,15$

Fonte: Resolução CONAMA 357/2005.

Conforme a ANA (2020) aponta, a Classe 4 enquadra os corpos hídricos cuja utilização é apenas para navegação e harmonia paisagística, sendo, portanto, dispensável a apresentação de limites padrões para os parâmetros de qualidade da água.

Fazendo um comparativo entre os limites padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para rios de Classe 2 e os resultados apresentados nos pontos de monitoramento dessa pesquisa e da CPRH, observa-se que há convergência e algumas divergências entre alguns desses limites e a referida classe pela qual o Rio Capibaribe está enquadrado, conforme apresentado no quadro 10.

Quadro 10 – Comparativo entre limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05, para Classe 2, e os resultados obtidos em pontos de monitoramento do Rio Capibaribe, em Limoeiro, Pernambuco

Parâmetros	Classe 2	Coletas no Ponto do Estudo (Obs. Os Rios)	Enquadra-se na Classe 2?	Coletas no Ponto CB-10 (APAC/CPRH)	Enquadra-se na Classe 2?
OD	$\geq 5,0$	1 – 1 – 1 – 2 – 2 – 2 – 2 – 3 – 3 – 3 – 2 – 6 – 5 – 4	Parcialmente, considerando que em apenas 2 meses apresentou adequação ao limite estabelecido.	6,9 – 2,12 – 2,63 – 5,23 – 7,38	Parcialmente, considerando que em apenas 2 meses apresentou adequação ao limite estabelecido.
Coliformes Totais	≤ 1.000	Positivo em todas as coletas	É preciso mensurar o npm.	TERMOTOLERANTES 450 – 450 – 3.300 – 39,46 – 2.600	Apenas em alguns meses, parcialmente.
DBO	$\leq 5,0$	0 – 0 – 0 – 2 – 2 – 2 – 3 – 3 – 1 – 0 – 1 – 2 – 1 – 0	Totalmente.	6,12 – 4,84 – 3,6 – 2,59 – 7,02	Apenas em alguns meses, parcialmente.
Nitrato	$\leq 10,0$	4 – 5 – 5 – 4 – 4 – 4 – 5 – 5 – 4 – 5 – 5 – 4 – 5 – 3	Totalmente.	0,08 – <0,08 – 0,08 – 0,2 – 0,543	Totalmente.
Nitrito	$\leq 1,0$	Não foi analisado	Não foi possível comparar.	0,05 - <0,05 – 0,05 – 0,057 – 0,339	Totalmente.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023), com base na Resolução CONAMA 357/2005 e informações da APAC (2023) e do Programa Observando Os Rios (2023)

Para a coluna referente aos limites padrões para Classe 2 e para a coluna referente aos resultados obtidos no ponto CB-10, considerou-se como unidade de medida: mg/L em todos os

parâmetros, com exceção dos coliformes totais, sendo nmp/100ml (na Resolução CONAMA 357/05) e UFC/100mL (no ponto CB-10).

Para a coluna referente aos resultados obtidos no ponto utilizado para o estudo (com uso do Programa Observando Os Rios), considerou-se como unidade de medida: ppm em todos os parâmetros, com exceção dos coliformes totais, sendo apenas a indicação se foi constatada ou não a presença desses microrganismos.

Considerou-se ainda que 1ppm equivale a 1mg/L.

Os dados apontados em cada parâmetro do ponto utilizado para o estudo (com uso do Programa Observando Os Rios) correspondem a 14 coletas que foram realizadas no intervalo entre setembro/2021 a dezembro/2022. Os dados apontados em cada parâmetro do ponto CB-10 correspondem a 5 coletas que foram realizadas no intervalo entre novembro/2021 a novembro/2022.

Observou-se que, em ambos os pontos, o nível de OD apresentou resultados acima do limite estabelecido, estando ideal para a Classe 2, durante coletas que aconteceram no segundo semestre de 2022, em que se destaca a sazonalidade cujos parâmetros apresentam as referidas modificações no ecossistema, em decorrência dos períodos chuvosos que antecedem o semestre, conforme já explanado.

Sendo assim, de acordo com o comparativo dos dados obtidos e mediante o que sugerem Rodrigues et al. (2020), da necessidade de alterações quanto ao enquadramento do rio Capibaribe, reforça-se a importância de atualizações nesse instrumento da gestão de recursos hídricos, no âmbito do rio Capibaribe considerando as particularidades de cada trecho.

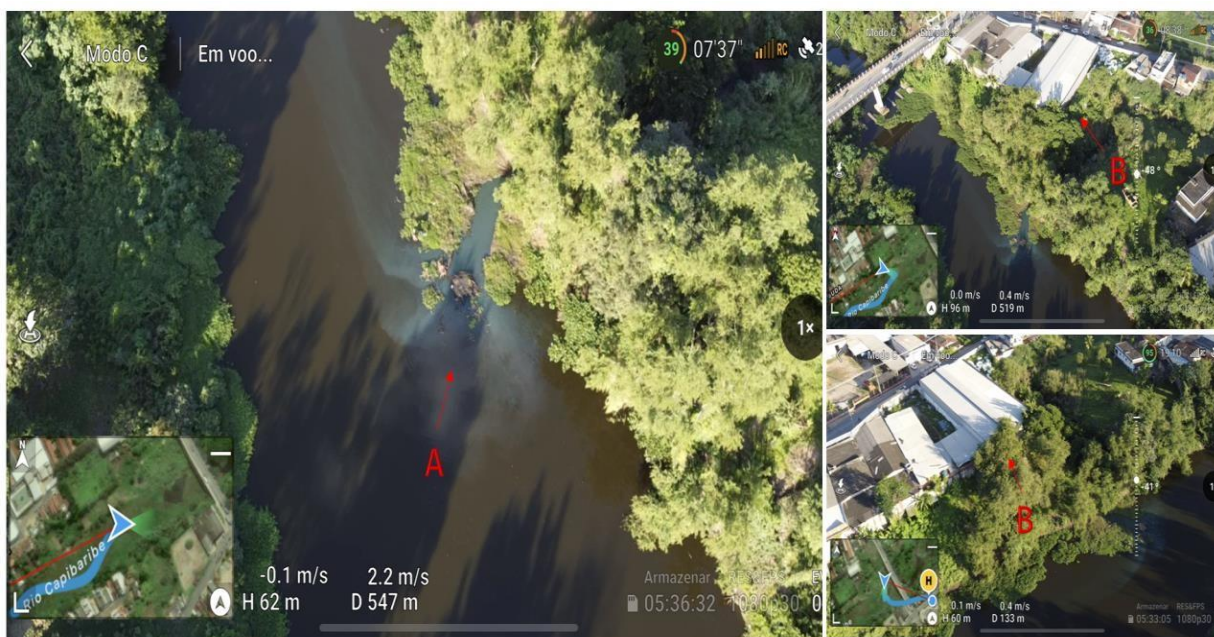
5.6 IDENTIFICAÇÃO DE FONTES POLUIDORAS E ÁREAS DEGRADADAS

Com base nos resultados de qualidade da água que foram obtidos, sentiu-se também a necessidade de identificar as fontes poluidoras e trechos das margens do Rio Capibaribe com desmatamento da cobertura vegetal (mata ciliar), ao longo do trecho urbano utilizado nesse estudo.

As fontes poluidoras são de origem difusa ou pontual, quando não podem ser facilmente identificadas ou quando há nitidamente o reconhecimento de sua origem, respectivamente. De acordo com Menezes et al. (2009), reconhecer a origem da poluição, seja de fontes pontuais ou difusas, é fundamental, sobretudo quando na região não há tratamento prévio de esgotos e existem diversas fontes poluidoras pontuais.

No trecho do Rio Capibaribe em Limoeiro, foram identificadas diversas fontes pontuais de poluição, em que foram detectados esgotos oriundos da rede de saneamento da cidade, bem como, das residências cujo quintal está próximo ao rio, conforme observa-se nas figuras 13 a 16, em que **A** indica a poluição pontual e **B** indica a origem.

Figura 14 – Fonte pontual de poluição no Rio Capibaribe, próximo ao local conhecido por Ponte Nova em Limoeiro, Pernambuco



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Figura 15 – Fonte pontual de poluição no Rio Capibaribe, próximo ao local conhecido por Ponte Velha, em Limoeiro, Pernambuco



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Figura 16 – Fonte pontual de poluição no Rio Capibaribe, ao lado das futuras instalações do Centro de Artesanato de Limoeiro, no centro comercial, Pernambuco



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Figura 17 – Fonte pontual de poluição no Rio Capibaribe, oriundas de residências ribeirinhas e esgotos da cidade, em Limoeiro, Pernambuco



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Além das fontes pontuais de poluição que foram apresentadas acima, identificaram-se fontes de origem difusa, cujos lançamentos dos efluentes também contaminam a água do rio e contribuem para resultados abaixo do ideal, sobretudo com a alta deposição de matéria orgânica e reprodução de microrganismos termotolerantes, conforme já discutido anteriormente.

Sobre essas fontes de poluição, Costa & Britto (2014) recomendam que é necessário executar um trabalho de abordagem interdisciplinar que vise melhorar a qualidade socioambiental da região, com projetos de saneamento, construção de parques lineares urbanos e, sobretudo, com a Educação Ambiental para reconstrução da identidade do rio junto aos munícipes.

Chamun (2008) aponta que é indispensável o estudo e quantificação das fontes difusas de poluição, quando se busca promover alternativas para o gerenciamento de recursos hídricos, tanto para a avaliação do controle da poluição quanto para a implantação de redes coletoras de esgotos, por exemplo.

A autora também destaca que a poluição difusa reduz consideravelmente a disponibilidade da água, de forma qualitativa, citando alguns usos essenciais, tais como: abastecimento doméstico, recreação e preservação dos ecossistemas aquáticos; além de intensificar doenças por vetores presentes na água (principalmente, nas populações ribeirinhas) e causar prejuízos estéticos ao corpo hídrico.

A figura 17 apresenta algumas fontes difusas de poluição que também foram identificadas durante o estudo, em que **A** indica o lançamento do efluente no leito do Rio Capibaribe.

Figura 18 – Fontes difusas de poluição no Rio Capibaribe, no trecho urbano de Limoeiro, Pernambuco

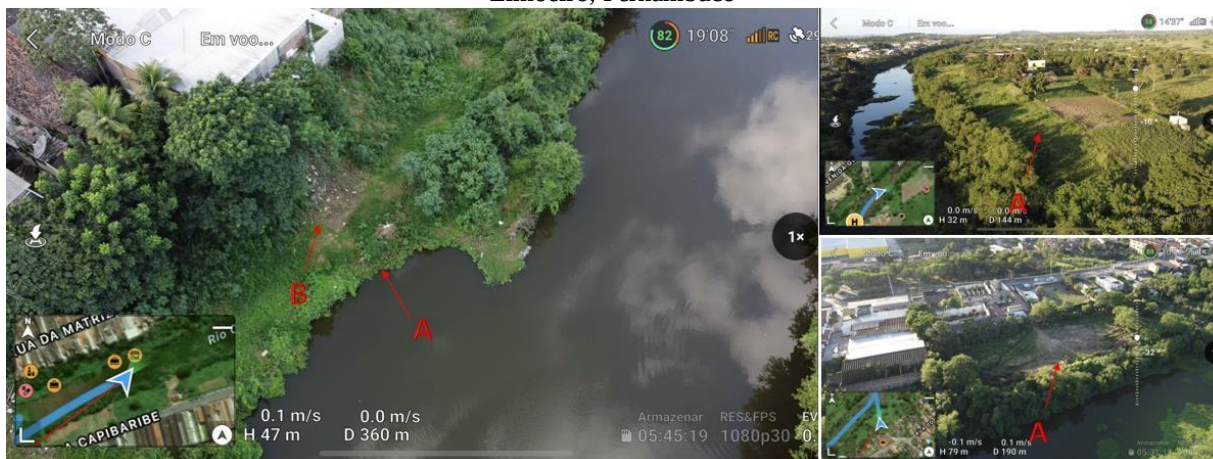


Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Souza (2012) afirma que o processo de degradação elevada que é ocasionado devido às atividades antrópicas, como agricultura e urbanização, contribui para a carga poluente no corpo hídrico.

Sendo assim, buscou-se também identificar trechos do rio, na área urbana de Limoeiro, em que se percebeu claramente a degradação da mata ciliar e ocupação para realização de atividades antrópicas, conforme está sendo exposto na figura 18, em que **A** indica áreas desmatadas e **B** descarte inadequado de resíduos sólidos.

Figura 19 – Áreas desmatadas e descarte inadequado de resíduos sólidos, às margens do Rio Capibaribe, em Limoeiro, Pernambuco



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Vale ressaltar que, de acordo com dados obtidos no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2021), do total de 9,7 milhões de habitantes, 7,8 milhões de pernambucanos residem em áreas urbanas, e destes, apenas 35,8% da população é contemplada com atendimento com rede de esgoto. Ainda se destaca que apenas 27,8% dos municípios possuem sistema de drenagem.

Em relação ao município de Limoeiro, foi possível obter dados quanto ao esgotamento sanitário, uma vez que o mesmo se encontra inadimplente para esgoto, conforme aponta o SNIS (2021). O que difere dos municípios próximos, que apresentam as seguintes situações, conforme apresentado no Quadro 11.

Quadro 11 – Dados referentes ao esgotamento sanitário nos municípios próximos a Limoeiro

Município	Localização	Situação	Percentual de Coleta de Esgoto	Percentual de Tratamento de Esgoto Coletado
Surubim	À jusante	Adimplente	15,1	100
Salgadinho	À jusante	Inadimplente	-	-
Passira	À jusante	Adimplente	-	-
Lagoa do Carro	À montante	Adimplente	-	-
Lagoa de Itaenga	À montante	Inadimplente	-	-
Carpina	À montante	Adimplente	-	-

Fonte: SNIS (2021)

Apesar de alguns municípios à montante e jusante de Limoeiro terem apresentado uma situação Adimplente, conforme o SNIS (2021), apenas o município de Surubim disponibilizou informações quanto ao percentual de esgoto coletado e tratado em seu território, dificultando um diagnóstico mais preciso quanto ao total de carga de efluentes lançados no rio Capibaribe, em Limoeiro e adjacências.

Sendo assim, com base em todos os resultados apresentados acima, foi possível constatar a necessidade de ampliar os estudos referentes à qualidade da água do rio Capibaribe, em diversos pontos na bacia hidrográfica, a fim de que possamos ter um cenário atual mais preciso, efetivando o enquadramento (sobretudo em outros trechos urbanos) como um instrumento de gestão dos recursos hídricos, e que contribua para a elaboração de ações que corroborem para melhorias em cenários futuros.

Neste sentido, destaca-se também o papel que a Amatur Ong vem desempenhando não apenas na esfera municipal, e que apresenta significativas contribuições para a conservação da fauna e flora e cuidado com o rio Capibaribe, além de fornecer dados que contribuem para o progresso científico do país.

5.7 VISLUMBRANO UM FUTURO SUSTENTÁVEL: O RIO QUE QUEREMOS E QUE PODEMOS TER (UM OLHAR DE ESPERANÇA)

O rio Capibaribe carrega consigo não apenas água, mas também histórias, culturas e um potencial imensurável. Contudo, a realidade atual do rio não condiz com o seu potencial máximo.

Conforme já visto nesse estudo, a qualidade da água do rio Capibaribe ainda está aquém do desejável para muitos dos usos que podemos ter. É imperativo, portanto, que avancemos na implementação de medidas que garantam a melhoria contínua da qualidade da água, alinhando-nos com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 e outros documentos normativos.

Além disso, é importante que se tenham mais investimentos para cumprimento das diretrizes contidas na Política Nacional e Estadual de Recursos Hídricos para a gestão integrada e sustentável da água do rio Capibaribe, promovendo a participação social e a articulação entre os diferentes atores envolvidos na gestão das águas.

No contexto desse rio, isso significa não apenas ações pontuais, mas sim uma abordagem abrangente que envolva a implementação de todos os instrumentos de gestão de recursos hídricos previstos na legislação, em especial o monitoramento e fiscalização, possibilitando um diagnóstico mais preciso quanto à qualidade da água, que subsidiará ações de planejamento a médio e longo prazo, visando a manutenção na Classe 2.

Para alcançar a visão do rio que queremos, é fundamental que haja um esforço conjunto de todos os setores da sociedade, desde o poder público até a população local. Isso envolve não apenas a implementação efetiva das políticas e instrumentos de gestão, mas também um monitoramento e fiscalização constantes, garantindo o cumprimento das normas e a eficácia das medidas adotadas.

Dessa forma, o Capibaribe pode tornar-se um símbolo de sustentabilidade e qualidade de vida para as gerações futuras, desde todos os entes estejam dispostos a assumir o compromisso de cuidar e preservar desse importante patrimônio pernambucano.

6 CONCLUSÃO

Muito embora a Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe esteja enquadrada na Classe 2, diversas ações antrópicas afetam diretamente a qualidade da água e seus múltiplos usos, requerendo um estudo mais detalhado para o enquadramento adequado em cada área da bacia hidrográfica, e considerando as características locais.

Sendo assim, recomenda-se que os órgãos governamentais apliquem o método PDCA como ferramenta para a gestão hídrica na bacia, planejando e executando ações que visem reduzir a poluição e desmatamento, verificando em curto e longo prazo, os efeitos destas intervenções.

Foram comprovadas, por exemplo, alterações nos níveis de OD, com considerável subida entre os meses de outubro e novembro/2022, e aumento na identificação de larvas e vermes transparentes e escuros, durante os meses de agosto a outubro/2022, contribuindo para melhoria na qualidade da água, no trecho utilizado para o estudo.

Logo, a maioria dos resultados de cada parâmetro físico-químico (obtido por meio do Programa Observando Os Rios e fornecidos pela CPRH) estavam condizentes com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005 para corpos hídricos de Classe 2.

Contudo, recomenda-se ao governo estadual uma revisão nas ações de investimentos contidas no Plano Hidroambiental do Rio Capibaribe, para que sejam atualizados os dados referentes à qualidade da água, considerando os resultados aqui apresentados, e outros trabalhos técnicos publicados; além da necessidade de ampliar os pontos de monitoramento em toda a bacia, por meio da CPRH e APAC.

Sugere-se à Companhia Pernambucana de Saneamento que sejam implementadas ações de investimentos em sistemas de esgotamento sanitário.

Aos governos municipais, recomenda-se que sejam desenvolvidas atividades contínuas de monitoramento, em trechos do rio localizados nos seus territórios, e que contribuam como subsídios para uma futura proposta de enquadramento na bacia hidrográfica.

Destaca-se também a importância de atualização dos dados no SNIS, e aplicação do método PDCA como instrumento de gestão planejada, por parte dos governos municipais visando a estruturação das ações e projetos para melhoria na qualidade da água e revitalização do rio. Além da necessidade de recuperação da mata ciliar e investimentos para implementação de sistemas de esgotamento sanitários nos centros urbanos e efetivação da Política Nacional de Educação Ambiental, como forma de sensibilizar os educandos para o cuidado com o rio Capibaribe.

Ainda no presente estudo, como produto final, foi elaborada a cartilha “Capibaribe: o rio que temos, que queremos e que podemos ter”, com o intuito de contribuir para disseminação de informação referentes ao tema e área em que se deu a pesquisa, disponibilizada gratuitamente, em versão digital, para escolas, órgãos públicos municipais responsáveis pela gestão ambiental, e para membros do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe; como uma maneira de conscientizar e sensibilizar quanto à situação atual do rio e sua importância.

A cartilha (produto final) constituiu-se como última etapa desse estudo, baseada no ciclo PDCA, em que a ação concreta corroborou na disseminação das informações que foram obtidas e verificadas nas fases iniciais do ciclo.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **O Comitê de Bacia Hidrográfica: o que é e o que faz?**. Volume 1. Brasília: ANA, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **O Comitê de Bacia Hidrográfica: prática e procedimento**. Volume 2. Brasília: ANA, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Planos de Recursos Hídricos e Enquadramento dos Corpos de Água**. Brasília: ANA, 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Alternativas organizacionais para gestão de recursos hídricos**. Brasília: ANA, 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Sistemas de Informação na Gestão das Águas: conhecer para decidir**. Brasília: ANA, 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Manual de Usos Consultivos da Água no Brasil**. Brasília: ANA, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores**. Brasília: ANA, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Enquadramento dos corpos d'água em classes**. Brasília: ANA, 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Uso da água na agricultura de sequeiro**. Brasília: ANA, 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Plano de Recursos Hídricos**. Brasília: ANA, 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas – PNQA**. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/pnqa.aspx>. Com acesso em 15 jul. 2023.

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. **Bacias Hidrográficas – Rio Capibaribe**. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/bacias-hidrograficas-rio-capibaribe/162-bacias-hidrograficas-rio-capibaribe/193-bacia-do-rio-capibaribe>. Com acesso em jan. 2023.

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. **Comitê de Bacia – Rio Capibaribe**. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/150-comite-de-bacia-rio-capibaribe/137-comite-do-rio-capibaribe>. Com acesso em abr. 2023.

ALESSIO, C. **Impactos antrópicos na comunidade de macroinvertebrados bentônicos em lagos subtropicais**. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Toledo, p. 29. 2020.

ALMEIDA, Geane Silva de; OLIVEIRA, Iara Brandão de. **Utilização do Índice de Qualidade de Água IQA-CCME para avaliação das águas dos rios Petecada e Lamarão**. XX SBRH - Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves – RS, 2013.

ALVES, Thiago Caique; GIRARDI, Rúbia; PINHEIRO, Adílson. **Micropoluentes orgânicos: ocorrência, remoção e planejamento**. REGA, Porto Alegre, v.14, e1, 2016.

ALVES, Viviane Cristina Soares. **Revisão bibliográfica: importância e métodos aplicados à administração**. Trabalho de conclusão de curso (Administração) – Centro Universitário de Brasília. Brasília, p. 34. 2015.

AMATUR Sociedade de Apoio Ao Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Estatuto da Sociedade de Apoio Ao Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável**. Registro de títulos e documentos, Limoeiro, 2008.

ANDRADE, Eunice M. de; ARAÚJO, Lúcia de F. P.; ROSA, Morsyleide F.; DISNEY, Walt; ALVES, Aurilea B. **Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.27, n.3, p.683-690, set./dez.2007.

ARAGÃO, J. **Margens de rios em cidades: análise de dilemas ambientais a partir de recortes de paisagens na cidade de Limoeiro – Pernambuco**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, p. 124. 2013.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE PERNAMBUCO. **Lei Nº 12.984, de 30 de dezembro 2005**. Disponível em: <https://legis.alepe.pe.gov.br/texto.aspx?tiponorma=1&numero=12984&complemento=0&ano=2005&tipo=&url=>. Com acesso em 18 set. 2022.

BARRETO, Luciano Vieira; BARROS, Flávia Mariani; BONOMO, Paulo; ROCHA, Felizardo Adenilson; AMORIM, Jhones da Silva. **Eutrofização em rios brasileiros**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16; p. 2013.

BIGUELINI, C. **Qualidade da água e poder de depuração do rio Marrecas em seu médio e baixo curso**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Francisco Beltrão, p. 175. 2013.

BITENCOURT, Camila de Carvalho Almeida de; FERNANDES, Cristóvão Vicente Scapulatempo; GALLEGO, Carlos Eduardo Guri. **Panorama do enquadramento no Brasil: Uma reflexão crítica**. REGA, v. 16, e9, 2019.

BRONZATO, G. **Investigação da biomassa de *Eichhornia crassipes* (aguapé) para a obtenção de etanol de segunda geração como um processo mitigatório da poluição aquática**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Botucatu, p. 92. 2016.

BOLLMANN, Harry Alberto; MARQUES, David da Motta. **Bases para a estruturação de indicadores de qualidade das águas**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 5 n.1 Jan/Mar 2000.

BRAGA, Salatiel Ewen; WANDERLEY, Ricardo Andrade; HOLANDA, Tiago Fernando de; CALDAS, Anildo Monteiro. **Aplicação da Análise Hierárquica para mapeamento de risco de inundação: O caso no município de Limoeiro (Pernambuco - Brasil)**. Meio Ambiente (Brasil), v.2, n.1. 057-066. 2020.

BUENO, Ádamo Alves; FALCÃO, Beatriz Cerqueira; FONSECA, Brenno dos Santos; ALVES, Juliana Reis Rodrigues; CHAVES, Leandro de Oliveira; FILHO, Ricardino Arruda da Silva. **Ciclo PDCA**. Trabalho de curso (Administração e Finanças para Engenharia) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Goiânia, p. 12. 2013.

CAETANO, Tiago Oliveira; PAIVA, Anderson Luiz Ribeiro de; SILVA, Simone Rosa da; COUTINHO, Artur Paiva; CIRILO, José Almir; CABRAL, Jaime Joaquim da Silva Pereira. **Abastecimento rural de água: uso e demanda em comunidades do Semiárido e a disponibilidade hídrica das aluviões**. REGA, v. 17, e8, 2020.

CARNELLOSI, C. **Aporte de sedimentos, nutrientes e microrganismos no rio Portuguesa**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, p. 94. 2007.

CARVALHO, Maria Eduarda; ALENCAR, Juliana; RIBEIRO, Marcos Henrique Gomes. **Revitalização de rios através de soluções baseadas na natureza: o Parque Caiara como elemento de recuperação do rio Capibaribe, Recife – PE**. XIV Encontro Nacional de Águas Urbanas e IV Simpósio de Revitalização de Rios Urbanos: Brasília – DF, 2022.

CARVALHO, Maria Eduarda; CABRAL, Jaime Joaquim da Silva Pereira; MOURA, Micaella. **Reflexões sobre pontos críticos em um trecho do rio Capibaribe no Recife e perspectivas de revitalização**. XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (ISSN 2318-0358): Belo Horizonte – MG, 2021.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. São Paulo: CETESB, 2011.

CHAMUN, Camille Couto. **Avaliação da poluição difusa de esgoto doméstico veiculado à bacia hidrográfica urbana**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2008.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIBARIBE. **Estatuto Social do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe – COBH Capibaribe**. Recife, 2007.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpc ajpcglclefindmkaj/https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Com acesso em 18 set. 2022.

COSTA, Isabella de Andrade Adauto; BRITTO, Ana Lúcia. **Rio das Pessoas: revitalização, integração e habitação social na comunidade de Rio das Pedras no Rio de Janeiro**. Anais do III Seminário Nacional sobre o Tratamento de Áreas de Preservação Permanente e Meio Urbano e Restrições Ambientais ao Parcelamento do Solo. Universidade Federal do Pará. Belém/PA, 2014.

COSTA, R. **Lagoas de aguapés no tratamento terciário de dejetos de suínos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 93. 1998.

CREPALLI, M. **Qualidade da água do Rio Cascavel**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Meio Ambiente) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, p. 77. 2007.

DIETER, J. **Poluição difusa por fósforo devido a aplicação de água residuária da suinocultura sob condição de chuva simulada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, p. 51. 2009.

DUTRA, Maria Tereza Duarte; FREITAS, Nadjane Maria Vasconcelos de; SILVA, Ricardo Bruno Rodrigues da; BARBOSA, Ioná Rameh. **Uma leitura do Plano Hidroambiental do Rio Capibaribe em Pernambuco, Brasil, à luz dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030**. XV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Caruaru: Pernambuco, 2020.

ECHER, Isabel Cristina. **A revisão de literatura na construção do trabalho científico**. R. Gaúcha Enfermagem, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 5-20, jul. 2001.

FARIA, Pedro Oliveira; SANTOS, Simone Mendonça dos; PIZELLA, Denise Gallo. **Desafios do enquadramento das águas doces superficiais nas bacias de rios estaduais: o que dizem os membros dos comitês e pesquisadores da área?**. Rev. Gest. Água Am. Lat., Porto Alegre, v. 19, e10, 2022.

FONSECA, Augusto V. M. da; MIYAKE, Dario Ikuo. **Uma análise sobre o Ciclo PDCA como um método para solução de problemas da qualidade**. XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE. 2006.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Programa Observando Os Rios**. Disponível em: <https://observandoosrios.sosma.org.br/>. Com acesso em jan. 2023.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de Pesquisa**. 1ª Edição. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIRÃO, Enio Giuliano ANDRADE, Eunice Maia de; ROSA, Morsyleide de Freitas; ARAÚJO, Lúcia de Fátima Pereira de; MEIRELES, Ana Célia Maia. **Seleção dos indicadores da qualidade de água no Rio Jaibas pelo emprego da análise da componente principal**. Revista Ciência Agronômica, v.38, n.1, p.17-24, 2007.

HENDRIX, Izabela. **Estudo dos fatores que levam à mortalidade de peixes de água doce**. Centro Universitário Metodista: Belo Horizonte – MG, 2010. Disponível em: <file:///C:/Users/ricardo.rodrigues/Downloads/554-1526-1-SM.pdf>. Com acesso em 21 jan. 2023.

LIMA, Daiane da Silva Ferreira; DUARTE, Petra Oliveira; SOUSA, Fabiana de Oliveira Silva. **Condições de Trabalho e Utilização de Serviços de Saúde por Catadores de Materiais Recicláveis no Município de Limoeiro – PE**. Revista Saúde em Redes (ISSN 2446-4813), v. 8, n. 1. 2022.

LIMA, Laura Bertolino de Souza; RIBEIRO, Elizêne Veloso; JUNIOR, Antônio Pereira Magalhães. **Índice de qualidade da água no Baixo Rio das Velhas: experiência metodológica com IQA CCME**. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Maceió: AL, 2011.

LIMBERGER, S. **Microalgas perifíticas como bioindicadores ambientais na foz do rio Ocoy – Tributário do Lago de Itaipu – PR**. Monografia (Curso Superior de Tecnologia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, p. 36. 2011.

LOPES, Beatriz Cristina; ALVES, Joseanna de Paiva. **Ciclo PDCA aplicado na indústria do pescado**. Braz. J. Anim. Environ. Res., Curitiba, v. 3, n. 3, p. 1370-1379, jul./set. 2020.

MACEDO, Carla Fernandes; SIPAÚBA-TAVARES, Lúcia H. **Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações**. Bol. Inst. Pesca, São Paulo, 36(2): 149 – 163, 2010.

MACIEL, Daniele Claudino; COSTA, Bruno Varella Motta da; SANTOS, Lilia Pereira de Souza; SOUZA, José Roberto Botelho de; ZANARDI-LAMARDO, Eliete. **Avaliação da toxicidade dos sedimentos do sistema estuarino do Rio Capibaribe (Pernambuco, Brasil) utilizando o copépodo bentônico *Tisbe biminiensis* Volkmann Rocco (1973)**. Tropical Oceanography, Recife, v. 43, n. 1, p. 26-37, 2015.

MACHADO, Enéas Souza; KNAPIK, Heloise Garcia; BITENCOURT, Camila de Carvalho Almeida de. **Considerações sobre o processo de enquadramento de corpos de água.** Eng Sanit Ambient, v.24, n.2, mar/abr. 2019.

MALAGI, I. **Qualidade da água por indicadores ambientais e análise da resistência de *E. coli* isoladas em águas superficiais urbanas.** Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, p. 37. 2018.

MATEUS, Marcos Vinícius; GONÇALVES, Júlio Cesar de Souza Inácio; JÚNIOR, Guilherme Barbosa Lopes; OKURA, Mônica Hitomi. **Análise de incerteza e modelagem de qualidade da água do Rio Uberaba, Minas Gerais.** Revista Brasileira de Ciências Ambientais ISSN Eletrônico 2176-9478. ABES: 2015.

MELO, Vitor Barbosa; VASCONCELOS, Rochele Sheila; CIRILO, José Almir. **Análise espaço-temporal da mudança do uso e ocupação do solo no entorno dos principais rios da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe.** XV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste: Remoto. 2020.

MENEZES, Juliana M.; PRADO, Rachel B.; JÚNIOR, Gerson C. da Silva; MANSUR, Kátia L.; OLIVEIRA, Elba dos S. de. **Qualidade de água e sua relação espacial com as fontes de contaminação antrópicas e naturais: Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos – RJ.** Eng. Agríc., Jaboticabal, v.29, n.4, p.687-698, out./dez. 2009.

MESS, J. **Uso de aguapé (*Eichhornia crassipes*) em sistema de tratamento de efluente de matadouro e frigorífico e avaliação de sua compostagem.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, p.70. 2006.

MESS, Juliana Bortoli Rodrigues; DAMASCENO, Simone; BOAS, Márcio Antônio Vilas; FAZOLO, Ajadir; SAMPAIO, Silvio César. **Estabilização da biomassa de aguapé através da compostagem com águas residuárias de suínos e resíduos de frigorífico.** Ciências Agrárias, vol. 30, núm. 3, jul-set, 2009.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento.** Painel de Saneamento. Mapa de Indicadores de Esgoto. Disponível em: http://appsniis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua_esgoto/mapa-esgoto/?cod=2608909. Com acesso em 10 jul. 2023.

OLIVEIRA, Rubens Alves de; DENÍCULI, Wilson; ITABORAHY, Cláudio Ritti; CECON, Paulo Roberto. **Redução da demanda bioquímica de oxigênio de águas residuárias da suinocultura com o emprego da macrófita aquática.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.1, p.81-86, 2000.

PACHECO, Ana Paula Reusing; SALLES, Bertholdo Werner; GARCIA, Marcos Antônio; POSSAMAI, Osmar. **O ciclo PDCA na gestão do conhecimento: uma abordagem sistêmica.** Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.issbrasil.usp.br/artigos/ana.pdf>. Com acesso em 23 jun. 2022.

PATINO, Cecília Maria; FERREIRA, Juliana Carvalho. **Critérios de inclusão e exclusão em estudos de pesquisa: definições e por que eles importam.** J Bras Pneumol. 2018;44(2):84-84.

PERNAMBUCO. **Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe. Tomo III - Planos de Investimentos.** Projetos Técnicos. Recife, 2010. CDU 556.51.

PERNAMBUCO. **Plano Estadual de Recursos Hídricos.** Projetos Técnicos. Recife, 2022.

PESSOA, Jonas Onis; PAIVA, Anderson Luiz Ribeiro de; LIMA, Anderson Matheus de Sousa; COUTINHO, Artur Paiva; PESSOA, Jonatan Onis Pessoa. **Uso de um método inovador para análise de tendência da precipitação total anual na Bacia do Rio Capibaribe.** XVI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste: Caruaru – PE, 2022.

PESSÔA, Zúri Bao; FONTES, Andrea Sousa; MEDEIROS, Yvonilde Dantas Pinto. **Enquadramento de corpos d'água para fins de consumo humano em regiões semiáridas: avaliação conforme Resolução CONAMA 357/2005 e Portaria MS 2914/2011.** RBRH vol. 20 no.2 Porto Alegre abr./jun. 2015 p. 496 – 506.

PIEDRAS, Sérgio Renato Noguez; BAGER, Alex; MORAES, Paulo Roberto Rocha; ISOLDI, Loraine André; FERREIRA, Otoniel Geter Lauz; HEEMANN, Christiane. **Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade de água na Barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS, Brasil.** Ciência Rural, Santa Maria, v.36, n.2, p.494-500, mar-abr, 2006.

POERSCH, A. **Demanda bioquímica de oxigênio: aspectos históricos, metodológicos, climatológicos e socioeconômicos.** Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Toledo, p. 44. 2021.

REIS, José Antônio Tosta dos; VALORY, Juliana Louzada Pereira; MENDONÇA, Antonio Sérgio Ferreira. **Seleção de eficiências de tratamento de esgotos a partir da manutenção de equidade entre sistemas de tratamento - uma abordagem para o gerenciamento de bacias hidrográficas.** RBRH vol. 20 n.4, Porto Alegre out./dez. 2015.

RIBAS, Priscila Pauly; SANTOS, Erickson Oliveira dos; COSTA, Cleidiane Cunha; GONZÁLES, Pedro Luis Sosa. **Remoção de produtos farmacêuticos no tratamento avançado de matrizes aquosas: um estudo piloto.** Rev. Gest. Água Am. Lat., Porto Alegre, v. 19, e12, 2022.

RIBEIRO, R. **Evolução espaço-temporal na qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca – Pernambuco, Brasil.** Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2020.

RODRIGUES, Arivânia Bandeira; MOURA, Marina de Paula; MOURA, Lysanne de Souza; CABRAL, Jaime Joaquim Pereira da Silva Pereira. **Proposta de classificação de um trecho do Rio Capibaribe em Limoeiro – PE.** XV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste: Remoto. 2020.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. **Estudos de revisão sistêmica: um guia para síntese criteriosa da evidência científica.** Rev. bras. fisioter., São Carlos, v. 11, n. 1, p. 83-89, jan./fev. 2007.

SANT'ANA, Andréa Cristina; VITAL, Marcos José Salgado; SILVA, Henrique Eduardo Bezerra da. **Influência da urbanização na qualidade da água do Rio Branco e afluentes no município de Boa Vista, Roraima, Amazônia Brasileira.** REGA, v. 16, e6, 2019.

SCHMIDT, A. **Impactos antrópicos na qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco Verdadeiro.** Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, p. 76. 2014.

SILVA, Maycon Breno Maceno da. **Análise de múltiplos aspectos da governança da água em sistemas hídricos locais.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2022.

SILVA, Gilson Lima da; AURELIANO, Joana Teresa; LUCENA, Sandra Valeria de Oliveira. **Proposição de um índice de qualidade de água bruta para abastecimento público.** REGA – Vol. 9, no. 1, p. 17-24, jan./jun. 2012.

SILVA, Hernane Teixeira da. **Uso do IQA-CCME como ferramenta de avaliação da qualidade da água do rio Pomba MG.** XIII Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe. Aracaju: Sergipe, 2021.

SILVA, Juliana Andrade da; SILVA, Jéssica Emanuely Ramos da; FERREIRA, Jéssica Rosete; ALMEIDA, Leandra Oliveira de; SILVA, Helena Paula de Barros. **Poluição em rios urbanos: o caso do Rio Capibaribe em Limoeiro – PE.** V Congresso Nacional de Educação: ISSN: 2358-8829. 2018.

SILVA, Lais Colombo; MARCHELLO, Adriano Evandir; CARDOZO, Gabriela Santos; SILVA, Gustavo Henrique Ribeiro da. **Crescimento de microalgas em diferentes condições de tratamento terciário de efluente secundário.** Environmental Science & Technology Innovation, Bauru, v. 1, n.1, p. 88-99, junho 2022.

SILVA, M. **Análise de múltiplos aspectos da governança da água e sistemas hídricos locais.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, p. 88. 2022.

SILVA, Plínio Emanuel Rodrigues. **Geoquímica dos solos e sedimentos da Bacia do Rio Pelotas.** Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2021.

SOUZA, L. **Uma análise crítica da qualidade de águas destinadas ao consumo humano no município de Beltrão – PR.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Francisco Beltrão, p. 151. 2015.

SOUZA, M. **Qualidade da água por indicadores biológicos e análise de resitência de cepas de *Escherichia coli* isoladas no rio Cascavel, Paraná.** Dissertação (Mestrado em Conservação e Manejo de Recursos Naturais) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, p. 53. 2012.

SOUZA, Marielle Medeiros de. **Carga de poluição difusa em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2012.

SOUZA, T. **Diagnóstico da qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Campo em Campo Mourão, PR.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon, p. 130. 2021.

URBAN, Marlei Francieli. **Análise socioambiental de propriedades agrícolas e monitoramento da contaminação da água e do solo por metais pesados na microbacia do córrego Ajuricaba em Marechal Cândido Rondon – PR.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural Sustentável) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon, 2015.

VILLAR, Pilar Carolina; HIRATA, Ricardo; ALBUQUERQUE, José Luiz; CARVALHO, Ana Maciel de. **As águas subterrâneas na política nacional de recursos hídricos.** Brasília: ANA, 2022.

**APÊNDICE A – ESCALAS COLORIMÉTRICAS UTILIZADAS, ADAPTADO PELO AUTOR COM INFORMAÇÕES DA SOS
MATA ATLÂNTICA (2016)**



APÊNDICE B – DADOS OBTIDOS NAS COLETAS, NO TRECHO DO RIO CAPIBARIBE EM LIMOEIRO, PERNAMBUCO, POR MEIO DO PROGRAMA OBSERVANDO OS RIOS (2023)

Data da Análise	Nº de Participantes	Temperatura da Água	Temperatura Ambiente	Condições Climáticas	Transparência da Água / Turbidez	Transp. UTJ	Espumas	Lixo Flutuante	Cheiro	Material Sedimentável	Peixes	Larvas e Vermes Vermelhos	Larvas/Vermes Transp. ou escuros	Coliformes Totais	Oxigênio Dissolvido (OD)	Oxig. PPM	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	DBO PPM	Potencial Hidrogeniônico (pH)	pH Valor	Nitrato (NO3)	NO3 PPM	Fosfatos (PO4)	PO4 PPM	Nota Final
30/12/2022 16:30	1	26,00	31,00	Céu Limpo	2	60,00	3	2	2	3	2	2	2	1	2	4	3	0	2	8	3	3	1	4	30
30/11/2022 15:00	1	26,00	27,00	Parcialmente Nublado	2	60,00	3	2	2	2	2	2	2	1	2	5	3	1	2	8	2	5	2	2	29
27/10/2022 10:30	2	29,00	28,00	Céu Limpo	2	50,00	3	2	2	3	2	2	3	1	2	6	3	2	2	8	3	4	1	4	31
30/09/2022 14:00	1	27,00	30,00	Céu Limpo	2	70,00	2	1	1	2	2	2	3	1	1	2	3	1	2	8	2	5	1	4	25
31/08/2022 15:30	1	24,00	27,00	Parcialmente Nublado	2	70,00	3	2	1	2	2	3	3	1	1	3	3	0	2	8	2	5	1	4	28
30/07/2022 12:00	1	26,00	24,00	Céu Limpo	2	50,00	3	2	2	3	2	3	2	1	1	3	3	1	3	7	3	4	1	4	31
30/04/2022 12:00	1	23,00	31,00	Nublado	2	50,00	3	1	2	2	2	3	2	1	1	3	3	3	3	7	2	5	1	4	28
31/03/2022 09:00	1	23,00	25,00	Céu Limpo	2	70,00	3	2	1	3	2	3	1	1	1	2	3	3	2	8	3	5	1	4	28
19/02/2022 09:00	2	27,00	26,00	Céu Limpo	2	80,00	3	2	2	2	2	2	2	1	1	2	3	2	2	9	3	4	1	4	28
22/01/2022 09:00	2	28,00	29,00	Céu Limpo	2	80,00	3	2	1	2	2	3	2	1	1	2	3	2	2	9	3	4	1	4	28
23/12/2021 09:00	3	29,00	27,00	Céu Limpo	2	80,00	3	1	2	2	2	3	2	1	1	2	3	2	2	9	3	4	1	4	28
27/11/2021 09:00	4	28,00	31,00	Céu Limpo	1	100,00	2	1	1	2	2	2	2	1	1	1	3	0	2	9	3	5	1	4	24
15/10/2021 08:55	7	32,00	29,00	Parcialmente Nublado	3	20,00	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	3	0	2	8	2	5	1	4	26
21/09/2021 11:00	2	27,00	32,00	Céu Limpo	2	50,00	3	1	2	2	2	2	2	1	1	1	3	0	2	8	3	4	1	4	27

APÊNDICE C – CARTILHA ELABORADA PELO AUTOR, COMO PRODUTO FINAL DO ESTUDO (2023)

► **CAPIBARIBE:**
O rio que temos,
que queremos,
e que podemos ter.





<https://www.ufrpe.br/br/content/simp%C3%B3sio-debate-alternativas-para-preserva%C3%A7%C3%A3o-ecol%C3%B3gica-do-rio-capibaribe>



<https://www.portaldodog.com.br/cachorros/momento-animal/capivara-a-maior-roedora-da-america-do-sul-tudo-o-que-voce-precisa-saber/>

Organização

Ricardo Bruno Rodrigues da Silva

Revisão

Suzana Maria Gico Lima Montenegro

Fotos

Acervo da Amatur Ong

Diagramação

Rafael Moraes do Rêgo

**Recife - Pernambuco
Brasil - Agosto 2023**

► APRESENTAÇÃO

Olá!

Você conhece o rio Capibaribe e sabe como está a sua atual situação?

Nesta cartilha, apresento aspectos relevantes sobre a qualidade da água no Capibaribe, fomentando uma reflexão acerca de medidas necessárias para a recuperação do rio.

A sua elaboração foi possível através da parceria com diversas instituições que contribuíram no fornecimento de dados e materiais, constituindo-se como produto final do Mestrado Profissional em Rede Nacional e Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROFÁGUA - UFPE).

Estruturada em tópicos, que buscam trazer uma linguagem bastante objetiva e clara, além das informações gerais você também encontra quadros com algumas curiosidades referentes aos temas abordados.

O título faz alusão ao enquadramento, um instrumento da gestão de recursos hídricos fundamental para classificar e propor melhorias na qualidade das águas.

Espero que esta cartilha contribua na sua formação cidadã, possibilitando que você, caro (a) leitor (a), conheça um pouco mais sobre o Capibaribe e reconheça que cada um de nós temos nossa responsabilidade em cuidar do rio.

Boa leitura! Com carinho,

O Autor.

► **AGRADECIMENTOS**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua), Projeto CAPES/ANA AUXPENº.2717/2015, pelo apoio técnico científico.

À professora doutora Suzana Montenegro, por toda orientação na elaboração da pesquisa do mestrado e da presente cartilha.

Às professoras doutoras Maria do Carmo e Tereza Dutra, por toda as contribuições dadas durante a avaliação da pesquisa do mestrado e da presente cartilha.

Ao executores da política de recursos hídricos e instituições civis que contribuíram com o fornecimento de dados, sendo: Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe (COBH Capibaribe), SOS Mata Atlântica e Amatur Ong.

Aos profissionais que contribuíram na elaboração da presente cartilha.

A todos: muito obrigado!



**“Um rio é o que cada um viveu,
imaginou e que sempre é mais que um rio.
É um mar de cultura que flui como
suas águas [...]. Um rio é história.
Dessas histórias da vida real que
passam junto com o rio, ficaram muitas
lições: da sabedoria, paciência,
riqueza dos sentimentos, lembrança
de sua história, mas, principalmente,
pelo sentimento de pertencimento com
este rio tão Capibaribe
(Alexandre Ramos).”**

Extraído do livro *Um rio de gente: histórias,
causos e lendas do Capibaribe*

O RIO CAPIBARIBE...

O rio Capibaribe é o principal corpo hídrico da bacia hidrográfica, que recebe este mesmo nome e que abrange 42 municípios, com uma área de 7.454,88 km², correspondendo a 7,58% da área total do Estado de Pernambuco, de acordo com o Plano Hidroambiental do Capibaribe (PERNAMBUCO, 2010).

Na figura a seguir, podemos observar todos os municípios que estão ineridos na Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe, com destaque para Limoeiro.



Fonte: Aragão (2013, p. 22).



Saiba mais um pouco...

Um bacia hidrográfica é composta por uma rede de drenagem formada por um conjunto de córregos, pequenos rios e outros cursos d'água, que desembocam em um único leito: o rio principal. Na Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe, temos o rio principal (cujo nome atribui-se a ele e à bacia), e alguns afluentes, dentre eles, por exemplo: o rio Goitá e o rio Tapacurá.

A proporção da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe nos leva a compreender que existem diferenças na qualidade de suas águas.

Nascendo em Poção e desaguando no Atlântico (Recife), durante seus 270 quilômetros, o rio Capibaribe passa por áreas urbanas e rurais, que modificam suas características. Nos tempos áureos, Limoeiro convivia, simultaneamente, com a prosperidade e o Capibaribe limpo. O rio era fonte de água para a agricultura e espaço de lazer para as crianças e jovens, que aprendiam a nadar em suas águas (Extraído do livro *Um rio de gente: histórias, causos e lendas do Capibaribe*, p.81).

QUEM CUIDA DO RIO?

Pensando na extensão que um rio possui, logo compreendemos que cuidar de um corpo hídrico é bastante complexo. Concorda?!

Para isso, existe a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei Federal nº 9.433/98, que estabelece a bacia hidrográfica como unidade territorial para gestão dos recursos hídricos.

Ou seja, na prática, o cuidado com as águas em nosso país é feito de forma descentralizada, considerando a realidade de cada bacia hidrográfica, bem como suas macro e microrregiões.

Sendo assim, a PNRH regulamenta que a gestão das águas em uma bacia hidrográfica deve ser responsabilidade dos três segmentos diretamente envolvidos: Poder Público, Sociedade Civil Organizada e Usuários da Água.



Saiba mais um pouco...

Cada segmento acima citado pode indicar profissionais e representantes para compor o Comitê da Bacia (órgão colegiado responsável pela gestão das águas num bacia hidrográfica).

Como exemplos de instituições de cada segmento podemos citar:

- no Poder Público: secretarias de meio ambiente, agricultura, infraestrutura e recursos hídricos, e autarquias;
- na Sociedade Civil Organizada: ONGs, associações, colônias de pescadores, instituições de ensino superior;
- como Usuários da Água: empresas de abastecimento e saneamento, empresas públicas e privadas que fazem a captação da água ou lançamento de efluentes.

Cada comitê é regulamentado por meio de resoluções dos Conselhos de Recursos Hídricos (estes, instituídos por lei) e possui seu Estatuto ou Regimento Interno, que norteia todos os trabalhos e estrutura o seu funcionamento.

Além de estabelecer a bacia hidrográfica como unidade territorial para a gestão dos rios e demais cursos d'água, e de atribuir ao comitê uma fundamental responsabilidade, a PNRH também regulamenta cinco instrumentos que devem ser implementados para uma gestão eficaz, sendo eles:

PLANOS

**ENQUA-
DRAMENTO**

OUTORGA

COBRANÇA

**SISTEMA DE
INFORMAÇÕES**

Complementando a PNRH, aqui no estado de Pernambuco, por meio da Lei Estadual nº 12.984/05, foi instituída a Política Estadual de Recursos Hídricos, que acrescentou mais dois instrumentos para gestão dos recursos hídricos, sendo eles: FISCALIZAÇÃO e MONITORAMENTO.

Embora o comitê seja o órgão colegiado que promove espaços para uma gestão participativa, ele por si só não detém todas as habilidades necessárias para implementar de forma plena os instrumentos acima citados.

Para isso, existem os órgãos executores da Política Nacional de Recursos Hídricos e da Política Estadual de Recursos Hídricos, sendo eles, respectivamente: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC).

Nestes órgãos executores existe um corpo técnico multiprofissional que aplica os instrumentos (já existentes) ou que realiza estudos e propõe estratégias para viabilizar a aplicabilidade dos demais instrumentos (que ainda não foram implementados, a exemplo da cobrança); e que podem, também, assessorar os comitês de bacia ou integrarem como representantes do segmento Poder Público.



Saiba mais um pouco...

Os comitês são distinguidos em comitês federais (quando abrangem bacias hidrográficas que estão inseridas em mais de uma unidade federativa) e comitês estaduais (que corresponde às bacias hidrográficas pertencentes ao território de apenas uma unidade federativa). Embora possua uma vasta extensão territorial e englobe dezenas de municípios, a Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe está totalmente inserida no estado de Pernambuco. Logo, o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe (COBH Capibaribe) é um colegiado de abrangência estadual. Dentre as instituições que compõem o COBH Capibaribe, no segmento Sociedade Civil, no mandato atual podemos citar a Amatur Ong, uma instituição sediada no município de Limoeiro, que há 25 anos atua em defesa do rio Capibaribe, por meio da execução de projetos, participação em colegiados gestores e promoção da Educação Ambiental.

Dentre os instrumentos de gestão dos recursos hídricos, contidos nas políticas nacional e estadual, o enquadramento é o instrumento que possibilita termos um diagnóstico da qualidade da água na bacia hidrográfica, contribuindo para que possamos traçar metas e elaborar estratégias para melhoria ou manutenção da qualidade da água, para o presente e para cenários futuros.

E SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA...

QUE RIO TEMOS?

As condições observadas no rio Capibaribe apontam para uma preocupante situação no que se refere a qualidade e disponibilidade de suas águas.

Embora seja bastante perceptível, que o Capibaribe não possui águas em boa qualidade, como atestamos cientificamente essa informação?

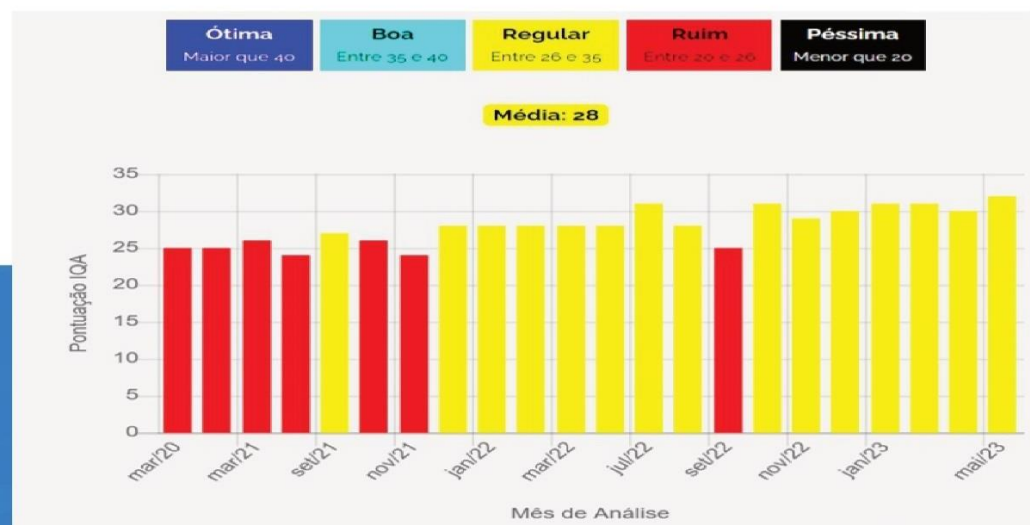
Em alguns pontos do rio Capibaribe, por exemplo, é feito o monitoramento da qualidade da água por meio de programas executados pela Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH) e APAC. Além disso, também existem instituições e seus respectivos voluntários que, em parceria com o Programa Observando Os Rios (da Fundação SOS Mata Atlântica), analisam mensalmente a qualidade da água.



Saiba mais um pouco...

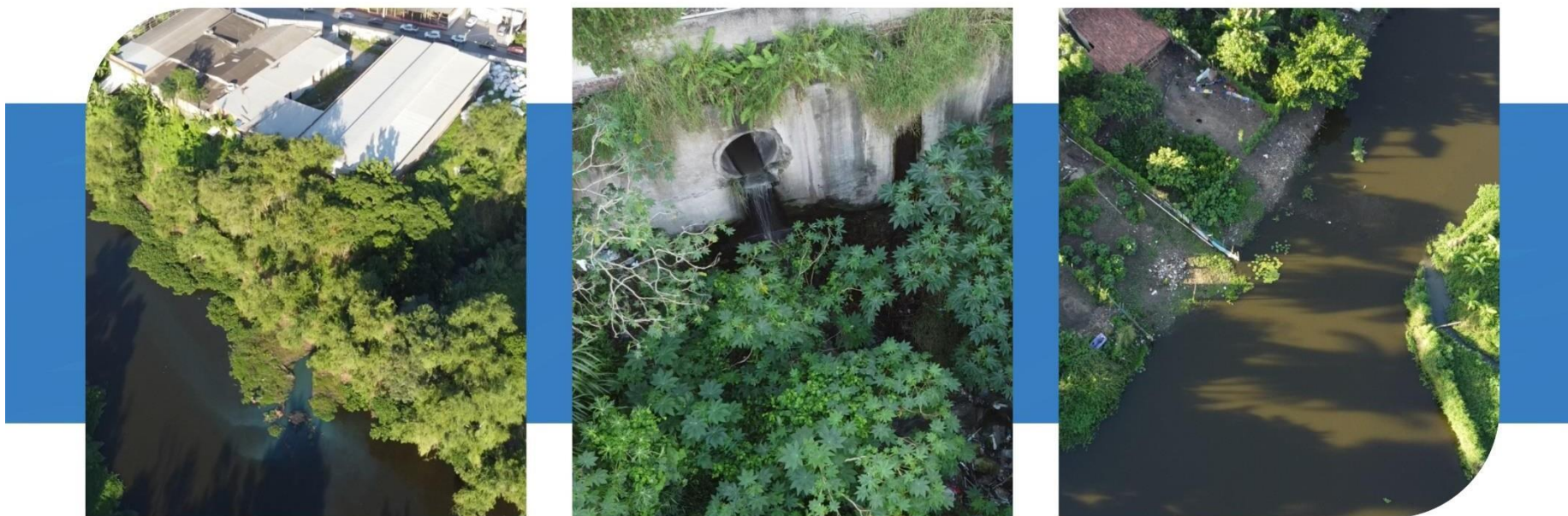
O Índice de Qualidade da Água (IQA) é uma escala, obtida por meio de cálculos referentes a diversos parâmetros físico-químicos e biológicos, que permite classificar a qualidade da água de um corpo hídrico, em categorias que vão desde níveis que indicam uma péssima qualidade à ótima/excelente qualidade. Embora não exista uma padronização universal para obtenção do IQA, são utilizados parâmetros e fórmulas muito parecidas em cada programa ou instituição que realiza o monitoramento.

Através da parceria com o Programa Observando Os Rios (SOS Mata Atlântica), a Amatur Ong realiza desde o período de março/2020 a coleta e análise de alguns parâmetros químicos (oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, pH, fosfato e nitrato), físicos (presença de lixo flutuante, cheiro, turbidez, temperatura ambiente, temperatura da água, condições climáticas), e biológicos (presença de peixes, vermes vermelhos, vermes transparentes ou escuros, bactérias fecais). Com os dados gerados em cada coleta foi possível obter o IQA referente a qualidade da água do rio Capibaribe, no trecho urbano do município de Limoeiro, que está sendo apresentada no gráfico abaixo, em que a cor vermelha indica os meses cuja qualidade apresentou resultados referentes à categoria RUIM, e na cor amarela, para categoria REGULAR.



Fonte: Programa Observando Os Rios, SOS Mata Atlântica (2023)

Os resultados da qualidade da água que foram obtidos em Limoeiro são resultantes da elevada carga de lançamento de efluentes (oriundos de esgotos domésticos e industriais) e da degradação exacerbada da mata ciliar, conforme podemos observar nas imagens abaixo.



Fonte: Acervo da Amatur Ong (2023)

QUE RIO QUEREMOS?

“O Rio Capibaribe
Merece mais atenção
Que se dispense mais cuidado
Ser tratado com dedicação
Que se lhes dê o seu valor
Seja tratado com amor
Lute-se por sua preservação

Que tomemos o exemplo
Do ‘índio’ que aqui viveu
Usufruiu muito do rio
Mas que sempre o defendeu
Tirou do rio seu sustento
Mas nunca em nenhum momento
Do rio ele esqueceu

Lutemos por esta causa
Vamos salvar nosso rio
Esse gigante pernambucano
Vencedor de desafios
Lutemos enquanto é tempo
Antes que chegue o momento
Que percebamos ser tardio

O Rio Capibaribe
É parte de nossa história
Totalmente pernambucano
Em toda sua trajetória
Salvemos nosso rio
Mantendo-o sempre sadio
Como nos tempos de outrora.”



QUE RIO PODEMOS TER?

O cuidado com o rio Capibaribe e o desejo de mudar a sua realidade atual depende de cada um de nós: cidadãos, governantes, pesquisadores e todos os segmentos que compõem a Sociedade.

Como cidadãos, temos o dever de compartilhar as informações (obtidas em fontes confiáveis) e sensibilizar as pessoas que estão ao nosso redor sobre a importância de promovermos ações que contribuam para o cuidado com o rio e o ecossistema que nele predomina.

Para o governo (estadual e municipal), o compromisso é ainda maior. É fundamental que sejam intensificadas as ações de monitoramento da qualidade da água no rio Capibaribe, por meio da ampliação dos pontos de coleta e análise, com a redução no intervalo entre uma coleta e outra, e com o aumento no quadro de profissionais técnicos para acompanhamento periódico.

Além disso, também é imprescindível que sejam realizadas ações de recuperação da cobertura vegetal que compõe a mata ciliar do rio Capibaribe, nas extensas áreas degradadas.

Uma das maneiras de aplicar estas ações, com o objetivo de termos um rio menos poluído, menos assoreado e mais reflorestado em suas margens, é por meio da atualização do Plano Hidroambiental do Rio Capibaribe (PHA Capibaribe).





Saiba mais um pouco...

O PHA Capibaribe é um documento que foi construído de forma participativa, com o objetivo de atender as demandas na gestão dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Capibaribe, implementando soluções eficazes para minimizar os problemas e conflitos existentes em toda a bacia.

Em sua estrutura, o PHA Capibaribe também apresenta um plano de investimentos em que, algumas ações propostas, estão diretamente relacionadas com a melhoria da qualidade da água. A exemplo disso, podemos citar: a implantação de parques urbanos, a criação de Unidades de Conservação e de Reservas Particulares de Patrimônio Natural, a recuperação de áreas degradadas por lixões às margens do rio, a implementação de uma proposta de referência para o enquadramento na Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe, os investimentos em alternativas que simplifiquem para o esgotamento sanitário, além do apoio aos municípios para uma gestão hidroambiental mais eficaz.

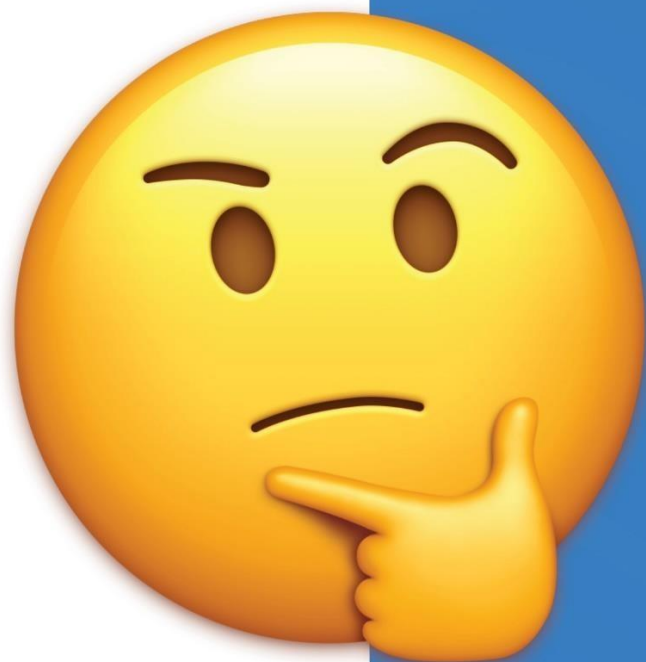
VIU QUE É POSSÍVEL TER UM RIO MELHOR?

Inclusive porque, aqui no Brasil, a meta 6.3 do ODS 6 (Água Potável e Saneamento), estabelece a melhoria da qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejos e minimizando o lançamento de materiais e substâncias perigosas, até 2030. A meta 6.3 ainda propõe a redução, pela metade, na proporção de lançamento de efluentes não tratados e aumentando substancialmente a reciclagem e reuso local, de forma segura.



Fonte: ODS Brasil (2023)

PARE E REFLITA...



- Diante da atual situação em que o rio Capibaribe se encontra, como você pode contribuir para melhoria na qualidade de suas águas?

- O que você acha da frase da seguinte frase?

“Se houvessem mais investimentos do governo (tanto estadual quanto municipal), a situação do rio melhoraria!”

- O que você acha da seguinte frase?

“Não basta apenas os investimentos do governo, a população também precisa fazer a sua parte!”

► REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO.

O Comitê de Bacia Hidrográfica: o que é e o que faz?. Volume 1. Brasília: ANA, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO.

O Comitê de Bacia Hidrográfica: prática e procedimento. Volume 2. Brasília: ANA, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO.

Planos de Recursos Hídricos e Enquadramento dos Corpos de Água. Brasília: ANA, 2013.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE PERNAMBUCO. LEI Nº 12.984, DE 30 DE DEZEMBRO DE 2005.

Disponível em: <https://legis.alepe.pe.gov.br/texto.aspx?tiponorma=1&numero=12984&complemento=0&ano=2005&tipo=&url=>.

Com acesso em 18 set. 2022.

CELESTINO, Roberto.

O Rio Capibaribe Um gigante Pernambucano. Literatura de cordel. Versão digital disponível em www.programacapivara.org

FRANÇA, Inácio; SIQUEIRA, Tuca.

Um rio de gente: histórias, causos e lendas do Capibaribe. Recife: Andararte, 2010.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA.

Programa Observando Os Rios. Disponível em: <https://observandoosrios.sosma.org.br/>. Com acesso em jun. 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU).

17 objetivos para transformar nosso mundo. Agenda 2030. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/>.

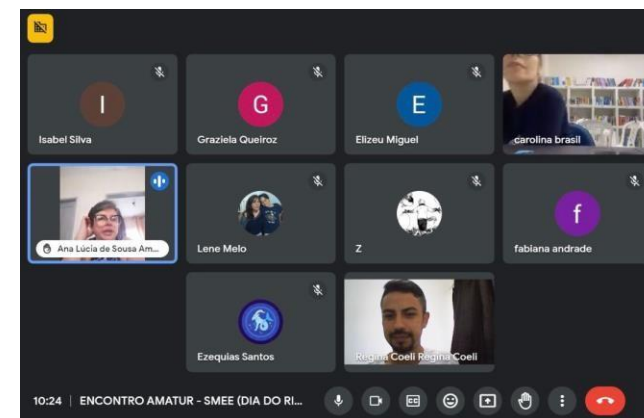
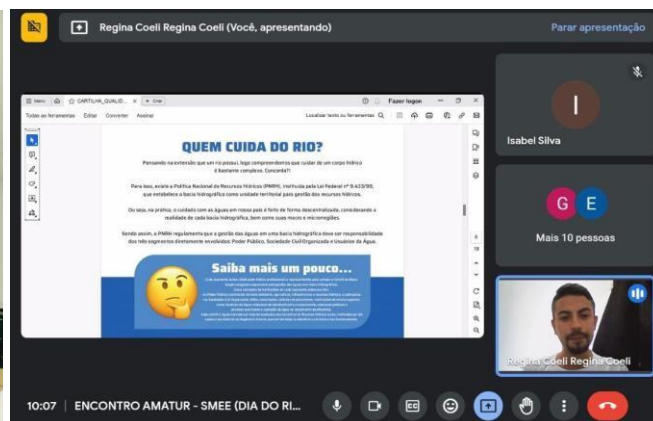
PERNAMBUCO.

Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe. Tomo III - Planos de Investimentos. Projetos Técnicos. Recife, 2010. CDU 556.51.

PERNAMBUCO.

Plano Estadual de Recursos Hídricos. Projetos Técnicos. Recife, 2022.

APÊNDICE D – APRESENTAÇÃO DA CARTILHA, DE FORMA PRESENCIAL E REMOTA PARA PROFISSIONAIS DA REDE MUNICIPAL DE ENSINO DE LIMOEIRO, PERNAMBUCO (2023)



ANEXO A - FICHA DE CAMPO ELABORADA PELO PROGRAMA OBSERVANDO OS RIOS (SOS MATA ATLÂNTICA, 2016, PP. 9 E 10)

 Guia de Avaliação da Qualidade da Água		
Bacia:	Local de Monitoramento:	
Cidade:	Nº de participantes:	
Temperatura Ambiente:	Temperatura da Água:	
Condições Climáticas:	Data:	Hora:
Grupo:		
Análise dos Parâmetros Físico - Químicos		
1 Transparência da água:	Turbidez:	Pontos
Poucos centímetros abaixo da superfície	Acima de 100 UTJ	☐ 1
Entre 50cm e 1m	Entre 40 e 100 UTJ	☐ 2
Mais de 1m	Entre 0 e 40 UTJ	☐ 3
2 Espumas:		
Grande quantidade, formando flocos		☐ 1
Pouca quantidade		☐ 2
Ausente		☐ 3
3 Lixo flutuante ou acumulado nas margens:		
Muito lixo (plásticos, papéis, etc)		☐ 1
Pouco, ou apenas árvores, folhas, aguapés		☐ 2
Nenhum		☐ 3
4 Cheiro:		
Fétido ou cheiro de ovo podre		☐ 1
Fraco de mofo ou de capim		☐ 2
Nenhum		☐ 3
5 Material sedimentável:		
Muito alto (mais de 3 milímetros)		☐ 1
Baixa (observável)		☐ 2
Ausente, não é possível medir		☐ 3
6 Peixes:		
Nenhum (ou só guarus)		☐ 1
Poucos, raros		☐ 2
Muitos (normal)		☐ 3
7 Larvas e vermes vermelhos:		
Muitos		☐ 1
Poucos		☐ 2
Nenhum		☐ 3
8 Larvas e vermes transparentes ou escuros, conchas:		
Nenhum		☐ 1
Raros		☐ 2
Frequentes		☐ 3
9 Coliformes:		
Positivo		☐ 1
Negativo		☐ 3
10 Oxigênio dissolvido:		
Menos que 4 ppm	% Saturação:	☐ 1
Entre 4 e 6 ppm	Menor que 50%	☐ 2
Acima de 6 ppm	Entre 51 e 70%	☐ 3
Temperatura ()	Entre 71 e 100%	

11 Demanda bioquímica de oxigênio:	
Maior que 8 ppm	☐ 1
Entre 8 e 4 ppm	☐ 2
Entre 4 e 0 ppm	☐ 3
12 Potencial hidrogeniônico (pH):	
Acima de 9 ou abaixo de 5	☐ 1
Entre 7 e 9, ou entre 5 e 6	☐ 2
6 ou 7	☐ 3
13 Nitrato:	
Entre 20 e 40 ppm	☐ 1
Entre 20 e 5 ppm	☐ 2
Abaixo de 5 ppm	☐ 3
14 Fosfatos:	
Acima de 2 ppm	☐ 1
Entre 2 e 1 ppm	☐ 2
Menor que 1 ppm	☐ 3
Índice da qualidade da água através da soma dos dados obtidos	
Tabela de notas para os 14 parâmetros observados	
<i>Pontuação</i>	<i>Nota Final</i>
Entre 14 e 20 pontos	Péssima
Entre 21 e 26 pontos	Ruim
Entre 27 e 35 pontos	Regular
Entre 36 e 40 pontos	Boa
Acima de 40 pontos	Ótima

Na impossibilidade de medir alguns parâmetros (por exemplo: peixes, larvas e vermes), efetue a seguinte conta: Divida o número de pontos obtidos (27) pelo número de pontos medidos (11). Exemplo: 27 pontos / 11 parâmetros = 2,45. Em seguida multiplique o resultado por 14 (o nº total de parâmetros) 2,45 x 14 = 34,3 e confira na tabela. O resultado para este exemplo é **qualidade Regular**.

Tabela de Saturação			
Temperatura	0 ppm OD % Saturação	4 ppm OD % Saturação	8 ppm OD % Saturação
2	0	29	58
4	0	31	61
6	0	32	64
8	0	34	68
10	0	35	71
12	0	37	74
14	0	39	78
16	0	41	81
18	0	42	84
20	0	44	88
22	0	46	92
24	0	48	95
26	0	49	99
28	0	51	102
30	0	53	106