

EDITAL FACEPE 09/2020

Auxílio Financeiro nº SIN 0218-3.01/20

**MonitoraQuali: Avaliação do processo de monitoramento
da qualidade da água de bacias hidrográficas de
Pernambuco**



RELATÓRIO FINAL DO PROJETO

Período: 15 de abril de 2021 a 15 de setembro 2023

Recife, novembro de 2023

EQUIPE DO PROJETO

Coordenador Geral do Projeto

Diretor-Presidente da CPRH

Djalma Souto Maior Paes Junior (janeiro de 2019 - dezembro de 2022)

José de Anchieta dos Santos (janeiro de 2023 - atual)

Coordenadora Executiva do Projeto

Maria do Carmo Martins Sobral

Prof. Titular do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental

Universidade Federal de Pernambuco

Equipe técnica da UFPE

Hidaiane Fayga Matias Caldas

Priscila Paredes do Nascimento

Anthony Epifanio Alves

Isadora Eduarda Barros Braz de Carvalho

Luis Sergio Polimeni de Mesquita

Especialistas da CPRH

José Luis Said Cometti - Gerente de monitoramento

Rita de Cassia Figueiredo - Representante da Diretoria de Fiscalização

Andrea Xavier - Chefe do laboratório

RESUMO

Este projeto teve como objetivo desenvolver uma avaliação do processo de monitoramento da qualidade da água de bacias hidrográficas, a fim de subsidiar a Agência Estadual de Meio Ambiente - CPRH, no planejamento de políticas públicas para contribuir com o desenvolvimento econômico e melhoria da qualidade de vida da sociedade. Foram selecionadas como estudo de caso as bacias hidrográficas dos rios Capibaribe e Ipojuca pela relevância delas no contexto socioeconômico do Estado de Pernambuco. Para a avaliação do sistema atual de monitoramento da qualidade da água, o projeto estabeleceu os seguintes objetivos específicos: identificar aspectos socioambientais; avaliar o sistema de monitoramento e a evolução espaço-temporal da qualidade da água nas bacias hidrográficas de estudo; analisar as ações implementadas que interferem na qualidade e uso da água das bacias hidrográficas e elaborar um modelo de governança multinível integrando as instituições envolvidas, com propostas em busca do uso sustentável. Como resultado da realização deste projeto foram identificadas estratégias inovadoras, ressaltando-se o aprimoramento do sistema de monitoramento da qualidade da água como ferramenta ao processo de controle e gestão ambiental e de recursos hídricos; disponibilização e divulgação de informações do monitoramento integrando o banco de dados da CPRH com a APAC; consolidação de parcerias existentes entre a CPRH e outras instituições relacionadas à gestão da qualidade da água.

Palavras-chave: recursos hídricos, controle ambiental, governança.

SUMÁRIO

1	IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO	5
2	INTRODUÇÃO	6
3	OBJETIVOS	8
3.1	OBJETIVO GERAL.....	8
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
4	METODOLOGIA	9
4.1	CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO	9
4.1.1	Bacia do rio Ipojuca	9
4.1.2	Bacia do rio Capibaribe	11
4.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	13
4.2.1	Identificação dos aspectos socioambientais das bacias hidrográficas estudadas	13
4.2.2	Avaliação do sistema de monitoramento e da evolução espaço-temporal da qualidade da água.....	14
4.2.3	Análise das ações implementadas que interferem na qualidade e uso da água..	17
4.2.4	Elaboração de modelo de governança multinível integrando as instituições envolvidas	17
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5.1	DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPOJUCA.....	19
5.1.1	Usos múltiplos da água.....	20
5.1.2	Uso e ocupação do solo	24
5.1.3	Principais fontes de poluição	26
5.2	DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIBARIBE	28
5.2.1	Usos múltiplos da água.....	29
5.2.2	Uso e ocupação do solo	35
5.2.3	Principais fontes de poluição	39
5.3	AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO E DA EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA	42
5.3.1	Descrição dos resultados da aplicação da ferramenta de BI <i>Qlik Sense</i> na construção do Painel de Monitoramento da Qualidade da Água	43
5.3.2	Proposta de aplicação da ferramenta <i>Power BI</i> na construção do Painel de Monitoramento da Qualidade da Água.....	47
5.4	ANÁLISE DOS PRINCIPAIS PLANOS, PROJETOS E AÇÕES QUE INTERFEREM NA QUALIDADE DA ÁGUA	57
5.4.1	Plano de Recursos Hídricos de Pernambuco	57

5.4.2	Plano Hidroambiental da Bacia do Ipojuca.....	59
5.4.3	Programa de Saneamento Ambiental do rio Ipojuca (PSA Ipojuca)	61
5.4.4	Plano Hidroambiental da Bacia do Capibaribe	65
5.4.5	Projeto Pernambuco de Sustentabilidade Hídrica (PSH/PE)	66
5.5	ELABORAÇÃO DE UM MODELO DE GOVERNANÇA MULTINÍVEL PARA O MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA	69
5.5.1	Instituições envolvidas no monitoramento.....	70
5.5.2	Aplicação da Análise de Constelação na CPRH.....	74
6	PROPOSTAS PARA MELHORIA DO PROCESSO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA	81
6.1	PROPOSTAS PARA IMPLEMENTAÇÃO INTERNA NA CPRH	81
6.2	PROPOSTAS PARA NEGOCIAÇÃO DA CPRH COM OUTRAS INSTITUIÇÕES	82
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84
	AGRADECIMENTOS.....	85
	REFERÊNCIAS	86

1 IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO

Título: MonitoraQuali: Avaliação do processo de monitoramento da qualidade da água de bacias hidrográficas de Pernambuco

Proponente: Dr. Djalma Souto Maior Paes Júnior
Diretor Presidente da CPRH (2018-janeiro 2022)
CPF: 073.324.674-53

Dr. José de Anchieta dos Santos
Diretor Presidente da CPRH (2023-atual)

**Instituição
Executora:** Agência Estadual de Meio Ambiente - CPRH

**Instituição (ões)
Colaboradora (s):** Agência Pernambucana de Águas e Clima - APAC
Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

2 INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos possuem importância econômica, social e biológica, e por isso, sua utilização deve ser planejada, gerenciada e monitorada, visando minimizar os conflitos pelos múltiplos usos da água e garantir a sustentabilidade. Esses conflitos são agravados sobretudo pelos eventos climáticos extremos (SOBRAL et al., 2007).

No Brasil, os grandes rios desempenham um papel crucial no desenvolvimento econômico do país, mas estão frequentemente fragmentados por barragens, representando um risco significativo para a extinção de espécies. O represamento dos rios pode alterar drasticamente os ecossistemas, afetando não apenas a natureza física e química da água, mas também as condições reprodutivas das espécies aquáticas (OLIVEIRA, 2010).

Existem duas categorias principais de fontes de poluição nos corpos d'água: as pontuais e as difusas. Fontes pontuais, como esgoto sanitário, efluentes industriais, minas subterrâneas e navios petroleiros, são facilmente identificadas, monitoradas e reguladas devido aos seus locais específicos de lançamento. Por outro lado, as fontes difusas, que resultam de diversas atividades na bacia hidrográfica, como o carreamento da poluição em área urbana e agrícola, são mais complexas. Poluentes do solo e da atmosfera são transportados para os cursos d'água durante períodos chuvosos. Essas fontes difusas são difíceis de medir e identificar, mas contribuem significativamente para a poluição da água (ROCHA et al, 2012).

Para que seja possível a avaliação do estado de poluição, degradação ou conservação de rios, lagos, represas, estuários, águas costeiras e áreas alagadas, é necessário o monitoramento das suas propriedades físicas, químicas e biológicas. O monitoramento da qualidade da água trata da coleta de informações regulares e a formação de um banco de dados fundamental para futuras ações, proporcionando o direcionamento dos recursos para áreas prioritárias no controle da poluição hídrica (TUNDISI J.; TUNDISI T., 2008).

O setor da água é caracterizado por ser complexo, por isso necessita de instituições fortes e das capacidades individuais daqueles que fazem parte do sistema. Essa complexidade deriva do fato de que as decisões presentes no cotidiano do indivíduo afetam a gestão da água no que diz respeito ao seu uso, à sua poluição e ao saneamento (ALAERTS; KASPERSMA, 2009).

No estado de Pernambuco, foi firmado convênio entre a Agência Estadual de Meio Ambiente – CPRH e Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC, onde as instituições se propõem a realizar, conjuntamente, o monitoramento da qualidade da água em

reservatórios e rios de todo o estado. Isso proporciona aos órgãos estaduais uma maior atuação na gestão ambiental, fortalecendo o processo de tomada de decisão e de administração dos recursos hídricos. Esse monitoramento permite a geração de informações para subsidiar a fiscalização, licenciamento, atividades de educação ambiental, outorga do direito de uso da água e demais instrumentos da gestão dos recursos hídricos e ambiental, mediante a amostragem, análises laboratoriais e disponibilização das informações geradas. O monitoramento visa atender ao Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água – QUALIÁGUA da Agência Nacional de Águas - ANA.

Foram selecionadas as bacias hidrográficas dos rios Ipojuca e Capibaribe para serem objeto de estudo deste projeto, tendo em vista a relevância de ambas as bacias e as diversas intervenções que vêm sendo realizadas pelo governo do Estado para melhoria da qualidade de água por meio de ações de implantação de sistemas de abastecimento e esgotamento sanitário, implantação de parques horizontais ao longo do rio, entre outros. Ressalta-se também que ambas as bacias possuem plano hidroambiental que estabelece as medidas a serem implantadas para a proteção das bacias.

Outro aspecto importante é a recente regulamentação do novo marco regulatório de saneamento, que estabelece metas para universalização a serem cumpridas até o fim de 2033, criando mecanismos para estimular a implantação de novos sistemas de saneamento ambiental. Assim sendo, a nova perspectiva da sustentabilidade no âmbito regional requer uma nova forma de gestão sustentável do uso da água e do solo, na aplicação de metodologias e instrumentos tecnológicos apropriados a cada especificidade.

Esse projeto busca contribuir para uma atuação eficaz do Estado, por meio do fortalecimento da CPRH, contribuindo para ampliação de suas competências, inclusão de novas práticas inovadoras e melhoria no desempenho do processo de monitoramento de qualidade da água de bacias hidrográficas, com maior interação com o corpo técnico da APAC e pesquisadores da Academia. Neste contexto, os resultados desse projeto contribuíram para identificar ações prioritárias e políticas públicas a serem implementadas para atingir as metas previstas.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma avaliação do processo de monitoramento da qualidade da água de bacias hidrográficas, a fim de subsidiar o planejamento de políticas públicas para contribuir com o desenvolvimento econômico e melhoria da qualidade de vida da sociedade. Foram selecionadas como estudo de caso as bacias hidrográficas do rio Ipojuca e do rio Capibaribe pela relevância delas no contexto socioeconômico do Estado de Pernambuco.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar aspectos socioambientais, caracterizando os usos múltiplos da água e do solo, as principais fontes poluidoras pontuais e difusas nas bacias hidrográficas estudadas;
- Avaliar o sistema de monitoramento e a evolução espaço-temporal da qualidade da água nas bacias hidrográficas de estudo;
- Analisar as ações implementadas que interferem na qualidade e uso da água das bacias hidrográficas;
- Elaborar um modelo de governança multinível integrando as instituições envolvidas (Agência Estadual de Meio Ambiente - CPRH, Agência Pernambucana de Águas e Clima - APAC e Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA), com propostas para minimizar impactos da alteração da qualidade da água e garantir o seu uso sustentável.

4 METODOLOGIA

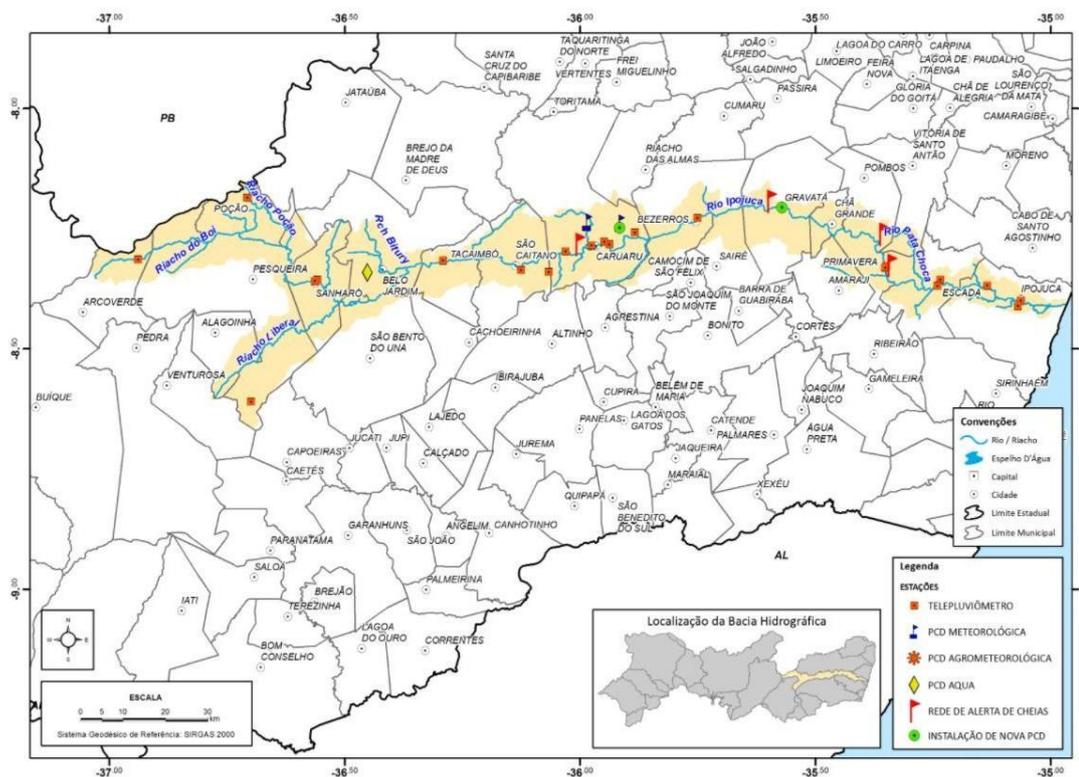
4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Este projeto contempla duas áreas de estudo: a bacia hidrográfica do rio Ipojuca e a bacia do rio Capibaribe, a seguir detalhadas.

4.1.1 Bacia do rio Ipojuca

Segundo o Plano Hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Ipojuca (2010), a bacia possui todo o seu território situado dentro do estado de Pernambuco, pertence à região hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental e faz parte das Regiões de Desenvolvimento - RD do Sertão do Moxotó, Agreste Meridional, Agreste Central, Mata Sul e Metropolitana (Figura 1). Abrange áreas parciais de 25 municípios, dos quais 12 possuem sede dentro da bacia (Quadro 1).

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do rio Ipojuca



Fonte: APAC (2020).

Quadro 1 - Municípios que integram a bacia hidrográfica do rio Ipojuca

Município	Área na bacia (%)	Município	Área na bacia (%)
Agrestina	0,04	Pesqueira	17,42
Alagoinha	1,77	Poção*	5,34

Município	Área na bacia (%)	Município	Área na bacia (%)
Altinho	0,08	Pombos	1,95
Amaraji	1,76	Primavera*	2,60
Arcoverde	2,80	Riacho das Almas	0,24
Belo Jardim*	6,83	Sairé	2,25
Bezerros*	6,02	Sanharó	7,12
Cachoeirinha	0,05	São Bento do Uma	2,06
Caruaru*	11,31	São Caetano*	7,49
Chã Grande*	1,79	Tacaimbó*	4,10
Escada*	5,68	Venturosa	0,05
Gravatá*	5,55	Vitória de Santo Antão	1,14
Ipojuca*	4,45		

*Municípios com sede dentro da bacia
 Fonte: PERNAMBUCO (2010b)

Fica localizada entre os paralelos 08°09'50" e 08°40'20" de latitude sul e os meridianos 34°57'52" e 37°02'48" de longitude oeste de Greenwich e cobre uma superfície total de 3.435,34km², correspondente a 3,49% do território de Pernambuco. O rio Ipojuca apresenta extensão de cerca de 320km, cortando as regiões fisiográficas do Agreste, Mata Sul e Metropolitana de Pernambuco, tendo suas nascentes na Serra do Pau D'arco, município de Arcoverde. É intermitente desde sua nascente até as proximidades de Caruaru onde deste ponto em diante torna-se perene.

As atividades industriais na bacia hidrográfica do rio Ipojuca estão associadas a produtos alimentares, minerais não-metálicos, indústria sucroalcooleira, química, têxtil, metalúrgica, vestuário, artefatos, tecidos, couros, bebidas, produtos farmacêuticos e veterinários, perfumes, sabões, velas, material elétrico e de comunicação, calçados, matéria plástica, agropecuária e borracha.

O uso do solo e o desenvolvimento urbano são processos marcados pela falta de planejamento e ordenamento, predominantemente pelo cultivo da cana-de-açúcar, pela ocupação urbana e industrial, pela policultura e pecuária. Isso tem gerado graves problemas ambientais e sociais. Dentre as principais fontes de degradação ambiental está a poluição advinda do lixo urbano e industrial, que se inicia no solo atingindo as águas superficiais e infiltra-se com o chorume, contaminando também as águas subterrâneas.

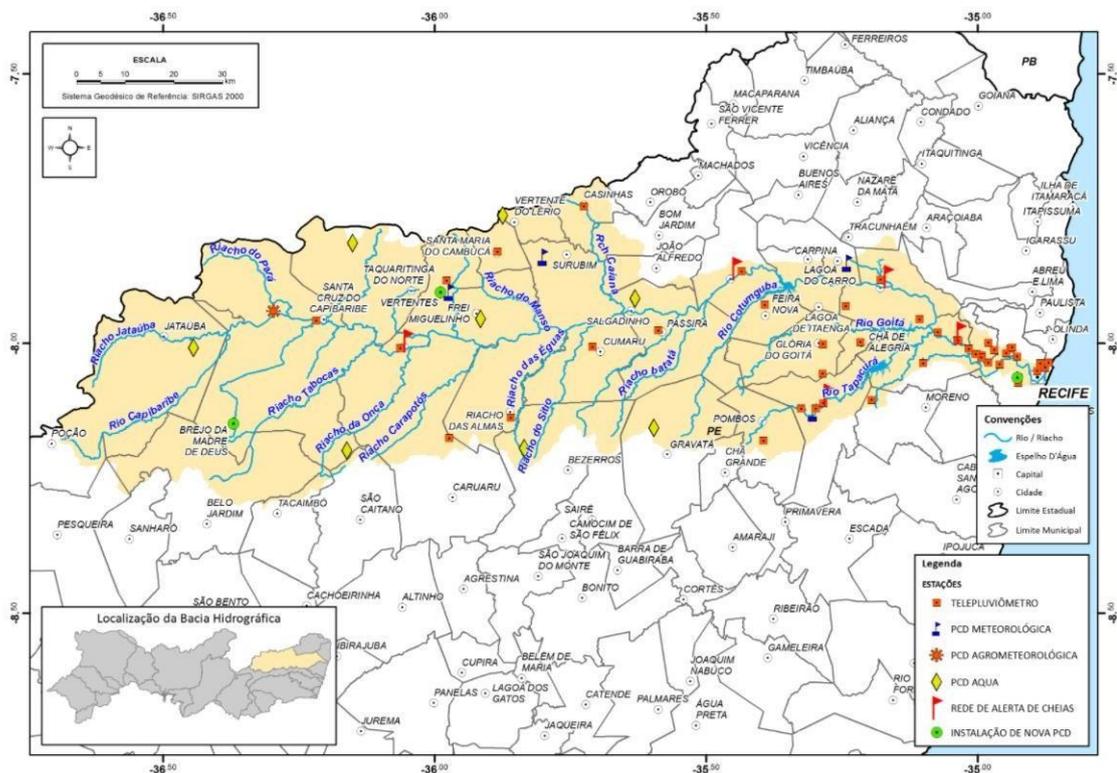
O Ipojuca encontra-se hoje poluído por resíduos sólidos e líquidos, orgânicos e inorgânicos, apresenta altas taxas de assoreamento, embora ainda apresente potencial para usos diversos, como agricultura, pesca, abastecimento de água, entre outras atividades

industriais e de serviços.

4.1.2 Bacia do rio Capibaribe

A bacia hidrográfica do rio Capibaribe, localizada na porção Nordeste do Estado de Pernambuco (Figura 2), corresponde à unidade de planejamento hídrico UP2, abrangendo parte das Regiões de Desenvolvimento: RD 08 – Agreste Central, RD 09 – Agreste Setentrional, RD 10 – Mata Sul, RD 11 – Mata Norte e RD 12 – Região Metropolitana (PERNAMBUCO, 2010a).

Figura 2 - Localização da bacia hidrográfica do rio Capibaribe



Fonte: APAC (2020)

O fato de ter uma abrangência regional (agreste, mata e litoral) confere à bacia hidrográfica do rio Capibaribe um ambiente complexo no qual ficam evidentes diferenças climáticas, de relevo, de solos e de cobertura vegetal, além de socioeconômicas, que requerem um modelo de gestão hídrico e ambiental que atenda às suas particularidades sub-regionais e locais.

A área da bacia é de 7.454,88 km², correspondente a 7,58% do território pernambucano. A partir de sua nascente, localizada entre os municípios de Poção e Jataúba, até a sua foz, na cidade de Recife, o rio atravessa 42 municípios (Quadro 2), dos quais 15 estão totalmente inseridos na bacia e 26 possuem sua sede na bacia (PERNAMBUCO, 2006). O referido Quadro apresenta a área percentual do município em relação a área total

da bacia.

Quadro 2 - Municípios que integram a bacia hidrográfica do rio Capibaribe

Município	Área na bacia (%)	Município	Área na bacia (%)	Município	Área na bacia (%)
Belo Jardim	5,5	Gravatá	3,22	Salgadinho	1,12
Bezerros	2,97	Jataúba*	9,57	Sanharó	0,08
Bom Jardim	0,73	João Alfredo	0,72	Santa Cruz do Capibaribe*	4,55
Brejo da Madre de Deus*	10,19	Lagoa do Carro	0,52	Santa Maria do Cambucá	1,18
Camaragibe*	0,46	Lagoa do Itaenga*	0,76	São Caetano	0,17
Carpina*	4,02	Limoeiro*	1,85	São Lourenço da Mata*	2,82
Caruaru	7,13	Moreno	0,21	Surubim*	3,44
Casinhas*	1,41	Passira*	4,57	Tacaimbó	0,35
Chã de Alegria*	0,66	Paudalho*	3,57	Taquaritinga do Norte*	5,96
Chã Grande	0,18	Pesqueira	0,05	Toritama*	0,41
Cumaru*	3,99	Poçoão	0,23	Tracunhaém	0,14
Feira Nova*	1,42	Pombos*	2,04	Vertente do Lério*	0,94
Frei Miguelinho*	2,93	Recife*	0,92	Vertentes*	2,62
Glória do Goitá	3,11	Riacho das Almas*	4,11	Vitória de Santo Antão*	2,71

*Município com sede urbana na bacia

Fonte: PERNAMBUCO (2010a)

A formação da cidade do Recife é historicamente vinculada ao Capibaribe, que serviu como via de penetração e limitador natural para a ocupação do território, especialmente em seu baixo curso, desde os manguezais até as planícies fluviais bem desenvolvidas, onde se instalaram os engenhos de cana-de-açúcar, hoje ocupadas por uma densa rede urbana.

Dentre as principais fontes de degradação ambiental está a poluição advinda do lixo urbano e industrial, que se inicia no solo atingindo as águas superficiais e infiltra-se com o chorume, contaminando também as águas subterrâneas. O Capibaribe encontra-se hoje poluído por resíduos sólidos e líquidos, orgânicos e inorgânicos, industriais e agrícolas, apresenta altas taxas de assoreamento, embora ainda apresente potencial para usos diversos, como agricultura, pesca, abastecimento de água, entre outras atividades industriais e de serviços.

O alto nível de ocupação no seu entorno responde, em parte, por desequilíbrios ambientais decorrentes tanto do uso intensivo dos solos, como das diferentes condições climáticas reinantes na bacia, com períodos de alta pluviosidade, intercalados com a deficiência hídrica. Esta condição dificulta o abastecimento de comunidades, traz problemas

operacionais dos sistemas de saneamento ambiental e dificulta o uso agropecuário no período de estiagem.

A atividade produtiva agropecuária na região tem nos desmatamentos e no manejo inadequado dos solos, o principal fator de indução de processos de erosão e assoreamento, além da salinização e contaminação por agrotóxicos. Esses fatores deixam passivos ambientais significativos que precisam ser avaliados e mitigados, com o fim de reverter o processo de degradação ambiental na bacia.

As atividades industriais mais comuns na bacia hidrográfica do rio Capibaribe são associadas a produtos alimentares, minerais não-metálicos, têxtil, metalúrgicas, químicas, farmacêuticas e veterinárias, indústria sucroalcooleira, couros, matéria plástica, perfumes, sabões, velas, bebidas, mecânica, material elétrico e de comunicação, material de transporte e madeira.

4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.2.1 Identificação dos aspectos socioambientais das bacias hidrográficas estudadas

Para a identificação dos aspectos socioambientais das bacias hidrográficas de estudo foram realizadas visitas em campo e pesquisa bibliográfica sobre outorgas concedidas na área de estudo, demanda de água das localidades onde os principais corpos hídricos das bacias atendem, principais fontes de poluição pontual e difusa, além dos mais importantes conflitos pelos usos múltiplos da água. O levantamento de fontes poluidoras na bacia do rio Ipojuca e na bacia do rio Capibaribe foi feito através de consulta e mapeamento dos dados relacionados com os despejos industriais e urbanos, identificando suas fontes geradoras para avaliação do seu potencial poluidor.

O levantamento dos dados foi realizado junto aos órgãos públicos detentores destas informações, a exemplo da Agência Nacional de Águas (ANA), Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH), Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) e Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA). De forma complementar, foram realizadas também reuniões e entrevistas com representantes e técnicos de organizações relacionadas direta ou indiretamente com o tema da pesquisa e que mantêm instalações ou representações situadas nas cidades próximas aos principais corpos de água estudados.

4.2.2 Avaliação do sistema de monitoramento e da evolução espaço-temporal da qualidade da água

A avaliação estatística da qualidade das águas das Bacias Hidrográficas do Rio Ipojuca e do Rio Capibaribe foi realizada com base nos dados monitorados pela CPRH de 2005 a 2017 e nas campanhas do convênio CPRH-APAC de 2017 a 2021, atendendo ao programa QUALIÁGUA da Agência Nacional das Águas-ANA.

A frequência de amostragem da maioria das estações da rede de monitoramento operada pela CPRH era bimestral até 2016, entretanto, houve uma padronização para trimestral devido à adequações do laboratório da CPRH para implantação do sistema de qualidade e o programa QUALIÁGUA.

Foram coletados dados brutos e analisados para garantir consistência nas informações usadas na pesquisa e na avaliação dos resultados do monitoramento da qualidade da água. Os dados foram verificados para identificar inconsistências nos parâmetros avaliados, e em seguida organizados em planilhas do Excel para criar uma matriz histórica. Essas planilhas foram ajustadas para facilitar a exportação para os softwares R e Power BI.

Foram excluídos os parâmetros que eram de avaliação esporádica no monitoramento. A inclusão desses parâmetros poderia distorcer a avaliação devido à presença irregular em diferentes campanhas. Para uma comparação precisa entre as estações de amostragem, foi essencial manter a consistência nos parâmetros analisados. Assim, foram considerados apenas os parâmetros presentes em todas as campanhas, como pH, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total, amônia e coliformes termotolerantes. Esses dados foram coletados durante campanhas realizadas nos períodos seco e chuvoso entre 2005 e 2021. Na análise, os resultados foram comparados aos limites dos parâmetros estabelecidos para Classe 2, conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005. Dessa forma, pode-se verificar quais estações apresentam maior alteração da qualidade da água em relação à legislação. Os quadros 3 e 4 mostram as estações de amostragem da rede de monitoramento das bacias do rio Ipojuca e do rio Capibaribe, respectivamente.

Quadro 3 - Estações de amostragem da rede de monitoramento do rio Ipojuca

Estação	Corpo d'água	Local	Coordenadas*
IP-01	Rio Ipojuca	Na nascente do Rio Ipojuca, no Sítio Pedreira, em Arcoverde.	-8,332311111 -37,03972222
IP-12	Rio Ipojuca	Na ponte da PE-180, que liga Belo Jardim a São Bento do Una.	-8,386469444 -36,423425

Estação	Corpo d'água	Local	Coordenadas*
IP-13	Rio Bitury	Nascente no Sítio de Seu Joaquim, na comunidade de Jussara, em Belo Jardim.	-8,243158333 -36,44178611
IP-14	Rio Bitury	Na ponte sobre o Rio Bitury, à montante do reservatório, em Belo Jardim.	-8,282441667 -36,43498333
IP-38	Rio Ipojuca	Na passagem molhada, próximo à Fazenda Pato Branco, à montante de São Caetano.	-8,323188889 -36,15142778
IP-49	Rio Ipojuca	A jusante da cidade de Caruaru, na Vila do Cedro (COAHB III), na cidade de Caruaru.	-8,287169444 -35,93562778
IP-55	Rio Ipojuca	Na ponte da BR-232, a montante de Gravatá, no município de Gravatá.	-8,213144444 -35,60769167
IP-64	Rio Ipojuca	Na ponte à jusante da cidade de Chã Grande, no município de Chã Grande.	-8,253322222 -35,45007222
IP-70	Rio Ipojuca	Na ponte à jusante da Usina União Indústria, no município de Primavera.	-8,356772222 -35,34306667
IP-85	Rio Ipojuca	Na ponte BR-101 à jusante da cidade de Escada, no município de Escada.	-8,36395 -35,21897222
IP-90	Rio Ipojuca	Na ponte PE-60 à jusante da Usina Ipojuca, no município de Ipojuca.	-8,404622222 -35,06680833
IP-95	Rio Ipojuca	À jusante da Usina Salgado, no município de Ipojuca.	-8,415883333 -35,01129167
IP-97	Estuário do Rio Ipojuca	No estuário dos rios Ipojuca e Merepe, em Suape, no município de Ipojuca	-8,406766667 -34,97840833
IP-99	Mar sob a influência do Rio Ipojuca	Próximo à desembocadura dos Rios Ipojuca e Merepe, no município de Ipojuca.	-8,411763889 -34,95008056

* Datum de referência cartográfica: SAD 69

Fonte: CPRH (2019)

Quadro 4 - Estações de amostragem da rede de monitoramento do rio Capibaribe

Estação	Corpo d'água	Local	Coordenadas*
CB-10	Rio Capibaribe	À jusante da cidade de Limoeiro, no município de Limoeiro.	-7,856094444 -35,39699167
CB-30	Rio Capibaribe	A dois quilômetros à jusante da Usina Petribú, na divisa dos municípios de Carpina e Lagoa de Itaenga.	-7,888680556 -35,23967778
CB-40	Rio Capibaribe	À jusante da cidade de Paudalho, na ponte da BR-408, no município de Paudalho.	-7,894911111 -35,17416667
CB-55	Rio Goitá	Antes do deságue do rio Goitá, no Rio Capibaribe, na divisa dos municípios de São Lourenço da Mata e Paudalho.	-7,965530556 -35,09235833
CB-60	Rio Capibaribe	Após receber seus afluentes, rios Goitá e Tapacurá, na ponte à montante da Usina Tiúma, captação da Compesa, no município de São Lourenço da Mata.	-7,981630556 -35,07804722
CB-62	Rio Tapacurá	Na ponte da PE-50, à jusante da cidade de Vitória de Santo Antão.	-8,099913889 -35,26044722
CB-71	Rio Capibaribe		-7,995636111

Estação	Corpo d'água	Local	Coordenadas*
		Na captação da Compesa – Castelo, no município de São Lourenço da Mata.	-35,05366944
CB-72	Rio Capibaribe	À jusante da cidade de São Lourenço da Mata, no local da antiga barragem, no município de São Lourenço da Mata.	-7,999352778 -35,03344722
CB-80	Rio Capibaribe	Na ponte da Av. Caxangá, na cidade do Recife.	-8,030838889 -34,95703611
CB-95	Rio Capibaribe	Na ponte na rua Engº Abdias de Carvalho, na Ilha do Retiro, em frente ao Sport Clube do Recife, na cidade do Recife.	-8,062722222 -34,90174722

* Datum de referência cartográfica: SAD 69

Fonte: CPRH (2019)

Uso de Ferramenta de Business Intelligence na Avaliação do Sistema de Monitoramento e Evolução Espaço-Temporal da Qualidade da Água

A avaliação dos dados do monitoramento da qualidade da água é essencial na gestão dos recursos hídricos, pois auxilia na compreensão dos inúmeros processos que afetam a qualidade da água, permitindo o planejamento de intervenções de melhorias, identificando pontos de degradação, subsidiando a fiscalização e formulação de políticas ambientais. Business Intelligence (BI) é um conjunto de metodologias, processos, e tecnologias que transformam dados brutos em informação útil para o processo de tomada de decisão. Nesse projeto, foi escolhida a ferramenta Power BI devido à sua capacidade de lidar com dados complexos e criar visualizações interativas.

Um projeto de BI eficaz integra diversas tecnologias e processos, incluindo Extração, Transformação e Carga (ETC) de dados, Datawarehousing (DW), análise OLAP (Online Analytical Processing), Mineração de Dados para previsão de cenários, ferramentas de visualização como dashboards e relatórios dinâmicos. Neste relatório, não serão abordadas em detalhes todas essas etapas, pois envolvem terminologias mais específicas da área de Ciência da Computação.

Como mencionado anteriormente, os dados brutos passaram por um processo de limpeza, transformação e estruturação para garantir consistência e qualidade. Foram realizadas análises exploratórias dos dados para identificar tendências de longo prazo, sazonalidades e padrões espaciais na qualidade da água. Isso incluiu análises estatísticas, correlações e agrupamentos para identificar áreas de preocupação. Assim, com base nas análises realizadas, foram criados dashboards interativos que permitem aos usuários explorar os dados de maneira intuitiva. Os dashboards apresentam gráficos, mapas e tabelas que destacam a evolução da qualidade da água ao longo do tempo e espaço.

4.2.3 Análise das ações implementadas que interferem na qualidade e uso da água

Foi feito o levantamento dos planos, programas e ações que vêm sendo implementadas nas bacias estudadas com ênfase: Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH/PE) elaborado em 1998, pela Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente (SECTMA/PE); Plano Hidroambiental da bacia hidrográfica do Ipojuca (PHA Ipojuca), elaborado em 2010; Plano Hidroambiental da bacia hidrográfica do Capibaribe (PHA Capibaribe), elaborado em 2010; Programa de Saneamento Ambiental na bacia do rio Ipojuca, em implementação, entre outros.

4.2.4 Elaboração de modelo de governança multinível integrando as instituições envolvidas

Para formular estratégias de uso sustentável da água e do solo, visando a integração entre as diversas instituições responsáveis pelo monitoramento da qualidade da água, foi realizada a análise das principais políticas públicas relacionadas ao tema, que possam auxiliar na tomada de decisão voltada ao uso sustentável dos recursos hídricos e ambientais.

Foi utilizada a Análise de Constelação por ser instrumento inovador de planejamento que objetiva elucidar, sistematizar e integrar o conhecimento de várias instituições participantes num processo comum e visualizado. Uma constelação é composta de quatro grupos de elementos que estão inter-relacionados: atores (indivíduos e organizações), elementos técnicos (equipamentos, infraestruturas), símbolos (leis, conceitos) e elementos naturais (ar, água) (SCHÖN et al., 2007). O tipo de relação entre estes elementos está sendo descrito para detectar, por exemplo, conflitos ou opções para cooperação. A análise tem sido utilizada em vários estudos no grupo de pesquisa do Departamento de Planejamento Ambiental da TU Berlin, com o propósito de identificação, mapeamento e análise dos instrumentos de gestão e governança existentes e/ou potenciais para fazer frente às pressões atuais relacionadas aos múltiplos usuários da água nas bacias.

Os principais resultados foram tratados como conjuntos consistentes de informações para gestão da bacia hidrográfica, aproveitando as lições aprendidas com o uso do conhecimento pelas partes interessadas. O material foi apresentado e discutido em reuniões com os atores envolvidos, de forma a propor diretrizes para aprimoramento do processo de monitoramento da qualidade da água nas bacias hidrográficas estudadas.

Segundo Schön et al. (2004), esta metodologia se divide em quatro etapas, que são mostradas conforme Figura 3.

Figura 3 - Etapas da Análise de Constelação



Fonte: Schön et al (2004).

As etapas não são consecutivas, mas interativas e interligadas aos processos, as quais podem ser executadas várias vezes, em sucessão ou em paralelo, porque a descrição empírica, reconstrução e interpretação dos fatos estão juntas, por isso as etapas não estão conectadas por linhas ou fases. Portanto, para que estas etapas sejam executadas é necessária a utilização de alguns elementos que servirão de subsídio e análise para a formação da constelação. Uma constelação é composta de quatro elementos (Figura 4):

- Participantes (atores, instituições, pessoas, representantes sociais);
- Elementos Técnicos (objetos técnicos, equipamentos, estruturas);
- Símbolos (normas, leis, ações políticas e sociais) e;
- Elementos Naturais (ar, água, paisagens).

Figura 4 - Os elementos da Análise de Constelação e relações



Fonte: Adaptados de acordo com (SCHÖN et al., 2007; RODORFF et al., 2013)

Estes elementos são inter-relacionados, cujas características principais estão no fato de que pode e deve ser analisada a partir de diversas perspectivas, com o objetivo de responder às demandas e heterogeneidades a qual está inserida. Tais elementos formam grupos coesos que são característicos de muitos problemas percebidos como urgentes nas ciências e na vida cotidiana (SCHÖN et al., 2004). Utilizando-se da ferramenta Análise de Constelação, consegue-se identificar diferentes perspectivas sobre a constelação para “iluminar” o problema com o auxílio de diferentes disciplinas, entre os distintos níveis da constelação com a utilização de símbolos.

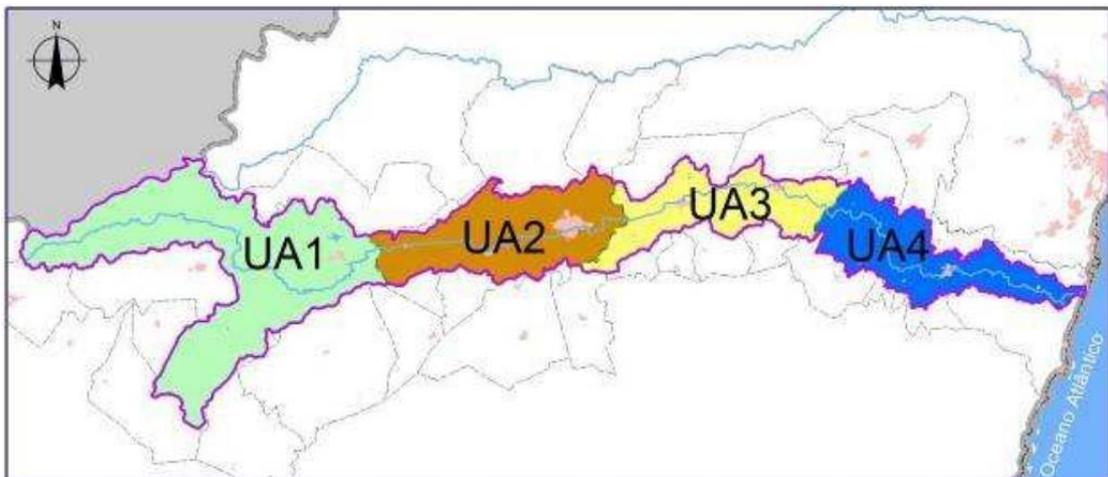
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados neste capítulo contem o diagnóstico socioambiental da bacia hidrográfica do rio Ipojuca e do rio Capibaribe em termos dos múltiplos usos da água, uso e ocupação do solo e principais fontes de poluição; avaliação do sistema de monitoramento e da evolução espaço-temporal da qualidade da água; Análise dos principais planos, projetos e ações que interferem na qualidade da água e elaboração de um modelo de governança multinível para o monitoramento da qualidade da água.

5.1 DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPOJUCA

O Plano Diretor da bacia hidrográfica do rio Ipojuca, que foi elaborado em 2002, estabeleceu a divisão da bacia em quatro unidades de análise (UA), como é mostrado na Figura 5.

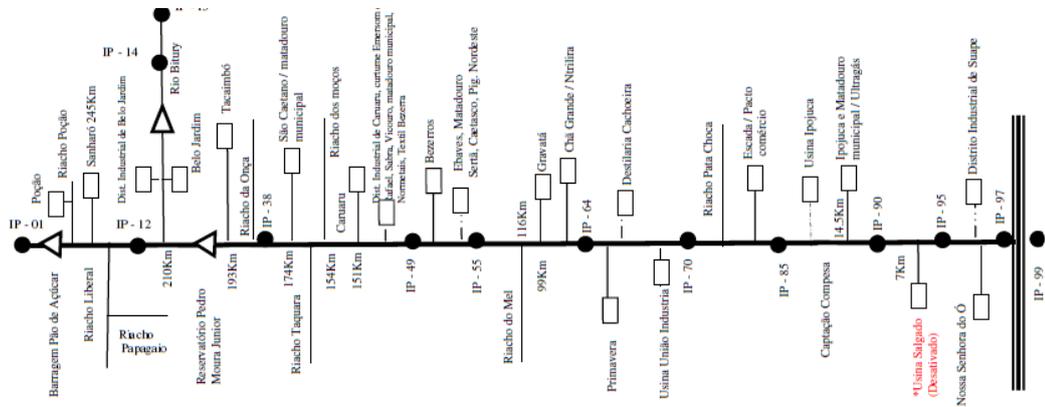
Figura 5 - Unidades de análise na bacia hidrográfica do rio Ipojuca



Fonte: PERNAMBUCO (2010b)

O diagrama unifilar da Bacia do rio Ipojuca apresenta a localização dos principais municípios, atividades industriais, estações de monitoramento, reservatórios e tributários (Figura 6).

Figura 6 - Diagrama unifilar da bacia do rio Ipojuca



Fonte: CPRH (2020)

5.1.1 Usos múltiplos da água

Os principais reservatórios foram construídos principalmente para abastecer de água a população residente na bacia (Quadro 5). Algumas dessas represas se encontram eutrofizadas devido ao alto índice de poluição e seus entornos (áreas de preservação permanente) apresentam diferentes níveis de degradação ambiental por causa dos usos inadequados e necessitam ser reabilitadas para proteger as fontes de água (PERNAMBUCO, 2010b).

Quadro 5 - Principais reservatórios da bacia do Ipojuca

Reservatórios	Capacidade máxima (m3)	Município	Finalidade
Pão de Açúcar	41.140.000	Pesqueira	Abastecimento urbano e irrigação
Pedro Moura Júnior (Belo Jardim)	30.740.000	Belo Jardim	Abastecimento urbano, piscicultura
Eng. Severino Guerra (Bitury)	17.776.470	Belo Jardim	Abastecimento urbano, irrigação horticultura
Manuíno	2.021.000	Bezerros	Abastecimento urbano
Brejão	SI	Sairé	Abastecimento urbano
Taquara	1.100.000	Caruaru	Abastecimento rural
Guilherme Azevedo	786.000	Caruaru	Abastecimento rural
Serra dos Cavalos	761.000	Caruaru	Abastecimento urbano
Jaime Nejaim	100.000	Caruaru	Abastecimento rural
Duas Serras	2.032.289	Poção	Abastecimento urbano
Jenipapo	411.606	Sanharó	Abastecimento urbano, irrigação, banho e pesca
Sapato I	577.770	Sanharó	Abastecimento urbano, irrigação

Fonte: APAC (2020)

Entre os principais usos da água na bacia do rio Ipojuca destaca-se:

Abastecimento humano

Para avaliar o abastecimento de água e saneamento nos municípios incluídos no Plano Regional de Saneamento Básico (PRSB) da bacia hidrográfica do rio Ipojuca (COMPESA, 2020), foram examinadas as análises dos sistemas em operação, incluindo os métodos de prestação de serviços. Foram utilizadas diversas fontes de dados secundários, como SNIS (2018) e IBGE (2017), além das informações fornecidas pela COMPESA e pela prefeitura de Amaraji, o único município da bacia que não é operado pela concessionária estadual.

O PRSB da bacia hidrográfica do rio Ipojuca fez um levantamento dos sistemas de abastecimento de água existentes nos municípios da bacia, abrangendo mananciais de captação, métodos de captação, estações elevatórias de água, sistemas de transporte, estações de tratamento de água, reservatórios e redes de distribuição (Quadro 6).

Quadro 6 - SAA dos municípios da bacia do Rio Ipojuca

Municípios Abrangidos	Gerência	Manancial	Captação	Estação Elevatória de Água	Adução	Estação de Tratamento de Água	Reservatório	Distribuição
Agrestina	GNR Una	×	×	×	×	×	×	×
Alagoinha	GNR Ipojuca	-	-	×	×	×	×	×
Altinho	GNR Una	×	×	×	×	×	×	×
Amaraji	Prefeitura Amaraji	×	×	×	×	×	×	×
Arcoverde	GNR Moxotó	×	×	×	×	×	×	×
Belo jardim	GNR Ipojuca	×	×	×	×	×	×	×
Bezerros	GNR Russas	×	×	×	×	×	×	×
Cachoeirinha	GNR Una	-	-	×	×	-	×	×
Caruaru	GNR Agreste Central	×	×	×	×	×	×	×
Chã Grande	GNR Russas	×	×	×	×	×	×	×
Escada	GNR Mata Sul	×	×	×	×	×	×	×
Gravatá	GNR Russas	×	×	×	×	×	×	×
Pesqueira	GNR Ipojuca	×	×	×	×	×	×	×
Poção	GNR Ipojuca	×	×	×	×	×	×	×
Primavera	GNR Mata Sul	×	×	×	×	×	×	×
Sairé	GNR Russas	×	×	×	×	×	×	×
Sanharó	GNR Ipojuca	×	×	×	×	×	×	×
São Bento do Una	GNR Ipojuca	-	-	×	×	-	×	×
São Caitano	GNR Ipojuca	×	×	×	×	×	×	×
Tacaímbó	GNR Ipojuca	-	-	×	×	-	×	×
Venturosa	GNR Moxotó	×	×	×	×	×	×	×

Fonte: COMPESA, 2020.

No que diz respeito ao uso de águas subterrâneas, é importante destacar que elas representam uma parcela menos significativa em termos de volumes captados, devido à maior parte da área da bacia estar localizada em terrenos cristalinos. Apenas uma pequena extensão na região costeira da bacia está situada sobre a bacia sedimentar do Cabo, onde a qualidade da água subterrânea é melhor e as vazões são maiores. Muitos poços na bacia do rio Ipojuca estão desativados, principalmente devido às baixas vazões e altos teores de sais nos poços localizados em terrenos cristalinos. Os principais usuários de águas subterrâneas concentram-se no município de Ipojuca, com destinação predominante para o setor hoteleiro.

Abastecimento industrial

O rio Ipojuca percorre vários municípios de médio porte que desempenham papéis cruciais no desenvolvimento local e regional. Entre os municípios cortados pelo rio Ipojuca, incluem-se Sanharó, Poção, Belo Jardim, Tacaimbó, São Caetano, Caruaru, Bezerros, Gravatá, Chã Grande, Primavera, Escada e Ipojuca.

Em Belo Jardim, destacam-se atividades comerciais e industriais, com ênfase nas indústrias alimentícias e de baterias automotivas, que possuem captações diretas do reservatório Eng. Severino Guerra. Além disso, a avicultura é uma atividade significativa no município.

O município de Caruaru é um importante polo comercial e industrial, sobressaindo-se na indústria de confecção de roupas. A maioria dos usuários obtém água da COMPESA para atender às suas demandas hídricas, e há poucas captações privadas regularizadas perante a Secretaria de Recursos Hídricos e Saneamento de Pernambuco, que são usadas principalmente por frigoríficos, lavanderias e indústrias alimentícias.

As usinas de cana-de-açúcar localizadas em Ipojuca têm captações próprias diretamente do Rio Ipojuca para abastecimento industrial. No entanto, uma parte da água captada, usada nos sistemas de resfriamento, é devolvida ao rio Ipojuca.

Destaca-se também em Ipojuca o Complexo Industrial e Portuário de Suape, cujas demandas principais são atendidas pela COMPESA, e registram-se poucas captações diretas das indústrias nos cursos de água.

Pesca e Aquicultura

Na bacia hidrográfica do rio Ipojuca, a atividade pesqueira é significativa, com destaque para os municípios de Belo Jardim e Ipojuca, que contam com 129 e 232 pescadores, respectivamente. No total, a bacia abriga 504 pescadores, de acordo com informações da Superintendência do Ministério da Pesca (MPA) em Pernambuco. Os pescadores da região utilizam canoas de aproximadamente 4 metros de comprimento, empregando diversos equipamentos de pesca, como redes de emalhar de superfície e de fundo, varas com anzol e covos para a captura de camarão.

Essa atividade desempenha um papel fundamental na geração de renda direta e indireta na região. Em relação à organização social dos pescadores, existem duas colônias localizadas em municípios da bacia hidrográfica do rio Ipojuca: a Z28 em Belo Jardim e a Z24 em Venturosa, além de uma Associação de Pescadores em Riacho das Almas.

No que diz respeito à aquicultura, foram identificados dois empreendimentos de

piscicultura em tanque-rede no município de Belo Jardim, especificamente no reservatório Pedro Moura Júnior. Um dos empreendimentos possui quatro tanques-rede que serão desmontados em breve, conforme informações do proprietário, que planeja migrar para tanques escavados e continuar a captar água do reservatório Ipojuca. O outro empreendimento consiste em dezesseis tanques-rede e foi estabelecido cerca de quatro anos atrás. De acordo com o proprietário, ele produz aproximadamente 500 kg de peixes por semana.

Agropecuária

A bacia hidrográfica do rio Ipojuca, situada principalmente na região do Agreste, enfrenta sérios déficits hídricos que limitam a expansão da agricultura irrigada na área. Devido às condições de solo e topografia desfavoráveis, a agricultura não desempenha um papel econômico significativo na bacia. No entanto, devido ao consumo volumoso de água necessária, é importante considerar os usos existentes na bacia, como a dessedentação animal, uma demanda difusa na zona rural.

De acordo com dados da Agência CONDEPE/FIDEM (2005), a pecuária bovina leiteira predomina em municípios como Pesqueira, Poção, Venturosa, Alagoinha, Sanharó, Cachoeirinha, Tacaimbó, São Caetano, Sairé e Gravatá. Belo Jardim, São Bento do Una e Sairé se destacam na avicultura, que também exige volumes consideráveis de água. Em Arcoverde, a pecuária bovina e caprina juntamente com a agricultura de subsistência são atividades predominantes. Destaca-se também as atividades de floricultura, fruticultura e horticultura nos municípios de Chã Grande e Gravatá.

No baixo curso do rio Ipojuca, a demanda por água é notável devido à irrigação de plantações de cana-de-açúcar que estão presentes em municípios como Ipojuca, Escada, Vitória de Santo Antão, Pombos, Amaraji e Primavera. Também é observada uma quantidade significativa de usuários de menor porte organizados em associações e cooperativas de irrigantes nos municípios de Gravatá, Chã Grande, Sairé, Amaraji e Primavera.

Diluição de efluentes

O rio Ipojuca é frequentemente utilizado para o descarte de efluentes domésticos, resíduos de matadouros públicos e clandestinos, vinhaça e águas resultantes da lavagem de cana, entre outros, provenientes de empreendimentos localizados às margens do rio em diversos municípios. Esse é um uso comum da água do rio, embora seja ambientalmente inadequado na maior parte de seu curso e ocorra de forma contínua no cotidiano.

5.1.2 Uso e ocupação do solo

A bacia do rio Ipojuca abrange as sedes de municípios importantes no âmbito do estado, incluindo Caruaru, Gravatá, Bezerros e uma parte de Ipojuca, onde ocorrem significativas transformações socioeconômicas, tanto atuais quanto futuras. Essa dinâmica na área da bacia pode destacar conflitos relacionados ao uso e ocupação do solo, que podem impactar a disponibilidade e o consumo de água em toda a região (Quadro 7).

Quadro 7 - Equivalência entre as classes de uso do solo da bacia hidrográfica do rio Ipojuca

Classes	Classes do Manual (IBGE, 2006)	Unidades do PDRH (2002)	Área (km ²)	Área (%)
1	Áreas de vegetação natural	Vegetação arbórea	398,89	11,63
		Vegetação arbustiva arbórea densa	85,24	2,49
		Vegetação arbustiva arbórea aberta	556,67	16,23
		Vegetação arbustiva	508,07	14,81
		Manguezal	5,75	0,17
2	Áreas antrópicas agrícolas	Campos Antrópicos	1.227,80	35,80
		Cultura da cana-de-açúcar	397,69	11,57
3	Áreas antrópicas não agrícolas	Áreas urbanas	86,86	2,53
4	Água (Corpos d'Água Continentais)	Reservatórios e rios	9,83	0,29
		Interferências	Nuvem/sombra	153,08

Fonte: PERNAMBUCO, 2010.

Biodiversidade e Unidades de Conservação

A bacia do rio Ipojuca, devido à sua extensão no sentido Oeste-Leste, está situada nos domínios de dois biomas identificados em Pernambuco: a Caatinga e a Mata Atlântica. Da nascente do rio Ipojuca, na serra do Pau d'Arco, em Arcoverde, até o médio curso, encontra-se a região de Caatinga, dividida nas subzonas do Agreste e do Sertão, conforme estabelecido no Atlas das Bacias Hidrográficas de Pernambuco (PERNAMBUCO, 2006).

Nas áreas semiáridas da bacia, abrangendo as UA1, UA2, UA3, poucas áreas refletem a Caatinga originalmente encontrada na região. A vegetação predominante é de baixo porte e hábito arbustivo, resultado da história de uso da terra, que inclui desmatamentos repetidos, corte seletivo de espécies madeireiras valiosas e pastoreio extensivo. Nas áreas com maior disponibilidade de água, próximas a rios, riachos e reservatórios, a vegetação original foi quase inteiramente substituída por algumas árvores frutíferas, bananeiras, cultivos de subsistência e capim.

Essa vegetação secundária predominante reflete o histórico de uso da terra, com as características originais praticamente desaparecendo devido à conversão para pastagens e

atividades agrícolas diversas. A extração de árvores de maior valor madeireiro e o pastoreio de animais alimentando-se de vegetação mais palatável resultaram em uma comunidade dominada por espécies de menor valor para humanos e animais, sustentando uma pecuária extensiva com baixos índices zootécnicos (MOURA, 1987). A substituição da cobertura vegetal natural por pastagens cultivadas ou cultivos agrícolas também causou uma grande alteração na paisagem, criando uma categoria mapeada como antropismo no Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do rio Ipojuca, correspondendo a áreas degradadas resultantes de desmatamento para diversos fins (PERNAMBUCO, 2002).

Áreas de preservação permanente às margens de rios e riachos foram desmatadas, alteradas ou degradadas, e práticas agropecuárias inadequadas, ocupação urbana desordenada e a falta de medidas para conservação da biodiversidade comprometem a integridade e saúde dos elementos físicos e bióticos dos ambientes em toda a bacia.

Dentro da área desta bacia hidrográfica existem áreas de proteção ambiental que são:

- Parque Ecológico João Vasconcelos Sobrinho, com área de proteção de 355ha, representa o ecossistema “brejo de altitude”;
- Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) de Pedra do Cachorro, com área de proteção de 18ha;
- Unidade de Conservação Municipal da Serra Negra de Bezerras, com área de 3,4ha, tem como ecossistema a “Caatinga”;
- Área de Preservação Municipal Parque Ecoturístico da Cachoeira do Urubu, com área de 30ha; e
- Área de Proteção dos Mananciais de Abastecimento de Água, instituída pela Lei 9.860/86.

A prática da horticultura nas áreas ribeirinhas, especialmente às margens dos reservatórios Eng. Severino Guerra (Bituri) e Pedro Moura, ambos em Belo Jardim, é um problema não apenas por violar a Lei 4771/1965, que trata do uso das áreas de preservação permanente, mas também por expor os reservatórios ao risco de contaminação por agrotóxicos, adubos químicos e orgânicos, cujo uso precisa ser monitorado e controlado.

Nas áreas urbanas e periurbanas, as áreas ribeirinhas são frequentemente usadas para o descarte de resíduos ou ocupadas por pequenos cultivos e construções precárias, muitas vezes sem saneamento básico. Essas áreas, sem uma gestão adequada por parte do poder público que as valorize como espaços verdes públicos, frequentemente se tornam "terrenos baldios" usados para o descarte de entulho, criação de animais domésticos e extração de areia para construção.

A situação atual de degradação das áreas ribeirinhas é comum em toda a bacia, refletindo

o tipo de uso da terra e a falta de incentivo para práticas agrícolas mais ambientalmente sustentáveis e rentáveis. O uso indiscriminado de agrotóxicos é um exemplo de práticas agrícolas insustentáveis que ocorrem na bacia do rio Ipojuca, com potenciais impactos ambientais e de saúde pública.

Na UA4, as diferentes condições de clima e solo resultaram em um ambiente com características distintas das outras unidades de análise da bacia hidrográfica. Isso influenciou a história do uso da terra e o tipo de ameaças aos ecossistemas naturais. Espécies exóticas que proliferam nas áreas de preservação permanente, como bambu, mamona e fruteiras exóticas, são distintas nessa região.

Apesar dos programas de preservação e restauração ambiental anunciados por usinas da região, os resultados não têm sido notáveis e não provocaram mudanças significativas na paisagem ou na qualidade ambiental da UA4 da bacia do rio Ipojuca. Os fragmentos florestais remanescentes, raros e isolados, são intensamente ameaçados pela expansão da agricultura e pecuária, incêndios, exploração seletiva de madeira, caça ilegal e efeito de borda. As áreas de preservação permanente estão frequentemente cobertas por cana-de-açúcar, com faixas estreitas de vegetação ribeirinha secundária em alguns locais.

5.1.3 Principais fontes de poluição

De acordo com SOBRAL (2006), na bacia do rio Ipojuca, as principais fontes potenciais de poluição são os efluentes industriais, os esgotos domésticos não tratados e os resíduos sólidos despejados a céu aberto, além do uso indiscriminado de agrotóxicos.

A maior fonte de contribuição de cargas orgânicas dos municípios que estão localizados na bacia representa são provenientes de fontes domésticas que chega à bacia do rio Ipojuca. Os municípios de Caruaru, Gravatá, Belo Jardim, Bezerros e Escada são responsáveis pela maior parte da carga orgânica lançada no rio. (PERNAMBUCO, 2003).

Os municípios cujas áreas urbanas estão na bacia do rio Ipojuca têm uma cobertura muito baixa ou inexistente de sistemas de coleta de esgoto. Apenas os municípios de Caruaru e Gravatá possuem sistemas de tratamento de esgoto em operação, embora atendam a uma pequena parcela da população (BRASIL, 2008).

Outra questão relacionada à degradação dos ecossistemas naturais na bacia hidrográfica do rio Ipojuca, especialmente em Belo Jardim, Tacaimbó, São Caetano e Caruaru (UA1 e UA2), é a presença de numerosas olarias e um polo cerâmico significativo, cujo combustível é frequentemente a madeira de vegetação natural, muitas vezes proveniente de corte ilegal,

autorizado para expansão de agricultura e pecuária. Tanto as pequenas olarias, geralmente não licenciadas, quanto as cerâmicas de maior porte representam impactos na paisagem e no ambiente local. É fundamental regularizar e adequar essas atividades às normas ambientais, com ênfase na natureza e origem do material combustível, com a participação dos municípios no licenciamento, fiscalização e monitoramento.

Na bacia do rio Ipojuca, áreas de policultura são comuns, como em Belo Jardim, no entorno do açude Bituri, em Chã Grande, em toda a área do município, e em Gravatá, na porção sudeste, onde predominam o cultivo de legumes e verduras para subsistência e abastecimento da Zona da Mata e do Litoral.

A agroindústria abrange áreas nos municípios de Pombos, Amaraji, Primavera, Vitória de Santo Antão, Escada e Ipojuca, limitando-se a oeste com a divisa entre os municípios de Chã Grande e Primavera, e a leste com o início dos manguezais no estuário do rio Ipojuca. A principal atividade é a monocultura da cana-de-açúcar, que apresenta alto potencial poluente (PERNAMBUCO, 2005a).

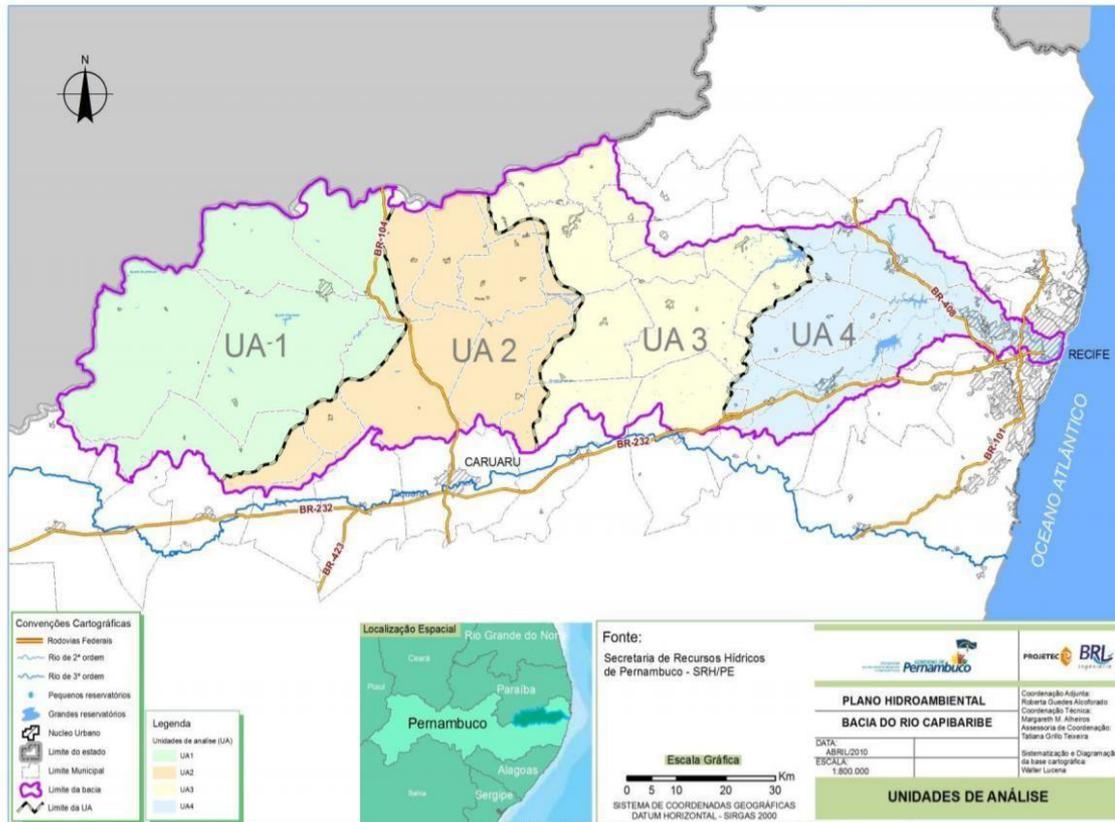
O uso indiscriminado de agrotóxicos nas áreas irrigadas, juntamente com o uso do vinhoto no processo de fertirrigação pelas usinas do setor sucroalcooleiro, contribui para a poluição do solo e dos recursos hídricos, embora a extensão do impacto ainda não tenha sido quantificada. O vinhoto, principal resíduo do processo de produção do setor sucroalcooleiro, é extremamente rico em matéria orgânica e substâncias, principalmente potássio.

O setor sucroalcooleiro é responsável por uma carga considerável de poluentes industriais gerados na bacia, restantes sendo o restante atribuídos a outros setores industriais. No que diz respeito à carga orgânica total relacionada a esgotos domésticos, despejos industriais e despejos agroindustriais a maioria provém dos esgotos domésticos, não tratado do setor industrial e do setor sucroalcooleiro (PERNAMBUCO, 2003).

5.2 DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIBARIBE

O Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe, desenvolvido em 2002, organizou a divisão da bacia em quatro unidades de análise (UA), como é apresentado na Figura 7.

Figura 7 - Unidades de análise na bacia hidrográfica do rio Capibaribe

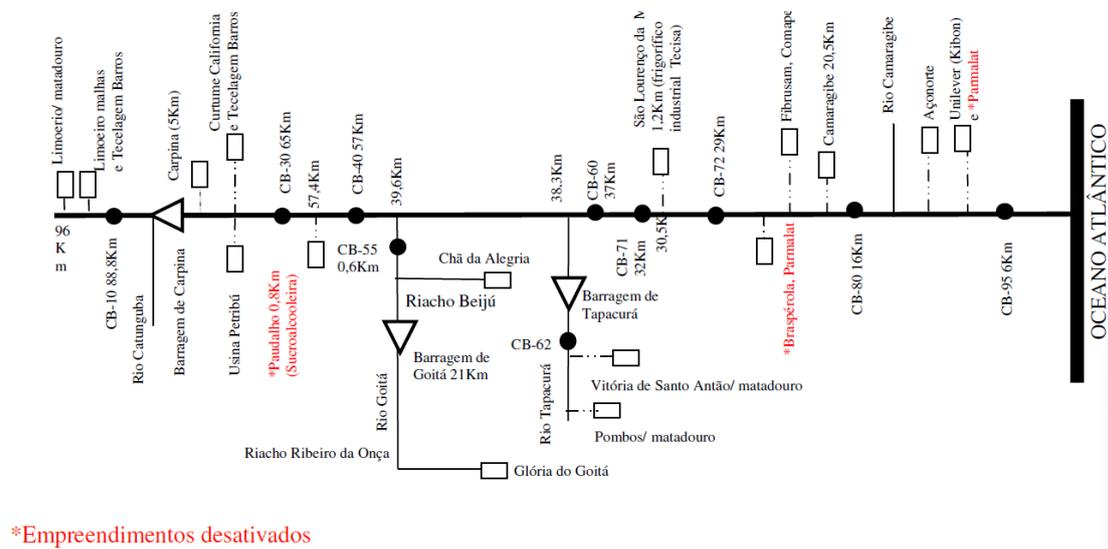


Fonte: PERNAMBUCO (2010a)

A UA1 ou Unidade de Toritama abrange aproximadamente o terço superior da bacia. A UA2 ou Unidade de Jucuzinho envolve parte da bacia que vai desde Toritama até o reservatório Jucuzinho. A UA3 ou Unidade de Limoeiro, compreende as áreas de drenagem do Capibaribe desde o reservatório Jucuzinho até o reservatório Carpina, e a UA4 ou unidade de São Lourenço da Mata, abrange as áreas de drenagem do terço inferior da bacia.

O diagrama unifilar da bacia do rio Capibaribe apresenta a localização dos principais municípios, atividades industriais, estações de monitoramento, reservatórios e tributários (Figura 8).

Figura 8 - Diagrama unifilar da bacia do rio Capibaribe



Fonte: CPRH (2020)

5.2.1 Usos múltiplos da água

O rio Capibaribe é intermitente até seu médio curso, tornando-se perene a partir do município de Limoeiro. Os usos mais expressivos da água ocorrem em reservatórios em toda a bacia e no próprio rio Capibaribe, principalmente no seu baixo curso.

Sua rede hídrica tem como constituintes principais, pela margem direita, o riacho Aldeia Velha, riacho Tabocas, riacho Carapotós, rio Cachoeira, riacho das Éguas, riacho Cassatuba, riacho Grota do Fernando, rio Cotunguba, riacho Goitá, rio Tapacurá e muitos outros de menor porte e, pela margem esquerda, o riacho Jundiá, riacho do Pará, riacho Tapera, riacho do Arroz, riacho da Topada, riacho Caiá, rio Camaragibe ou Bezouro, além de um grande número de rios e riachos de pequeno porte (PERNAMBUCO, 2010a).

Os principais reservatórios são: Jucazinho, Carpina, Tapacurá, Goitá, Poço Fundo. Além desses, vale a pena citar outros reservatórios tais como: Engenho Gercino de Pontes, Várzea do Una, Oitís, Santa Luzia, Matriz da Luz, Machado e Lagoa do Porco.

As águas subterrâneas não têm um uso significativo em termos de volumes captados, uma vez que a maior parte da bacia está localizada em terrenos cristalinos. Apenas uma pequena extensão na área litoral da bacia se encontra sobre a bacia sedimentar Pernambuco-Paraíba, onde a qualidade e vazão das águas subterrâneas são melhores.

Segundo o Plano Diretor de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica do rio Capibaribe (2002), nas UA1, UA2, UA3 e parte da UA 4, a maioria dos poços está situada sobre o embasamento cristalino. No entanto, mais de 50% desses poços estão desativados devido a

baixas vazões e altos teores de sais. Esses poços eram principalmente utilizados para abastecimento rural, doméstico e animal.

Os usuários mais significativos de águas subterrâneas se concentram no município do Recife, onde a água é predominantemente usada para o abastecimento de condomínios, indústrias e estabelecimentos comerciais. Além disso, há o uso de águas subterrâneas para o abastecimento público, embora a maioria dos poços da COMPESA esteja localizada fora dos limites da bacia hidrográfica do rio Capibaribe. Também é importante mencionar o transporte de água para abastecimento privado por meio de carros-pipa.

É relevante destacar que o rio Capibaribe, mesmo que de forma irregular, é utilizado para o lançamento de efluentes domésticos e industriais de empreendimentos localizados às margens do rio em vários municípios. Entre os principais usos da água na Bacia do rio Capibaribe, destacam-se:

Abastecimento humano

O índice de universalização, que mede o acesso ao saneamento básico, indica que em média de 94% nos municípios que fazem parte do Plano Regional de Saneamento Básico da Bacia do Rio Capibaribe (PRSB) estão conectados a rede de distribuição.

O índice de atendimento de água, que reflete o percentual de habitantes efetivamente abastecidos em relação à população ligada à rede de abastecimento, é de 63% em média para os municípios do PRSB em 2017. Apesar da alta taxa de universalização, esse valor indica que muitos municípios não estão recebendo água pelo sistema de abastecimento. Apenas Surubim atingiu 100% de atendimento pelo sistema de abastecimento de água, enquanto sete municípios apresentaram taxas de abastecimento inferiores a 50%, incluindo Jataúba, que teve uma taxa de apenas 14%, indicando um baixo atendimento em relação à população já limitada pelo acesso ao sistema.

Os municípios de Jataúba, Salgadinho, Santa Cruz do Capibaribe e Toritama experimentaram uma diminuição no índice de atendimento de água. Jataúba e Salgadinho tiveram uma redução de 2%, Toritama 7%, e Santa Cruz do Capibaribe 15% entre 2013 e 2017. Enquanto isso, os demais municípios apresentaram um crescimento médio de 9% no mesmo período. Esses números destacam a necessidade de investimentos para aumentar a disponibilidade de água para o abastecimento desses municípios, bem como para reduzir as perdas no sistema.

Abastecimento industrial

O rio Capibaribe, ao longo de seu curso, atravessa diversos municípios de porte médio que atuam como polos de desenvolvimento locais e regionais. Entre os municípios cujas sedes são cortadas pelo rio Capibaribe, temos: Santa Cruz do Capibaribe, Toritama, Salgadinho, Limoeiro, Paudalho, São Lourenço da Mata e Recife.

Na bacia hidrográfica do rio Capibaribe, podem ser distinguir dois principais segmentos industriais. O primeiro é representado por unidades de transformação localizadas nas sedes municipais, incluindo Recife e cidades da Região Metropolitana do Recife (RMR). Essas unidades estão voltadas para a produção de bens de consumo duráveis e bens de consumo imediatos, com uma demanda de água relativamente baixa para o desenvolvimento de suas atividades.

O segundo segmento industrial refere-se ao setor sucroalcooleiro, que está na UA4 da bacia do rio Capibaribe. Esse setor é relevante tanto pelo alto requerimento de água que exige quanto pelo seu potencial poluidor.

Em Santa Cruz do Capibaribe e Toritama, observa-se uma concentração da indústria de confecção de roupas, e, devido a isso, um grande número de lavanderias. Muitas dessas lavanderias possuem captações próprias diretamente no rio Capibaribe e geram efluentes industriais que também vêm sendo lançados no rio Capibaribe.

No setor sucroalcooleiro, destaca-se a usina Petribu, localizada no município de Carpina, que possui captação própria diretamente no rio Capibaribe com uma vazão significativa para abastecimento industrial.

Agropecuária

A bacia hidrográfica do rio Capibaribe, situada em sua maior parte no Agreste, enfrenta grandes déficits hídricos que limitam a expansão da agricultura irrigada na região. Os solos e as condições topográficas também não oferecem um grande potencial para a agricultura, e, portanto, essa atividade não representa uma parte significativa da economia na bacia. No entanto, devido à natureza da agricultura que consome grandes volumes de água, é importante considerar os usos existentes na bacia.

Cerca de 38% da área da bacia é utilizada para policultura e pastagens, onde se encontram lavouras de subsistência (como feijão, macaxeira, milho, mandioca, batata-doce) e fruticultura (incluindo coco, banana, abacaxi, mamão e graviola), de acordo com o Plano Diretor de Recursos Hídricos da bacia do rio Capibaribe (2002). A maioria dos cultivos na bacia

é de sequeiro, devido à escassez de recursos hídricos na região. A agricultura irrigada ocorre apenas nas proximidades dos reservatórios e nas áreas dos rios que têm água perene, mas os métodos de irrigação utilizados são geralmente ineficientes.

Em 2001, a empresa IBI Engenharia Consultiva Ltda realizou um levantamento de irrigantes na bacia hidrográfica do rio Capibaribe, por meio de pesquisa de campo, e registrou a existência de 1.967 hectares irrigados, com captação de água em 22 mananciais, principalmente reservatórios. A maior área irrigada estava concentrada na Unidade de Análise 4 (UA4), sendo que 90% dessa área era destinada ao cultivo de cana-de-açúcar. A UA3 respondia por cerca de 10% da área irrigada, concentrando-se principalmente no município de Bezerros, onde a horticultura é predominante. A UA2 tinha a menor área irrigada (10 hectares) entre as Unidades de Análise da bacia, a maioria no município de Caruaru. A UA1 apresentava apenas 89 hectares irrigados com pastagens, fruteiras e hortaliças, distribuídos nos municípios de Brejo da Madre de Deus, Santa Cruz do Capibaribe, Jataúba e Taquaritinga do Norte.

As demandas hídricas para irrigação refletem o mesmo padrão encontrado no levantamento de irrigantes. A demanda por água para irrigação é significativamente maior na UA4 do que nas demais Unidades de Análise. A segunda Unidade com maior demanda para irrigação é a UA3, seguida da UA1. Na UA2, a demanda por irrigação é praticamente insignificante.

Na Zona da Mata, no baixo curso do rio Capibaribe, a demanda de água para irrigação de cana-de-açúcar é notável, mesmo que seja realizada como uma forma suplementar chamada de "irrigação de salvação". No que diz respeito aos usuários regularizados para a captação de água para irrigação perante a Secretaria de Recursos Hídricos de Pernambuco (SRH/PE), destacam-se grandes demandas para irrigação de cana-de-açúcar das usinas Petribu e São José, localizadas nos municípios de Carpina, Lagoa do Itaenga, Paudalho, Chã de Alegria, Tracunhaém e São Lourenço da Mata. O cadastro de outorgas da SRH lista um pouco mais de 6.000 hectares outorgados para irrigação, mas não inclui as áreas da Usina Petribu, cujas informações estão ausentes no cadastro. É importante observar que essas áreas não são irrigadas de maneira convencional, mas sim como irrigação de salvação. Geralmente, as outorgas para irrigação de cana-de-açúcar são emitidas com uma garantia de uso menor do que para outros usos, o que significa que, em situações de escassez, essa atividade será a primeira a sofrer racionamento. Além disso, há titulares de outorgas para irrigação de menor porte nos mesmos municípios citados, bem como em Brejo da Madre de Deus. O Quadro 8 apresenta as áreas com irrigação difusa na bacia.

Quadro 8 - Áreas com irrigação difusa vinculadas às unidades de análise (UAs)

UA / reservatório	Municípios	Localidades	Curso D'água Barrado	Órgão	Área Irrigada (ha)	Culturas Irrigadas
UA1					89	
Reservatório Oitis	Brejo da Madre de Deus	Oitis	Rio Laranjeiras	EMATER	15	Capineiras, frutíferas e hortaliças
Reservatório Barra de Santana	Brejo da Madre de Deus	Barra de Santana	Rio Capibaribe	CISAGRO	12	Capineiras, frutíferas e hortaliças
Reservatório Estrago	Brejo da Madre de Deus	Estrago	Riacho da Cajazeira	Particular	4	Cenoura
Reservatório Passagem de Tó	Jataúba	Passagem do Tó	Riacho do Munquém	CISAGRO	20	Capineiras e frutíferas
Reservatório Poço Fundo	Santa Cruz do Capibaribe	Poço Fundo	Rio Capibaribe	EMOPER	25	Capineiras, frutíferas e hortaliças
Reservatório Vigário Ramos	Santa Cruz do Capibaribe	Faz. Vigário ramos	Riacho Travessão	Particular	5	Capineiras
Reservatório Faz. do Cajueiro	Taquaritinga do Norte	Faz. Cajueiro	-	SAG (Particular)	3	Capineiras
Reservatório Agropecuária Flor da Paisagem	Taquaritinga do Norte	Faz. Flor da Paisagem	Riacho Doce	EMATER (Particular)	5	Capineiras
UA2					10	
Reservatório Teófilo	Caruaru	-	-	Particular	5	Capineiras
Reservatório Caldeirão de França	Caruaru	Caldeirão	Riacho das Almas	DEPA	1	Feijão e Milho
Reservatório Faz. Três irmãos	Riacho das Almas	Faz. Três Irmãos	-	CISAGRO (Particular)	2	Capineiras
Reservatório Coelho	Riacho das Almas	Sítio dos Coelhos	Riacho do Nascimento	EMATER	2	Hortaliças
UA3					192	
Reservatório Sítio dos Cocos	Bezerros	Sítio Cocos	Riacho Sá França	EMATER	10	Tomate
UA4					1.676	
Reservatório Sítio dos Remédios	Bezerros	Sítio dos Remédios	Riacho do Sítio	SAG	180	Tomate e cenoura
Reservatório Faz. Pé de Serra I	Bezerros	Faz. Pé de Serra	-	Particular	2	Milho e feijão
UA4					1.676	
Reservatório Camila	Paudalho	Engenho Camila	Riacho Cajueiro	CISAGRO	30	Frutíferas e hortaliças
Reservatório Usina Petribu I	Lagoa do itaenga	Usina Petribu	-	Particular	500	Cana-de-açúcar
Reservatório Usina Petribu II	Lagoa do itaenga	Usina Petribu	-	Particular	500	Cana-de-açúcar
Reservatório Natuba	Vitória de santo Antão	Natuba	Riacho Natuba	DNOCS	20	Frutíferas e hortaliças
Reservatório Pacas I	Vitória de santo Antão	Pacas	-	COMPESA	2	Hortaliças
Fontes Hídricas Diversas*	Vitória de santo Antão e Pombos	-	-	Particular	524	Hortaliças
Reservatório Eng. Tapacurá	São Lourenço da Mata	Engenho Tapacurá	-	Particular	100	Cana-de-açúcar
TOTAL					1.967	

Fonte: Pernambuco, 2010.

A dessedentação animal é uma demanda difusa na bacia do rio Capibaribe, que pode ser avaliada com base no tamanho dos rebanhos da região. A microrregião do Alto Capibaribe abrange nove municípios, excluindo Jataúba e Brejo da Madre de Deus, que estão totalmente inseridos na bacia, bem como Riacho das Almas, que está quase completamente inserido na bacia. A microrregião do Médio Capibaribe compreende 10 municípios, incluindo alguns que não fazem parte da bacia hidrográfica do rio Capibaribe, como Machados, São Vicente Férrer e Orobó.

A soma dos dados dessas duas microrregiões fornece uma estimativa da bacia

hidrográfica do rio Capibaribe, embora alguns desses municípios estejam apenas parcialmente inseridos na bacia. No entanto, de acordo com os dados de Produção Pecuária Municipal do IBGE em 2007, o somatório dos rebanhos efetivos bovinos de todos os municípios integrantes da bacia hidrográfica do rio Capibaribe para o ano de 2007 corresponde a 391.697 cabeças.

A avicultura também é uma atividade praticada na bacia, principalmente na UA4, com destaque para os municípios de Paudalho, São Lourenço da Mata, Camaragibe, Glória do Goitá, Pombos, Carpina e Vitória de Santo Antão. De acordo com os dados de Produção Pecuária Municipal do IBGE em 2007, o somatório dos rebanhos efetivos de aves nos municípios integrantes da bacia hidrográfica do rio Capibaribe para o ano de 2007 corresponde a 11.686.737 cabeças.

Pesca e aquicultura

A bacia hidrográfica do rio Capibaribe abriga uma atividade pesqueira razoável, com destaque para municípios como o Recife, Limoeiro e Lagoa do Carro. Segundo dados da Superintendência do Ministério da Pesca em Pernambuco, a região conta com um total de 1.396 pescadores, embora haja uma defasagem nas estatísticas em relação ao número real de pescadores atualmente ativos. Vale ressaltar que os números oficiais do Ministério da Pesca nem sempre capturam a totalidade dos pescadores em uma determinada área.

No município de Belo Jardim, que está parcialmente inserido na bacia do rio Capibaribe, não foi incluída a contagem total de pescadores na bacia devido à sede do município estar fora dos limites da bacia do rio Capibaribe. Este município abriga a Colônia Z-28, que possui 129 pescadores registrados. No entanto, esses pescadores se concentram em mananciais da bacia hidrográfica do rio Ipojuca. Portanto, eles não foram contabilizados como pescadores da bacia do rio Capibaribe.

A atividade pesqueira na bacia do rio Capibaribe é realizada principalmente em canoas de aproximadamente 4 metros de comprimento. Os pescadores empregam diversos aparelhos de pesca, incluindo redes de emalhar de superfície e de fundo, varas com anzol e covos para a captura de camarões. Essa atividade desempenha um papel importante na geração de renda, tanto direta quanto indiretamente, para a comunidade local.

Quanto à organização social dos pescadores, existem quatro colônias de pescadores na bacia: Recife (Colônia Z-1), Lagoa do Carro (Colônia Z-18), Limoeiro e Feira Nova. As áreas de pesca para essas colônias variam, incluindo o rio Capibaribe e a costa marítima para a Colônia Z-1, e o reservatório Carpina para as demais colônias. É importante observar que as

colônias de Limoeiro e Feira Nova são recentes e ainda não possuem número oficial de registro.

Além das colônias de pescadores, existem também cinco associações de pescadores registradas no Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA). Essas associações desempenham um papel importante na organização e representação dos pescadores na região:

- Associação dos Pescadores do Reservatório Tapacurá (A03)
- Associação Alternativa dos Pescadores e Moradores Rurais de Lagoa do Itaenga (A04)
- Associação de Desenvolvimento Sustentável dos Pescadores de Frei Miguelinho (A10)
- Associação dos Pescadores e Produtores Rurais do Sítio Campo, em Cumaru (A19)
- Associação dos Pescadores de Riacho das Almas (A16)

Essas organizações desempenham um papel fundamental na defesa dos interesses dos pescadores e na promoção de práticas de pesca sustentáveis na bacia do rio Capibaribe.

Navegação, turismo e lazer

O rio Capibaribe possui um potencial turístico, próximo a sua foz, que é explorado por empresas de turismo. São realizados passeios de catamarã, a partir da foz do rio Capibaribe por um pequeno trecho no município do Recife. Evidentemente, a melhoria das condições ambientais e da qualidade da água do rio Capibaribe tornaria os passeios bem mais atrativos.

Segundo o Movimento de Requalificação do rio Capibaribe – RECAPIBARIBE há 23 pontos de referência turística ao longo do leito do rio Capibaribe, todos na Região Metropolitana do Recife. Ainda há projetos para modernização e implantação de outros 11 pontos, como o do cais José Estelita que futuramente poderá ser transformado pela iniciativa privada em uma marina, centro de comércio e lazer.

O município de Salgado também possui atividade turística, devido à existência de fontes hidrominerais, com reconhecidos efeitos medicinais. O Thermas Hotel Salgado organiza programações com pacotes turísticos. Porém, a demanda hídrica dessa atividade não é expressiva, nem há conflitos com demais usos. Também há registros de atividades de lazer e recreação no reservatório Jucazinho.

5.2.2 Uso e ocupação do solo

A análise do uso e ocupação do solo é de suma importância para o planejamento da gestão de uma bacia hidrográfica como a do rio Capibaribe, onde atividades diversas em

sintonia ou em conflito afetam a disponibilidade, qualidade e consumo da água no seu território.

A atividade produtiva agropecuária na região tem nos desmatamentos e no manejo inadequado dos solos, o principal fator de indução de processos de erosão e assoreamento, além da salinização e contaminação por agrotóxicos. Esses fatores deixam passivos ambientais significativos que precisam ser avaliados e mitigados, com o fim de reverter o processo de degradação ambiental na bacia.

No que se refere às áreas com vegetação natural, existe quatro tipos com base em seu tamanho e densidade, o que resultou em quatro padrões: vegetação arbórea, vegetação arbustiva densa, vegetação arbustiva esparsa e vegetação arbustiva. Dentro dessas categorias, incluíram-se as diversas formações encontradas nos dois biomas presentes na bacia: a Mata Atlântica e a Caatinga.

No entanto, vale ressaltar que, no que se refere aos manguezais, não foi possível fazer um mapeamento preciso na bacia.

Biodiversidade e Unidades de conservação

A bacia hidrográfica do rio Capibaribe tem como áreas de proteção ambiental a mata de Dois Irmãos, mata do engenho Tapacurá, mata Outeiro do Pedro, mata de São João da Várzea, mata de Quizanga, mata do Toró, mata Camucim e a reserva particular do patrimônio natural - RPPN fazenda Bituri, além da área de proteção dos mananciais, instituída pela Lei 9.860/86.

Vegetação arbórea

Nesta etapa, foram identificadas áreas com vegetação de grande porte, cobrindo uma extensão de 1.003,32 km². Essas áreas incluem remanescentes florestais da Mata Atlântica, como florestas ombrófilas e estacionais, além de matas serranas (brejos de altitude) e áreas de "caatinga arbórea". Principalmente nas regiões costeiras, onde predomina o bioma Mata Atlântica, encontram-se fragmentos de floresta cercados por extensos canaviais e áreas agrícolas. Alguns destaques incluem o Complexo de Matas Tapacurá, fragmentos nas áreas de usinas na UA4, em São Lourenço da Mata, o Parque de Dois Irmãos em Recife e a mata de Ronda em Pombos.

Existem também pequenas áreas com solos profundos, não pedregosos, relevo plano ou levemente ondulado, textura média e argilosa, com potencial para uso na agricultura. Essas características levaram à ocupação das terras por agricultura familiar diversificada, o que significa que algumas áreas mapeadas como "mata serrana" podem estar sob cultivo de frutas

em pomares domésticos ou sistemas agroflorestais. Um exemplo disso é a presença de 2.000 hectares de café orgânico à sombra em Taquaritinga do Norte, onde as árvores do café são complementadas por espécies nativas ou fruteiras, como a jaqueira.

Vegetação Arbustiva Arbórea Densa

Nessa unidade de 86,12 km², encontra-se formações vegetacionais de médio porte, com uma razoável cobertura do solo. Na bacia do rio Capibaribe, essas formações são principalmente formações secundárias que parecem densas, localizadas ao longo das margens dos rios, corpos d'água e encostas.

Ao longo da bacia do rio Capibaribe, que abrange dois biomas, a Caatinga e a Mata Atlântica, é possível observar estreitas faixas de vegetação que estão sob a forte influência de ocupação desordenada, acúmulo de resíduos, pastagens e práticas agrícolas irregulares. Nas áreas desmatadas, destaca-se a invasão de espécies exóticas, como a algaroba (*Prosopis juliflora*), que agora domina muitas dessas áreas na bacia.

No caso das encostas, a descaracterização dessas áreas devido à ocupação residencial desordenada e ao uso inadequado para agricultura aumenta o risco de deslizamentos de terra e, conseqüentemente, o potencial de inundação.

Vegetação arbustiva-arbórea

Essa classificação abrange 1.478,70 km² na bacia do rio Capibaribe, principalmente nas regiões do Agreste e Sertão de Pernambuco.

Essa unidade engloba áreas de regeneração com árvores jovens misturadas com arbustos, bem como áreas de caatinga arbórea que é uma forma de caatinga mais densa. A maior parte da bacia é dominada pela caatinga, especialmente no Agreste e Sertão, com destaque para a região de Jataúba, onde a caatinga tem um caráter hiperxerófilo mais pronunciado.

Em relação à vegetação arbustiva, essa divisão abrange 1.706,25 km² e reflete um histórico de intensa intervenção humana. A vegetação arbustiva secundária varia de acordo com o domínio vegetacional predominante na região, que pode ser a Mata Atlântica ou a Caatinga.

Nas regiões mais úmidas, como o Litoral e a Zona da Mata, podem ser encontradas áreas conhecidas como "capoeirinhas", compostas principalmente por espécies pioneiras arbustivas. Além disso, nas áreas rurais e fazendas, é possível encontrar vegetações secundárias da Mata Atlântica em meio a sítios e plantações diversificadas, refletindo usos variados ao longo do tempo e do espaço.

Áreas Antrópicas e agrícolas

Essa unidade de 2.585,01 km² abrange áreas de policultura, pastagens e pecuária, juntamente com áreas de solo exposto na bacia do rio Capibaribe.

A falta de manejo do solo, práticas de melhoria de pastagem e sobrecarga de rebanhos contribuem para a degradação dessas áreas. Pastos abandonados não conseguem se regenerar em formações vegetais mais complexas e mantêm uma cobertura herbácea rala, ainda usada como pastagem. Além das pastagens, esta unidade também inclui áreas agrícolas, principalmente de subsistência, com cultivos de milho, mandioca e feijão, geralmente em pequenas propriedades.

Os canaviais ocupam uma área de 337,45 km² na bacia do rio Capibaribe e são predominantemente utilizados para o cultivo de cana-de-açúcar, destinada à produção de açúcar e álcool. Essa cultura é predominante na região da Zona da Mata de Pernambuco, estendendo-se ao norte até Carpina e a oeste até Lagoa do Itaenga.

A expansão histórica do cultivo de cana-de-açúcar teve um impacto significativo no desmatamento da Floresta Atlântica, resultando na situação atual em que extensos canaviais circundam fragmentos isolados de mata.

As áreas urbanas cobrem uma extensão de 237,95 km² na bacia do rio Capibaribe e foram identificadas nas imagens de satélite em uma escala de 1:100.000. A delimitação das áreas urbanas foi comparada com os limites urbanos definidos nos mapas da Sudene.

Observou-se um notável aumento na área urbana das principais cidades da bacia hidrográfica, com destaque para os municípios de Vitória de Santo Antão, Taquaritinga do Norte e Santa Cruz do Capibaribe. Em grande parte, esse crescimento se deve à expansão horizontal das áreas urbanas, com menos densificação dos aglomerados urbanos. Esse crescimento é impulsionado pela criação de novos loteamentos e ocupações na periferia das cidades, bem como pela instalação de novos empreendimentos econômicos, especialmente pequenas indústrias ligadas aos arranjos produtivos locais.

No caso de Vitória de Santo Antão, parte dessa expansão está relacionada ao redesenho e duplicação da BR-232, que levou à expansão da área urbana em direção ao novo traçado da rodovia, incorporando áreas rurais e áreas de transição entre o ambiente urbano e rural.

Nos municípios de Taquaritinga do Norte e Santa Cruz do Capibaribe, a expansão urbana está principalmente relacionada à implantação de novos empreendimentos econômicos, muitos dos quais estão ligados ao Polo Têxtil e de Confecções do Agreste Pernambucano.

5.2.3 Principais fontes de poluição

Dentre as principais fontes de degradação ambiental está a poluição advinda dos resíduos sólidos urbano e industrial, que se inicia no solo atingindo as águas superficiais e infiltra-se com o chorume, contaminando também as águas subterrâneas. O Capibaribe encontra-se hoje poluído por resíduos sólidos e líquidos, orgânicos e inorgânicos, industriais e agrícolas, apresenta altas taxas de assoreamento, embora ainda apresente potencial para usos diversos, como agricultura, pesca, abastecimento de água, entre outras atividades industriais e de serviços.

O rio Capibaribe está altamente poluído em todas as áreas de análise, principalmente devido às concentrações elevadas de amônia, fósforo e coliformes termotolerantes. A ausência de oxigênio dissolvido (OD) e os altos níveis de DBO a jusante de áreas urbanas e industriais indicam que esgotos domésticos e efluentes industriais estão sendo despejados em quantidades que excedem a capacidade de autodepuração do rio. Além disso, a qualidade dos recursos hídricos é afetada pela disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e pelo carreamento de materiais e detritos para os cursos d'água, o que pode resultar em contaminação e erosão, aumentando o assoreamento.

Essa poluição é particularmente evidente nas concentrações elevadas de nitrogênio amoniacal, fósforo e coliformes fecais, principalmente após as cidades de Paudalho, Vitória de Santo Antão, São Lourenço da Mata, Camaragibe e Recife. Nesses trechos, o rio Capibaribe está eutrofizado, variando de eutrófico a hipereutrófico, devido aos altos níveis de fósforo e nitrogênio amoniacal, que ultrapassam os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/05.

Essas condições ressaltam a necessidade urgente de investimentos em sistemas de coleta e tratamento de efluentes, bem como a intensificação das atividades de monitoramento e fiscalização para melhorar as condições ambientais do rio Capibaribe.

Nesse contexto, o setor do saneamento desempenha um importante papel na identificação de problemas e tomada de decisões na gestão dos recursos hídricos. O controle da degradação da qualidade das águas requer a integração das políticas de recursos hídricos e saneamento ambiental. Uma estratégia importante de gestão desses recursos é o melhoramento do monitoramento da qualidade de água aplicado por bacia hidrográfica. O monitoramento tem dois objetivos principais: a identificação das influências antrópicas e o levantamento dos processos naturais do ecossistema aquático estudado.

A salinidade é observada em várias estações, com valores mais elevados entre Limoeiro

e Paudalho e na cidade do Recife, enquanto o rio volta a ser de água doce a jusante do rio Goitá até a cidade de São Lourenço da Mata.

As temperaturas do rio são consistentemente altas, com medianas iguais ou superiores a 28°C, sendo mais elevadas nas estações CB-60 e CB-65. Embora a Resolução CONAMA nº 357/05 não estabeleça limites de temperatura para as diferentes classes de água, é importante notar que altas temperaturas reduzem a solubilidade dos gases, diminuindo, portanto, a concentração de oxigênio dissolvido.

Carga poluidora por esgotos domésticos

A carga poluidora estimada, por Unidade de Análise, foi obtida através da contribuição dos habitantes em termos da demanda bioquímica de oxigênio – DBO, utilizando uma taxa de 54g DBO/dia/habitante, de acordo com a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

Para o cálculo da carga afluente aos corpos d'água (carga remanescente), é considerado uma redução de 40% sobre a carga potencial, este percentual de redução é aplicado pela CPRH e tem como base à consideração de que em cada gerador de efluente líquido doméstico existe, pelo menos, um tratamento primário constituído por tanque séptico.

Com base nestes dados, foi estimada uma carga poluidora potencial e remanescente das Zonas Urbana e Rural. Estima-se que a Zona Rural tem um potencial de mais de 15 toneladas DBO/dia, enquanto a Zona Urbana tem um potencial de mais de 60 toneladas DBO/dia. Porém, parte destes esgotos é acondicionado em fossas sépticas ou lançados a céu aberto em terrenos circunvizinhos, sendo a carga remanescente em torno de 9 toneladas DBO/dia para Zona Rural e cerca 36 toneladas DBO/dia para Zona Urbana.

Carga poluidora de origem industrial

O setor industrial na região do Alto Capibaribe é altamente diversificado, com um notável polo de confecções que requer um fornecimento significativo de água. No entanto, este setor enfrenta sérios problemas ambientais devido aos efluentes resultantes dos processos de lavagem e destonagem de tecidos, que impactam negativamente o meio ambiente. Além disso, na parte média a baixa da bacia, há uma indústria sucroalcooleira que gera grandes volumes de efluentes, levando à contaminação do solo e dos recursos hídricos da região.

De acordo com os levantamentos realizados no cadastro do órgão ambiental e estudos anteriores como o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH), das 172 indústrias cadastradas

na bacia apenas 14 indústrias foram classificadas como produzindo efluentes líquidos com carga poluidora de origem.

As indústrias produtoras de álcool (destilarias) funcionam em regime sazonal. A época de colheita da cana-de-açúcar ocorre entre os meses de setembro a março, existindo duas situações de potencial poluidor denominadas de safra e entressafra.

O Quadro 9 apresenta as unidades industriais com indicação da carga poluidora de origem orgânica.

Quadro 9 - Unidades industriais e carga poluidora de origem orgânica

Unidade Industrial	Carga poluidora (kg DBO/dia)	
	Potencial	Remanescente
Usina Petribu	38.788	
Destilaria Alvorada	20.260	
Fridusam	1.000	1.000
Ondunorte	1.000	
Leite Betânea - Parmalat	470	174
Curtume Califórnia	200	200
Bunge	173	6,1
Açonorte - Gerdau	157	16
Engarrafamento Pitu	118	2,2
Braspérola-Brasfio	115,2	5,8
Norcola	46	46
Limoeiro Malhas	12	12
Noronha Têxtil	7	2
Tecelagem Barros	4	0,8
Total Safra	63.350,2	1.464,9
Total entressafra	3.3302,2	
Total	159.003	2.930

Fonte: Pernambuco, 2010.

5.3 AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO E DA EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA

A manipulação dos dados de qualidade de água (formação de banco de dados, análise, geração de gráficos e relatórios) pela CPRH é feita utilizando diferentes planilhas e softwares, causando um retrabalho de digitação e lentidão do processo. Neste sentido, a automação de processos pode aumentar a eficiência, reduzindo o tempo de análise e os custos associados com as etapas de avaliação.

A utilização de ferramentas de Business Intelligence (BI) oferece diversas vantagens para auxiliar na gestão do monitoramento da qualidade da água em bacias hidrográficas. Essas tecnologias transformam dados brutos em informações e insights valiosos, permitindo que os gestores e especialistas em meio ambiente tomem decisões baseadas em dados atuais e estratégicos. Abaixo estão algumas das vantagens de empregar uma ferramenta de BI para esse fim:

- Análise avançada de dados: Ferramentas de BI podem processar grandes volumes de dados em tempo real. Isso permite a análise imediata das mudanças na qualidade da água, identificando padrões, tendências e anomalias. Essa análise ajuda na detecção precoce de problemas, possibilitando respostas rápidas e eficientes.
- Visualização intuitiva: Gráficos, mapas e dashboards interativos facilitam a compreensão dos dados. As informações são apresentadas de forma visual e fácil de entender, tornando simples para os tomadores de decisão interpretar e compartilhar dados complexos com partes interessadas, incluindo o público em geral.
- Tomada de decisão baseada em dados: O BI fornece insights baseados em dados, permitindo que os gestores tomem decisões informadas e estratégicas. Isso é fundamental ao lidar com a segurança da água, pois as decisões precisam ser rápidas e precisas para proteger a saúde pública.
- Otimização de recursos: Com análises detalhadas, é possível identificar padrões sazonais ou locais de poluição. Isso permite a otimização dos recursos, direcionando esforços e investimentos para áreas específicas que precisam de mais atenção, economizando tempo e dinheiro.
- Transparência e envolvimento da comunidade: Ao disponibilizar informações claras e visualmente atraentes sobre a qualidade da água para o público, as ferramentas de BI promovem a transparência. Isso pode aumentar a confiança da comunidade nas medidas tomadas pelas autoridades e incentivar a participação ativa na preservação dos recursos

hídricos.

- Relatórios e conformidade: Facilita a geração de relatórios automatizados, essenciais para a conformidade regulatória. Manter registros detalhados e precisos é importante para cumprir as normas ambientais e evitar penalidades.

Os sistemas de análise de dados e a Business Intelligence – BI ou inteligência de negócios ajudam as organizações a identificar novas oportunidades, destaca ameaças potenciais e revela novos insights de negócios para aprimorar os processos de tomada de decisões. É importante destacar que a BI pode ser uma importante ferramenta para governos no desenvolvimento de sistemas que tornam os dados coletados facilmente acessíveis aos cidadãos (XIA; GONG, 2014; KOWALCZYK; BUXMANN, 2014). Sinha et al. (2018) destaca que o setor de água está apenas começando a descobrir o potencial que os insights baseados em dados podem oferecer.

Nesse contexto, o Programa de Saneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca (PSA Ipojuca) financiou diversas ações que visam a revitalização do rio Ipojuca. Uma delas foi a aquisição da ferramenta de BI *Qlik Sense* para a CPRH utilizar na análise dos dados do monitoramento da qualidade da água no estado de Pernambuco. A utilização do *Qlik Sense* se justifica pela sua capacidade de redução do tempo no gerenciamento de dados e aumento da qualidade e confiabilidade dos dados apresentados, pois são baseados em registros automáticos e não em registros manuais e esforços humanos insustentáveis (ALVES et al., 2020; BODÍ et al., 2021).

A seguir são apresentados os resultados da aplicação da ferramenta de BI *Qlik Sense* na construção do Painel de Monitoramento da Qualidade da Água das Bacias Hidrográficas de Pernambuco, que é de uso interno na CPRH, e uma proposta de uso da ferramenta de uso livre *Power BI* que poderá ser usado mais facilmente tanto pela CPRH como também pelas universidades, escolas, prefeituras municipais, entre outros.

5.3.1 Descrição dos resultados da aplicação da ferramenta de BI *Qlik Sense* na construção do Painel de Monitoramento da Qualidade da Água

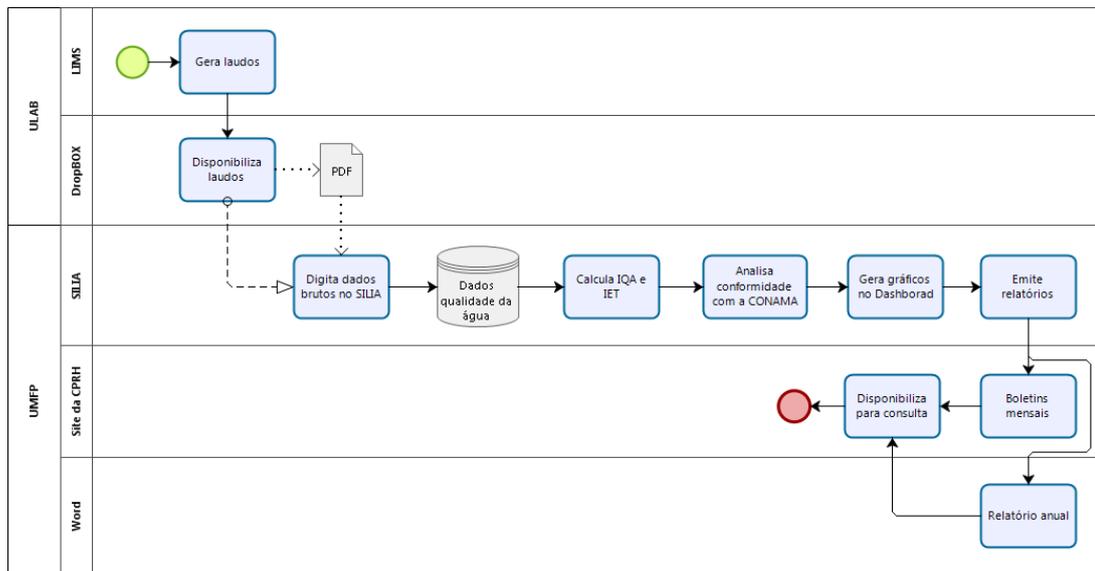
O desenvolvimento do Painel de Monitoramento da Qualidade da Água das Bacias Hidrográficas de Pernambuco por meio do *Qlik Sense*, elaborado pela equipe da CPRH com a consultoria contratada para a implantação da ferramenta, seguiu as seguintes etapas:

Mapeamento do processo - foram levantadas todas as atividades relacionadas ao fluxo do processo de monitoramento da qualidade da água, identificando os setores da CPRH

envolvidos e as sequências das etapas. Foi desenhado um fluxograma do tipo Swimlane map utilizando o software Bizagi para identificar quem são os responsáveis por cada etapa.

Identificação dos gargalos e redesenho do fluxo - o fluxo do processo foi analisado e verificado onde ocorriam retrabalhos e causavam morosidade ao trabalho. Um novo fluxograma foi desenhado considerando a utilização de um painel de monitoramento, baseado em BI (Figura 9).

Figura 9 - Proposta de fluxo para o processamento dos dados do monitoramento da qualidade da água na CPRH



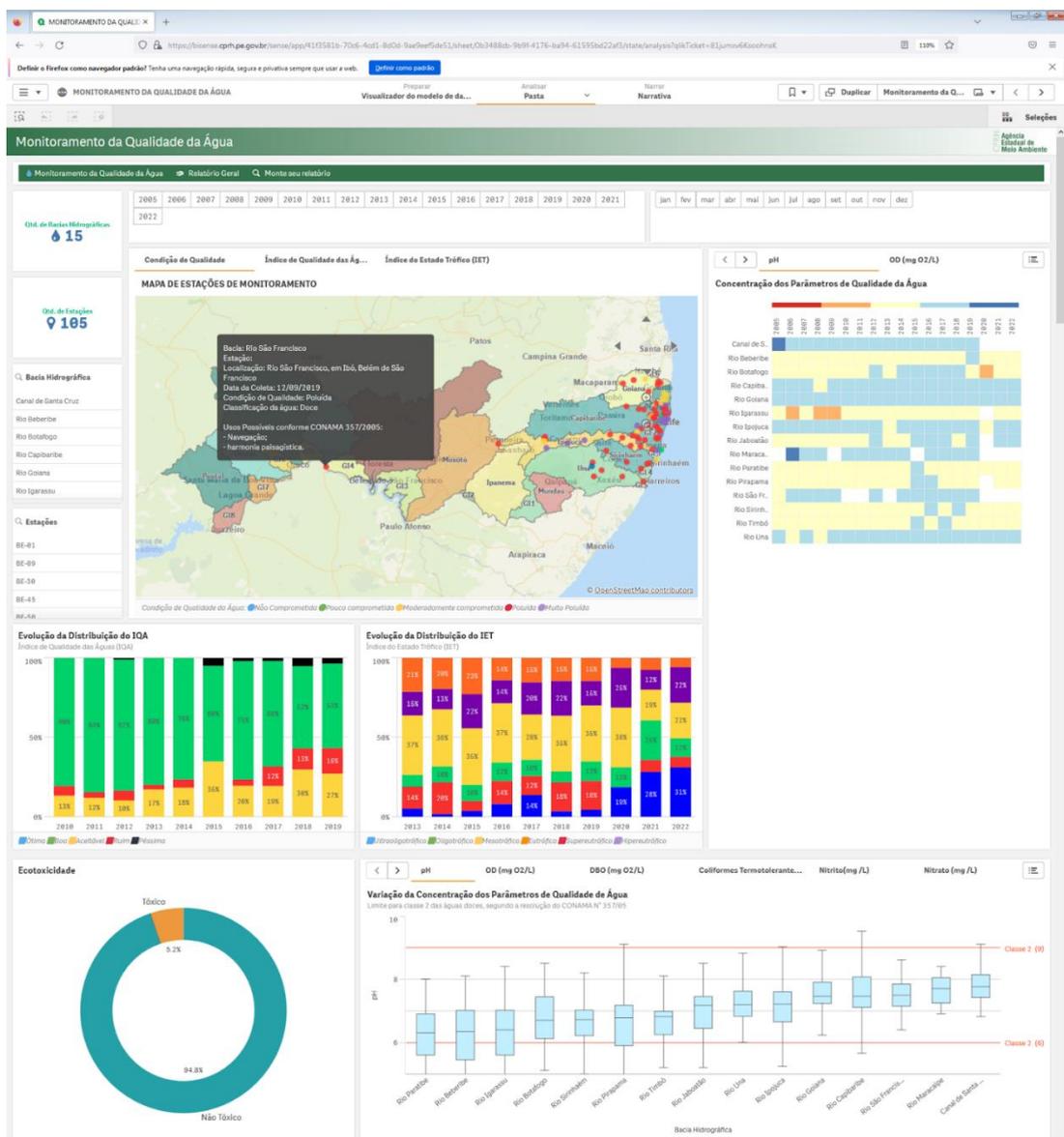
O fluxo do processamento e análise dos dados de monitoramento da qualidade da água redesenhado inicia-se com a geração dos laudos com os resultados das análises de parâmetros físicos, químicos e biológicos das amostras de água pelo Laboratório Professor Aduacto da Silva Teixeira (ULAB) que são disponibilizados em formato .PDF. A Unidade de Monitoramento de Fontes Poluidoras (UMFP) digita os resultados dos laudos em uma planilha formando o banco de dados. O aplicativo Qlik calcula índices de qualidade da água, avalia a conformidade dos resultados com a Resolução Conama nº 357/2005 e permite analisar parâmetros individualmente e gerar relatórios. A UMFP confecciona boletins mensais e o relatório anual que são disponibilizados no site da CPRH.

Definição de requisitos - foi elaborado o documento de requisitos para a confecção do painel de monitoramento da qualidade da água pela equipe de Tecnologia de Informação, utilizando o software de BI Qlik Sense. Nesta etapa, foram definidos a organização do banco de dados, seleção de indicadores, cálculo de índices, análises conforme a Resolução Conama nº 357/05 e forma de apresentação em gráficos.

Geração do painel e validação dos dados apresentados - os dados apresentados de forma automática no painel foram checados por amostragem aleatória com os dados anteriormente calculados de forma manual, para verificar se as regras do sistema estavam corretas.

O painel de monitoramento desenvolvido mostra seis gráficos simultâneos e correlacionados (Figura 10). Assim, quando algum filtro é aplicado, os resultados são atualizados automaticamente em cada gráfico.

Figura 10 - Visualização do painel do monitoramento da qualidade da água das bacias hidrográficas de Pernambuco da CPRH



O primeiro gráfico (Figura 10) mostra um mapa das bacias hidrográficas de Pernambuco e a localização georreferenciada das estações de monitoramento. Ao passar o mouse sobre o

ponto da estação, uma caixa de informações se abre com informações de sua localização, data da coleta, condição de qualidade da água e usos previstos, conforme a resolução Conama nº 357/2005. É possível no mesmo mapa também visualizar a cor correspondente à classificação do Índice de Qualidade da Água - IQA e do Índice de Estado Trófico - IET.

Os resultados de concentração dos parâmetros de qualidade da água como pH, OD (mg/L), DBO (mg/L), amônia (mg/L), nitrito (mg/L), nitrato (mg/L), fósforo total (mg/L), turbidez (uT), coliformes termotolerantes (NMP/100ml) e clorofila a (μ /L) são exibidos em outro gráfico. Inicialmente são mostrados os valores medianos numa série de 10 anos. É possível aprofundar nos dados, aplicando os filtros “ano”, “bacia hidrográfica” e “estação de monitoramento” (Figura 10).

A evolução da distribuição do IQA ao longo de 10 anos pode ser visualizada em outro gráfico. Ele apresenta o percentual de registros distribuídos entre as classificações do IQA: ótima, boa, aceitável, ruim e péssima. Ao aplicar o filtro “ano” e escolher apenas um ano, o gráfico mostrará os resultados mensais. O mesmo acontece com o gráfico ao lado do IET, exibindo as classes ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico.

Já o gráfico de Box Plot apresenta os resultados da variação da concentração dos parâmetros de qualidade da água da seguinte forma: o mínimo, o primeiro quartil (Q1), a mediana, o terceiro quartil (Q3) e o máximo. Nesse gráfico também são mostrados os limites recomendados pela Resolução Conama Nº 357/05 para alguns parâmetros que são abordados na norma. Por fim, a ecotoxicidade é exibida por meio de um gráfico do tipo rosca, separando o percentual de resultados tóxicos e não tóxicos.

Por meio da visualização geral dos gráficos gerados pelo painel é possível observar que, de acordo com a classificação utilizada pela CPRH, a maioria dos pontos monitorados nas bacias hidrográficas de Pernambuco apresentam condição da qualidade da água como Poluída (cor vermelha no mapa). No tocante ao IQA, pode-se verificar que no gráfico não aparecem dados classificados na categoria “Ótima”. Além disso, percebe-se o aumento da porcentagem de pontos classificados nas categorias “Aceitável”, “Ruim” e “Péssima” a partir do ano de 2015. Para o IET, nota-se o aumento de porcentagem da categoria “Ultraoligotrófica” a partir do ano de 2020. A visão dos boxplots que mostram todas as bacias permite uma análise geral de quais delas apresentaram parâmetros em condições críticas, e quais estão em melhores condições. A interpretação desses resultados foi realizada pelos especialistas da equipe da Diretoria de Monitoramento da CPRH em conjunto com membros da equipe do projeto da UFPE.

Informações como essas, extraídas de uma visualização eficiente e integrada, auxiliam no entendimento da distribuição espacial e temporal da qualidade da água nas bacias de Pernambuco. Sinha et al. (2018) utilizaram técnicas de *Business Intelligence* para organizar os dados de águas subterrâneas e obter insights significativos em relação à variação espacial e temporal na salinidade das águas subterrâneas na região de Barmer de Rajasthan, Índia. No estudo de Uronen (2018), é abordado o potencial da *Business Intelligence* e *Business Analytics* no setor de água finlandês. O autor afirma que as organizações do setor devem criar uma integração de dados entre as diversas fontes e começar com a implementação de um sistema de BI básico. Assim, esses dados podem ser mais facilmente explorados e, simultaneamente, pode-se mudar para uma cultura de tomada de decisão mais baseada neles.

5.3.2 Proposta de aplicação da ferramenta *Power BI* na construção do Painel de Monitoramento da Qualidade da Água

No sentido de difundir os resultados do monitoramento da qualidade da água de forma mais simplificada, é apresentado a seguir o resultado da aplicação de uso da ferramenta de uso livre *Power BI*, proposta para ser usada tanto pela CPRH como também pelas universidades, escolas, prefeituras municipais, entre outros.

Inicialmente, são apresentados os *dashboards* (painéis) construídos para a visualização dos dados de todas as bacias monitoradas do estado de Pernambuco, e posteriormente o detalhamento das análises para as bacias do rio Ipojuca e do rio Capibaribe, objetos de estudo desse projeto.

Criar um dashboard de dados de qualidade da água no *Power BI* envolve várias etapas, desde a preparação dos dados até a criação dos elementos visuais no dashboard. As etapas percorridas nesse processo são expostas resumidamente a seguir.

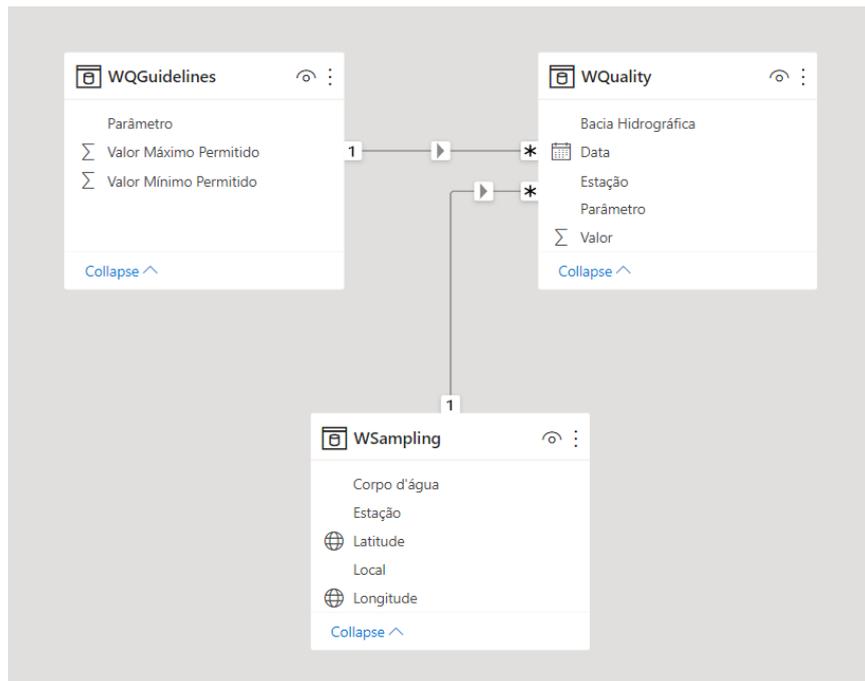
Preparação dos dados – Antes de começar a criar o dashboard, os dados sobre a qualidade da água e os pontos de monitoramento foram limpos e formatados corretamente em planilhas Excel. Após esse processo, as planilhas foram importadas para o *Power BI*.

Transformação e limpeza dos dados – Após a importação das planilhas, foi usado o *Power Query Editor* (Editor de Consulta Avançada) no *Power BI* para transformar e novamente limpar os dados conforme necessário. Isso inclui remover duplicatas, lidar com valores ausentes e formatar colunas.

Modelagem de dados – Foram estabelecidos relacionamentos entre as três diferentes tabelas de dados utilizados, conforme Figura 11 a seguir. A tabela WQGuidelines mostra os parâmetros avaliados e seus valores máximos e mínimos permitidos pela Resolução CONAMA

357/2005, e está relacionada à tabela WQuality pela coluna Parâmetro. A tabela WQuality contém os parâmetros e seus respectivos resultados na coluna Valor, além de informações como data da coleta, estação e bacia hidrográfica a qual pertencem os resultados. Por fim, a tabela Wsampling possui os dados geográficos das estações de monitoramento, como o nome do corpo d'água em que foi realizada a coleta, latitude, longitude, descrição do local e a identificação das estações, que é a coluna que a relaciona à tabela WQuality.

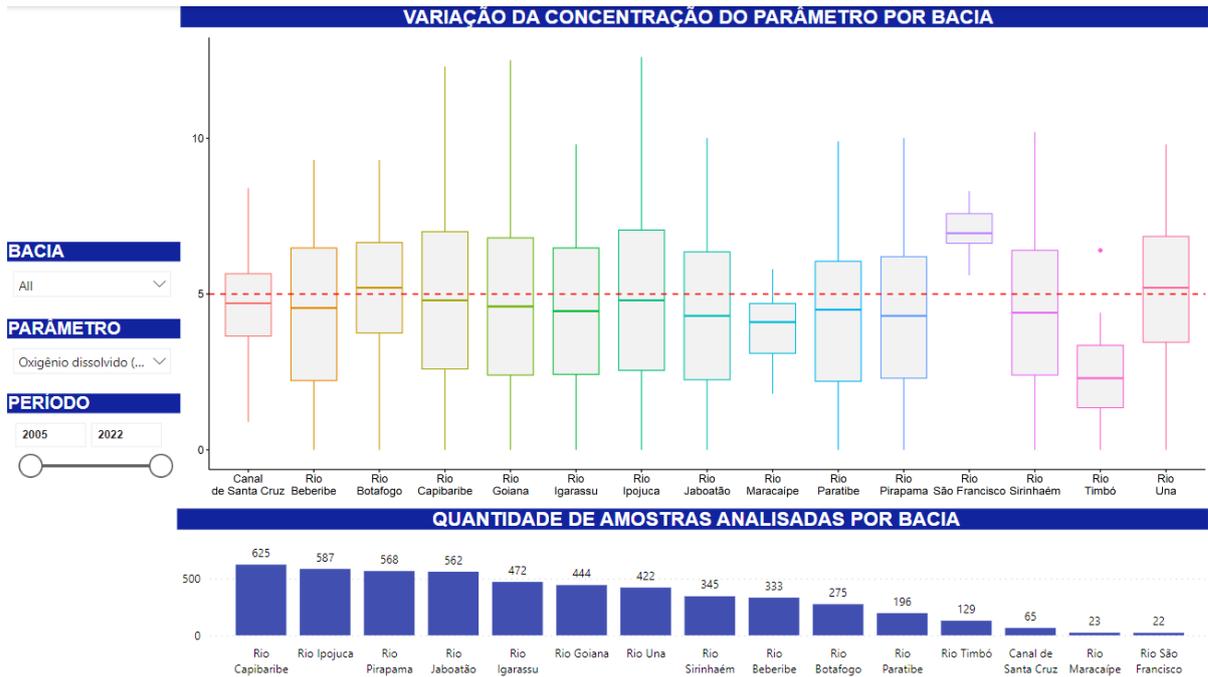
Figura 11 - Relacionamento entre as tabelas utilizadas na criação do dashboard



Criação de visualizações - No painel de visualizações, foram escolhidos os tipos de gráficos que melhor representam os dados de qualidade da água. Foram utilizados boxplots, gráficos de linha, gráficos de barras e mapas geográficos. Para criar visualizações interativas, foram adicionados filtros para permitir que os usuários filtrem os dados com base em critérios específicos, como datas ou locais.

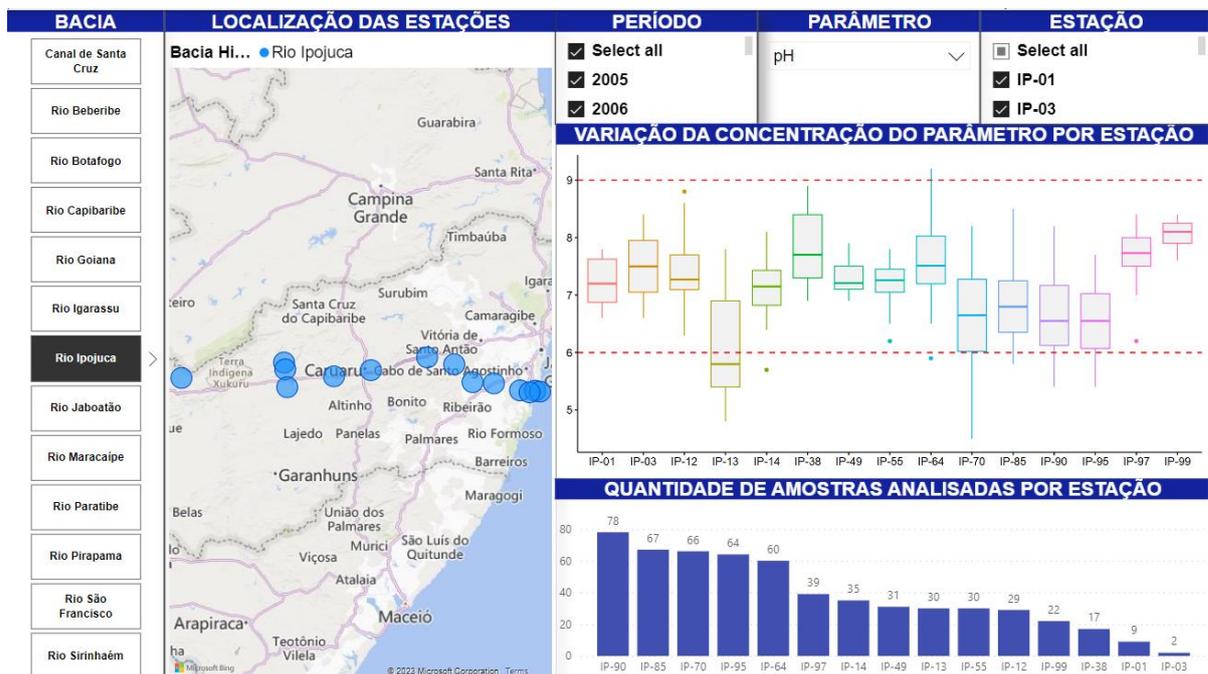
A primeira aba do painel de monitoramento proposto (Figura 12) mostra o gráfico da variação da concentração dos parâmetros por bacia hidrográfica. É possível filtrar para que sejam mostradas todas as bacias monitoradas, ou apenas as que forem de interesse do usuário. Nesse gráfico, pode-se comparar os valores encontrados nas coletas com os valores recomendados na Resolução CONAMA 357/2005. Na parte inferior pode-se observar a quantidade de amostras analisadas por bacia hidrográfica. Ainda existe a opção de filtro para determinado período ou todo o tempo de amostragem disponível. Quando algum filtro é aplicado, os resultados são atualizados automaticamente em cada gráfico.

Figura 12 - Primeira aba do painel de monitoramento proposto



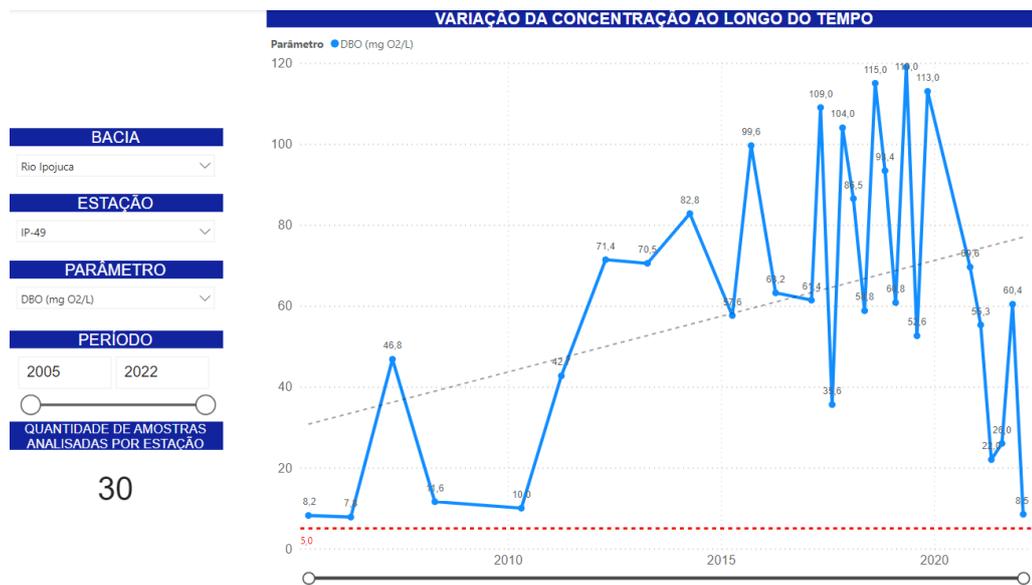
A segunda aba (Figura 13) mostra os boxplots da variação da concentração dos parâmetros por estação de monitoramento, a quantidade de amostras analisadas por estação e a localização das estações. As informações podem ser filtradas de acordo com a bacia, as estações, o período e o parâmetro de interesse. No gráfico dos boxplots é possível comparar os valores encontrados nas coletas com os valores recomendados na Resolução CONAMA 357/2005.

Figura 13 - Segunda aba do painel de monitoramento proposto



Tem-se na terceira aba um gráfico de linha que mostra, para determinada estação da bacia escolhida, a concentração do parâmetro ao longo do tempo. O período de observação também pode ser selecionado por meio do filtro. Na parte inferior esquerda pode-se observar a quantidade de amostras analisadas na estação de monitoramento. No exemplo da Figura 14, a estação IP-49, localizada a jusante da cidade de Caruaru, na bacia do rio Ipojuca, apresentou resultados acima do máximo recomendado pela Resolução CONAMA 357/2005 em todas as coletas.

Figura 14 - Terceira aba do painel de monitoramento proposto



Validação dos resultados obtidos com o software Power BI

Para validar os resultados obtidos pelo painel proposto utilizando o software Power BI, foram comparados os boxplots gerados para as coletas do ano de 2019 com os boxplots contidos no Relatório de Monitoramento da Qualidade da Água de Bacias Hidrográficas do estado de Pernambuco em 2019 (CPRH, 2020). Esse relatório é a publicação mais recente no website da CPRH (<https://www2.cprh.pe.gov.br/relatorio-bacia-hidrografica-2019/>), no qual não foram usados gráficos gerados pela aplicação da ferramenta de BI *Qlik Sense*, implementada posteriormente.

Procurou-se utilizar um design semelhante para facilitar a comparação. Nos boxplots gerados pelo painel proposto com o Power BI, a borda que divide as cores da caixa corresponde à mediana, e o círculo branco corresponde à média. As linhas que correspondem aos limites inferior e superior são os valores mínimos e máximos encontrados nas coletas para cada estação. Os gráficos são mostrados na Figura 15 para a bacia do rio Ipojuca e na Figura 16 para a bacia do rio Capibaribe.

Figura 15 - Comparação entre os boxplots contidos no Relatório da CPRH e os boxplots gerados pelo painel, para o ano de 2019 na bacia do rio Ipojuca

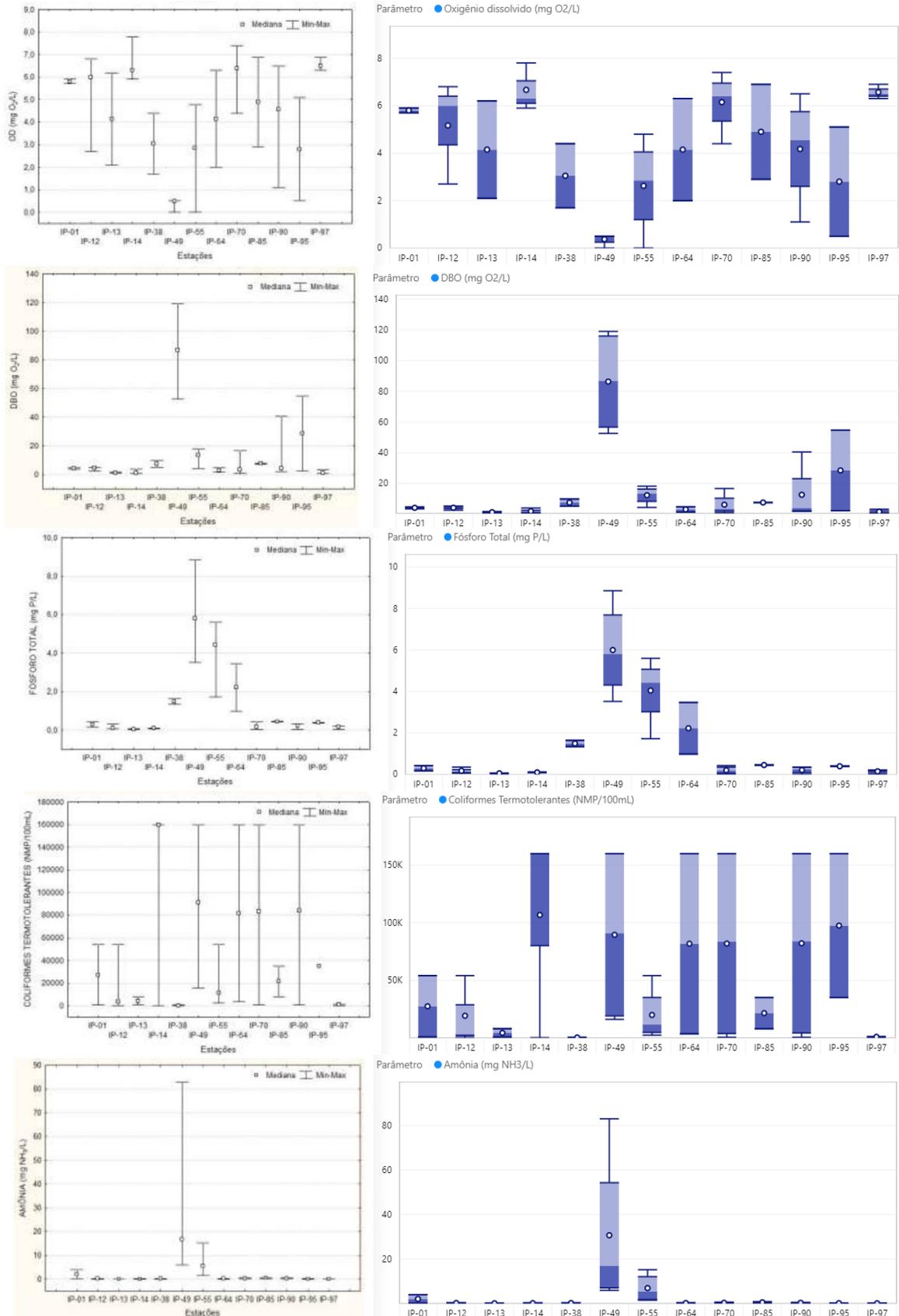
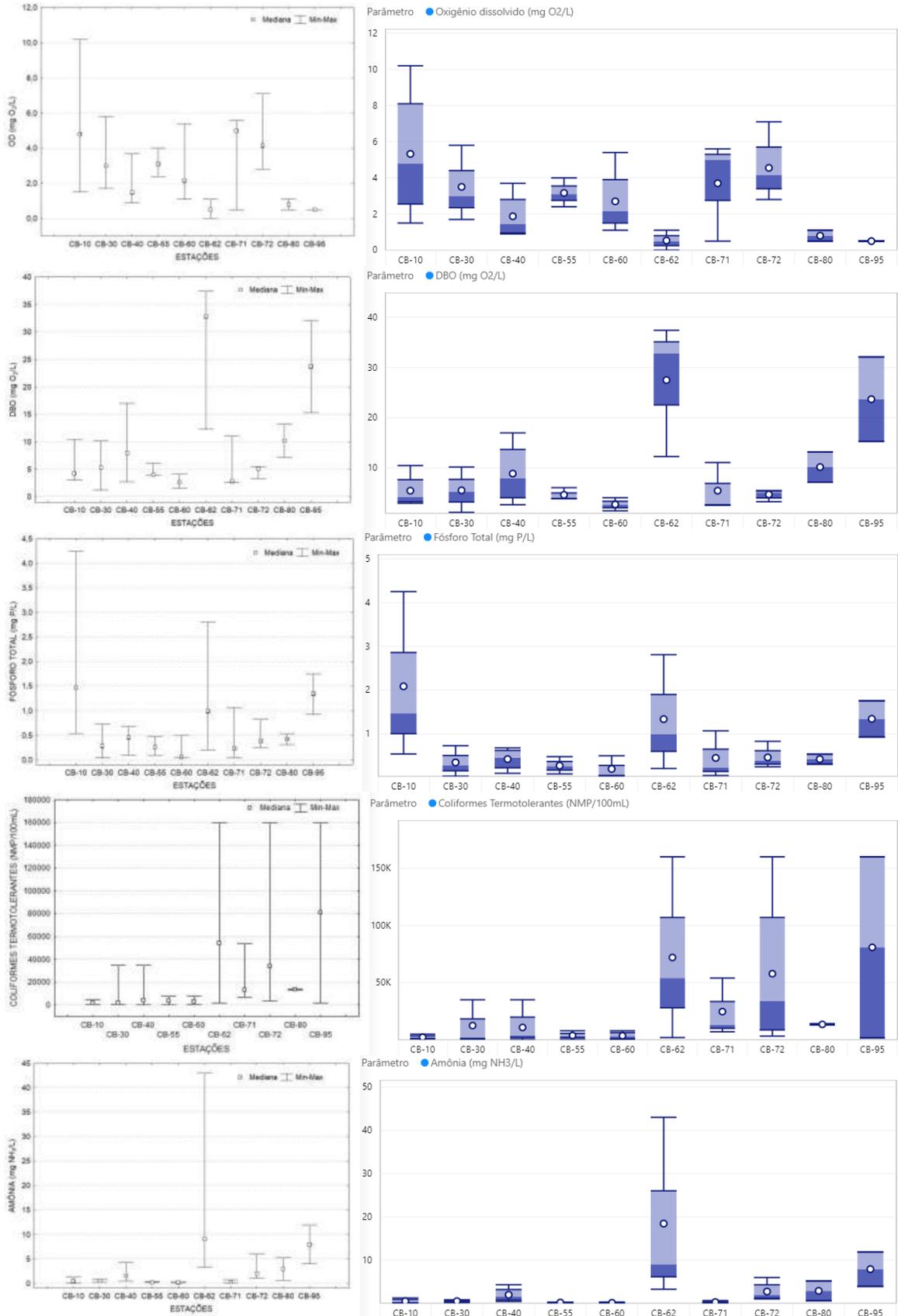


Figura 16 - Comparação entre os boxplots contidos no Relatório da CPRH e os boxplots gerados pelo painel, para o ano de 2019 na bacia do rio Capibaribe



Como pode ser observado nas Figuras 15 e 16, os gráficos gerados pelo painel proposto com o software Power BI apresentam grande semelhança com os apresentados no relatório publicado pela CPRH. Isso demonstra que os resultados obtidos com o uso do painel construído no software livre foram satisfatórios, e podem ser usados para facilitar a elaboração dos relatórios que a CPRH disponibiliza ao público.

Análise da série histórica dos dados de qualidade da água para as bacias do rio Ipojuca e do rio Capibaribe de 2005 a 2021

Para demonstrar uso da ferramenta Power BI no auxílio à elaboração de relatórios, foi realizada uma breve análise da série histórica dos dados de qualidade da água dos anos de 2005 a 2021, para as bacias do rio Ipojuca e do rio Capibaribe. A análise foi feita para os parâmetros OD, DBO, Fósforo Total, Amônia e Coliformes Termotolerantes.

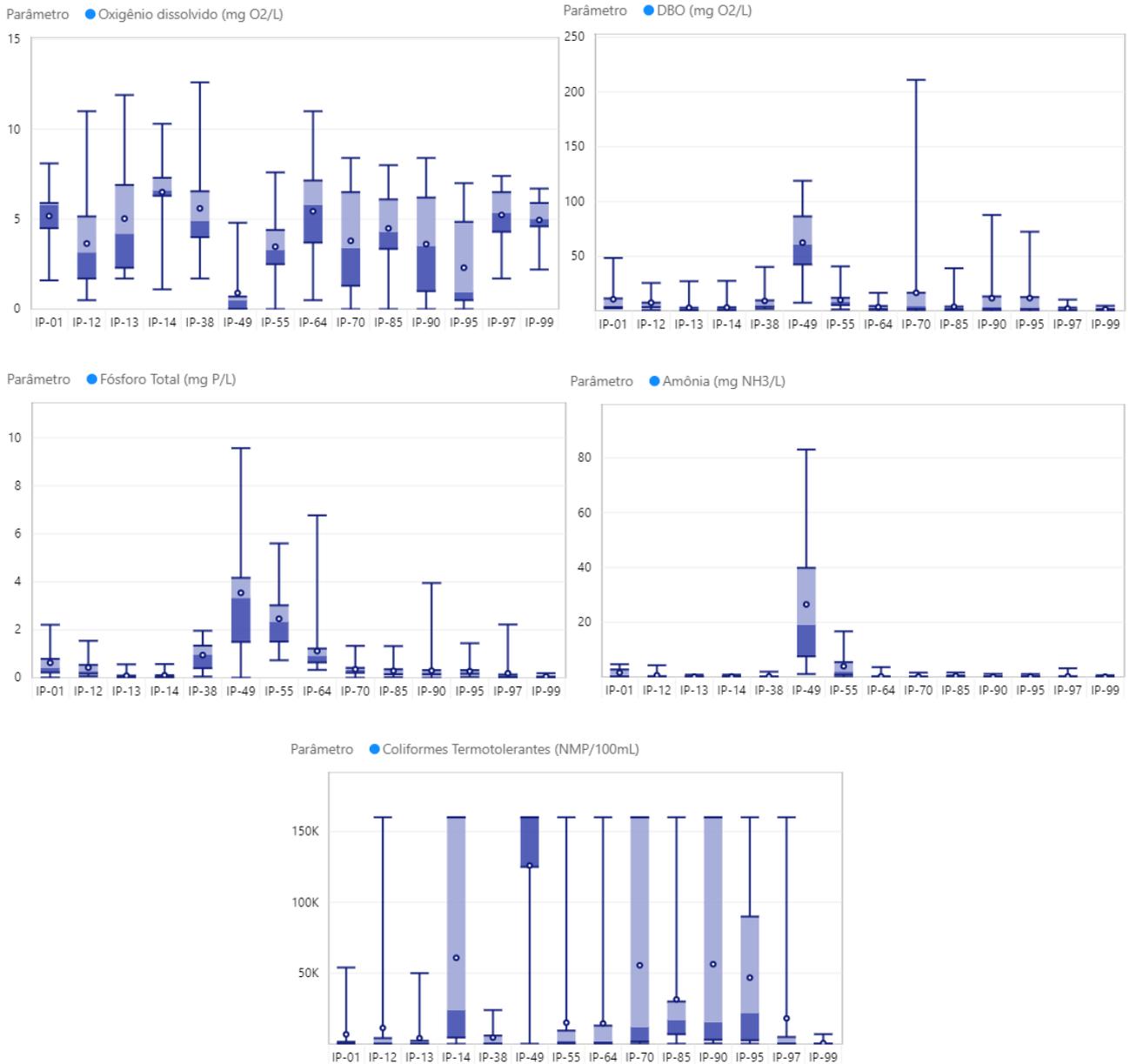
Ao longo do período analisado, houve interrupções no monitoramento para a bacia do rio Ipojuca nos anos de 2014, 2015 e 2020 (período de pandemia de Covid-19). Em 2014 o monitoramento ficou restrito ao primeiro semestre (abril e junho), em 2015 aos meses de abril e setembro, e em 2020 nos meses de fevereiro e novembro.

Conforme a Figura 17, observa-se o comprometimento da qualidade da água em toda a bacia nesses 17 anos de monitoramento. Entre os parâmetros avaliados destacam-se OD, DBO, Fósforo Total e Coliformes Termotolerantes que apresentaram valores acima do estabelecido pela CONAMA nº 357/2005 para águas doces Classe 2 em todas as estações (mínimo de 5 mg/L para OD; máximos de 5 mg/L para DBO, 0,1 mg P/L para Fósforo Total e 1000 NMP/100mL para Coliformes Termotolerantes).

O ponto IP-49 (rio Ipojuca a jusante da cidade de Caruaru) apresentou baixíssimos níveis de OD (chegando a zero), com máxima de 4,8 mg O₂/L. No mesmo ponto também foram obtidos os maiores índices de Fósforo Total e Amônia encontrados na bacia, além da maior média de Coliformes Termotolerantes.

Os pontos IP-55, IP-70, IP-85, IP-90 e IP-95 também chegaram a níveis zero de OD e altos níveis de DBO, além de relevante grau de Coliformes Termotolerantes. O ponto IP-01, localizado na nascente do rio Ipojuca, demonstrou altos níveis de Fósforo Total, DBO, Coliformes Termotolerantes e baixos níveis de OD.

Figura 17 - Variação dos principais parâmetros de qualidade da água nas estações amostrais da bacia do rio Ipojuca entre anos de 2005 e 2021



Na bacia do Capibaribe, ao longo do período de abrangência deste relatório (2005-2021) também houve interrupções no monitoramento nos anos de 2014, 2015 e 2020. Em 2014 e 2015 o monitoramento ficou restrito ao mês de abril, enquanto em 2020 foi nos meses de fevereiro e novembro, devido à pandemia de Covid-19.

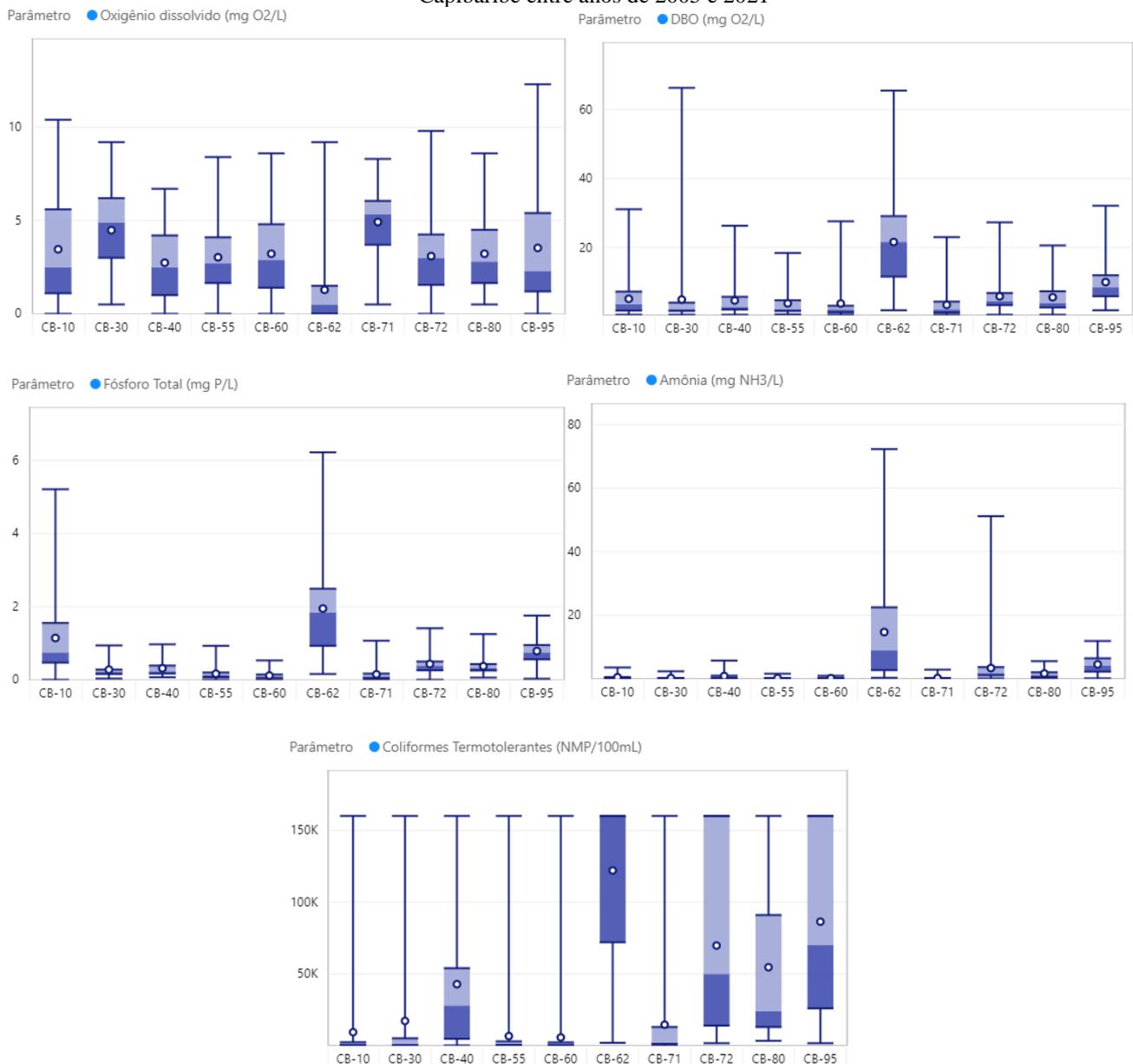
Conforme a Figura 18, observa-se o comprometimento da qualidade da água em toda a bacia nesses 17 anos de monitoramento. O ponto CB-62 (rio Tapacurá a jusante de Vitória de Santo Antão) apresentou relevantes inconformidades no atendimento aos padrões da legislação, com mais de 75% dos resultados de OD abaixo do limite mínimo de 5 mg/L e mais de 75% dos resultados de DBO acima dos 5 mg/L, que é o limite máximo recomendado. O mesmo ponto

também ultrapassou os limites recomendados para o Fósforo Total (0,1 mg P/L) e Coliformes Termotolerantes (1000 NMP/100mL) em todas as amostras, atingindo os maiores valores encontrados na bacia para esses parâmetros.

O ponto CB-10 a jusante de Limoeiro também apresentou elevados níveis de Fósforo Total e baixos níveis de OD. Os pontos CB-72, CB-80 e CB-95 também apresentaram níveis de Coliformes Termotolerantes acima do recomendado em todas as amostras.

Entre os parâmetros avaliados destacam-se OD, DBO, Fósforo Total e Coliformes Termotolerantes que apresentaram valores divergentes do recomendado pela CONAMA nº 357/2005 para águas doces Classe 2 em todas as estações.

Figura 18 - Variação dos principais parâmetros de qualidade da água nas estações amostrais da bacia do rio Capibaribe entre anos de 2005 e 2021



Almeida et al. (2019) apresentaram uma proposta inovadora de um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) para fiscalização do uso da água, baseada em tecnologias de BI, utilizando-se de dados geoespaciais e com interfaces de BI para Web e plataforma móvel. O SAD proposto encontra-se em fase de implantação na Agência Executiva de Gestão das Águas do estado da Paraíba (AESA). Os autores propuseram como investigação futura um estudo do impacto que suas funcionalidades trazem na fiscalização, e a integração do SAD de fiscalização do uso da água com o SAD de Outorga, resultando numa visão sistêmica destas duas áreas da gestão dos Recursos Hídricos.

A implantação do painel dos dados de monitoramento da qualidade da água proposto por este projeto, em conjunto com sistemas semelhantes utilizando dados das licenças ambientais, dados de vistorias, denúncias e multas, pode subsidiar o processo de licenciamento ambiental, fiscalização ambiental e identificação de áreas críticas de degradação da qualidade da água.

Para Ponce Romero et al. (2017), a tomada de decisão pode ser fortalecida por meio da incorporação e análise do amplo espectro de conjuntos de dados externos, como informações ambientais demográficas e temáticas (por exemplo, solo, geologia e meteorologia), que por sua vez podem esclarecer novas relações entre elementos não considerados inicialmente. Isso pode levar à extração de resultados adicionais de dados existentes, aproveitando o uso de técnicas analíticas, bem como os meios para transmitir, comunicar e exibir os resultados de uma maneira que cada um dos grupos-alvo possa ser facilmente entendido.

5.4 ANÁLISE DOS PRINCIPAIS PLANOS, PROJETOS E AÇÕES QUE INTERFEREM NA QUALIDADE DA ÁGUA

O Brasil dispõe da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), Lei nº 9.433 (Brasil, 1997) que estabelece diretrizes e políticas públicas voltadas para a gestão dos recursos hídricos, visando à melhoria da oferta de água em quantidade e qualidade e considerando a água como elemento estruturante para a implementação das políticas setoriais. A PNRH utiliza a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementar seus instrumentos básicos: planos diretores de recursos hídricos, enquadramento dos corpos d'água em classes de usos preponderantes, outorga de direito de uso dos recursos hídricos, cobrança pelo uso da água e o sistema nacional de informações sobre recursos hídricos.

5.4.1 Plano de Recursos Hídricos de Pernambuco

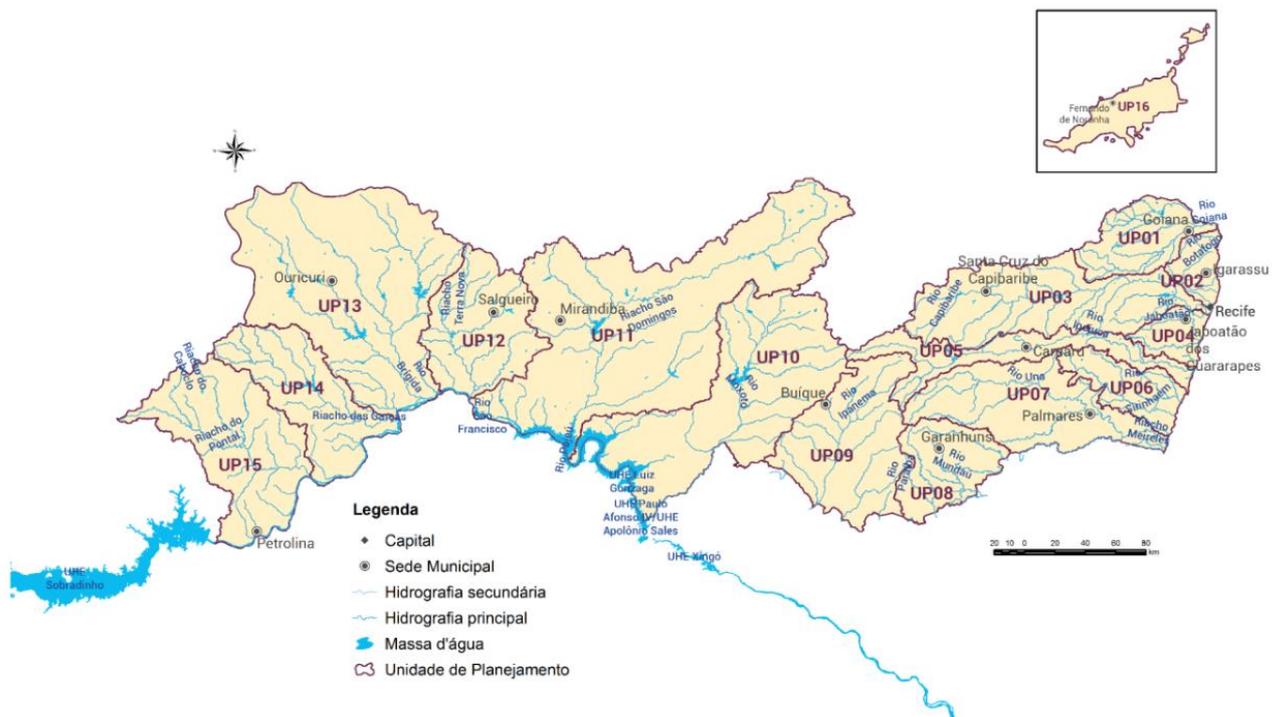
Pernambuco possui o Plano de Recursos Hídricos de Pernambuco (PERH/PE), desenvolvido em 1998 com o objetivo de atender à exigência da Lei 11.426/97. Este Plano foi atualizado em 2022, com vigência até 2040. Das mudanças dispostas, Unidades de Planejamento (UPs) foram reduzidas de 29 para 16 (Quadro 10, Figura 19), uma vez que, de forma geral, as UPs que correspondiam a grupos de bacias de pequenos rios, foram agregadas às bacias de grandes rios adjacentes. A maior parte das grandes bacias hidrográficas pernambucanas situa-se integralmente dentro dos limites do Estado, exceto as bacias dos rios Una, Mundaú, Ipanema e Moxotó que possuem parte de suas áreas de drenagem no Estado de Alagoas (APAC, 2020). Das 16 UPs inseridas no estado, apenas a Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe, do Rio Ipojuca, e do Rio Una possuem PHA elaborados (APAC, 2022).

Quadro 10 - Unidades de Planejamento utilizadas na atualização do PERH/PE

UP	Bacia Hidrográfica Principal	Área (km ²)
UP01	Rio Goiana	2.936,50
UP02	Metropolitana Norte	1.190,89
UP03	Rio Capibaribe	7.444,00
UP04	Metropolitana Sul	1.264,91
UP05	Rio Ipojuca	3.587,24
UP06	Rio Sirinhaém	2.369,28
UP07	Rio Una	6.344,25
UP08	Rio Mundaú	3.307,20
UP09	Rio Ipanema	6.570,50
UP10	Rio Moxotó	11.364,02
UP11	Rio Pajeú	18.388,57
UP12	Rio Terra Nova	5.360,65
UP13	Rio Brígida	15.020,44
UP14	Riacho das Garças	5.405,61
UP15	Riacho do Pontal	7.505,63
UP16	Fernando de Noronha	19,54
Área Total (km²)		98.079,23

Fonte: PERNAMBUCO (2022)

Figura 19 - Unidades de Planejamento (UPs) da atualização do PERH/PE



Fonte: PERNAMBUCO (2022)

5.4.2 Plano Hidroambiental da Bacia do Ipojuca

O Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca (PHA Ipojuca) foi formulado através da colaboração entre o Governo de Pernambuco e a Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos (SRHE-PE), sob contrato nº 005/2009, com recursos do ProÁgua Nacional/Banco Mundial. O plano foi criado em 2010, com o objetivo de projetar as perspectivas futuras dos recursos hídricos e das condições socioambientais, tendo os anos de 2015 e 2025 como referências. Esta projeção tem em conta a implementação de intervenções previamente planejadas, bem como as condições necessárias para a sustentabilidade da bacia. Para alcançar essa sustentabilidade, novas ações e investimentos devem ser aplicados, sendo necessário um monitoramento sistemático ao longo do tempo (Pernambuco, 2010).

Este documento está inserido no contexto das políticas de recursos hídricos, tanto a nível nacional quanto estadual. Seu propósito fundamental é fomentar a utilização criteriosa dos recursos hídricos e estipular metas visando o incremento tanto em quantidade quanto em qualidade dos recursos hídricos disponíveis. Configura-se como um plano de ação estratégico direcionado ao desenvolvimento sustentável da bacia, representando uma das ferramentas de maior relevância para a condução integrada dos recursos hídricos no estado de Pernambuco.

O Quadro 11 apresenta o cronograma de ações do plano detalhadas pelos eixos socioambiental; infraestrutura hídrica e gestão de recursos hídricos. Cada ação é descrita em termos de sua duração temporal e situação atual de execução.

Quadro 11 - Cronograma de Ações do PHA Rio Ipojuca

Plano	Duração	Situação
Planos de Investimentos		
1º Eixo: Socioambiental		
Implantação de parques urbanos municipais na bacia do rio Ipojuca - “Janelas para o Rio”	17 meses	Concluída
Elaboração de planos de conservação e uso de entorno de reservatórios na bacia do rio Ipojuca.	12 meses	Concluída
Estudo visando definir áreas prioritárias para a criação de Unidades de Conservação em áreas de nascentes do rio Ipojuca.	24 meses	Concluída
Programa de Incentivo à criação de Reservas Particulares do Patrimônio Natural na bacia do rio Ipojuca “RPPN Amiga da Água”.	12 meses	Concluída

Programa produtor de água na bacia do rio Ipojuca.	60 a 120 meses	Em execução
Recuperação de áreas degradadas por lixões em margens de rios ou áreas estratégicas da bacia do rio Ipojuca.	48 meses	Em execução
2º Eixo: Infraestrutura hídrica		
Uso de alternativas simplificadas para o abastecimento da população difusa e atendimento da agricultura familiar na bacia do rio Ipojuca.	180 meses	Em execução
Uso de alternativas simplificadas para o esgotamento sanitário das comunidades difusas na bacia do rio Ipojuca.	96 meses	Em execução
Recuperação de trechos críticos da calha do rio Ipojuca para atenuação de enchentes.	12 meses	Concluída
3º Eixo: Gestão dos recursos hídricos		
Programas de uso racional das águas em indústrias formais e informais na bacia do rio Ipojuca.	12 meses	*
Elaboração de cadastro de usuários de recursos hídricos na bacia do rio Ipojuca e sistematização em banco de dados.	12 meses	*
Plano de monitoramento hidroambiental do rio Ipojuca.	18 meses	*
Sistema informatizado de acompanhamento e controle de outorgas na bacia do rio Ipojuca.	12 meses	*
Implementação de sistema de monitoramento em tempo real em áreas inundáveis na bacia do rio Ipojuca.	18 meses	Em execução
Plano de contingência para inundações na bacia do rio Ipojuca.	12 meses	Concluída
Fortalecimento do Comitê (COBH) e dos Conselhos Gestores de Reservatórios (CONSU) da bacia do rio Ipojuca.	36 meses	Em execução
Estudos para cobrança pelo uso dos recursos hídricos na bacia do rio Ipojuca.	18 meses	Não realizada
Reativação da “bacia representativa” do rio Patachoca na bacia do rio Ipojuca.	36 meses	Não realizada
Programa de apoio aos municípios da bacia do rio Ipojuca para a gestão hidroambiental.	36 meses	Em execução
Implementação da proposta de referência para enquadramento dos corpos hídricos.	12 meses	Em execução

Fonte: Adaptado de PERNAMBUCO (2010)

5.4.3 Programa de Saneamento Ambiental do rio Ipojuca (PSA Ipojuca)

Diante do plano de investimento estabelecido no PHA Ipojuca, o Programa de Saneamento Ambiental do rio Ipojuca (PSA Ipojuca) fundamentou-se na priorização de investimentos e iniciativas voltadas para o constante fortalecimento do Plano Hidroambiental da Bacia. Os aportes de recursos apresentam relevância substancial para a preservação sustentável da bacia hidrográfica do rio Ipojuca, visto que representam intervenções que visam a atenuação e resolução dos desafios ambientais identificados na região. Estes, num total de vinte, foram agrupados em três Eixos Temáticos: socioambiental, infraestrutura hídrica e administração dos recursos hídricos, sendo dispersos pelo território da bacia, com o intuito de ampliar a abrangência dessas ações e o alcance aos seus desdobramentos (PERNAMBUCO, 2010).

O PSA Ipojuca foi concebido em agosto de 2012 com o propósito de implementar intervenções na infraestrutura de saneamento, com ênfase no aprimoramento do sistema de esgotamento sanitário, fortalecimento da gestão de recursos hídricos no âmbito estadual e aperfeiçoamento da administração do saneamento. Adicionalmente, contemplou intervenções voltadas para a restauração de áreas circundantes aos reservatórios de abastecimento de água e áreas de preservação permanente ao longo do curso do rio Ipojuca (BID, 2012). O PSA Ipojuca foi formalmente acordado de agosto de 2013 a julho de 2019, sendo posteriormente prorrogado em agosto de 2019, o que estendeu a execução do programa até outubro de 2023. (COMPESA, 2023).

O PSA Ipojuca foi dividido em três componentes e em 2012 o programa foi desenhado da seguinte forma (Quadro 12).

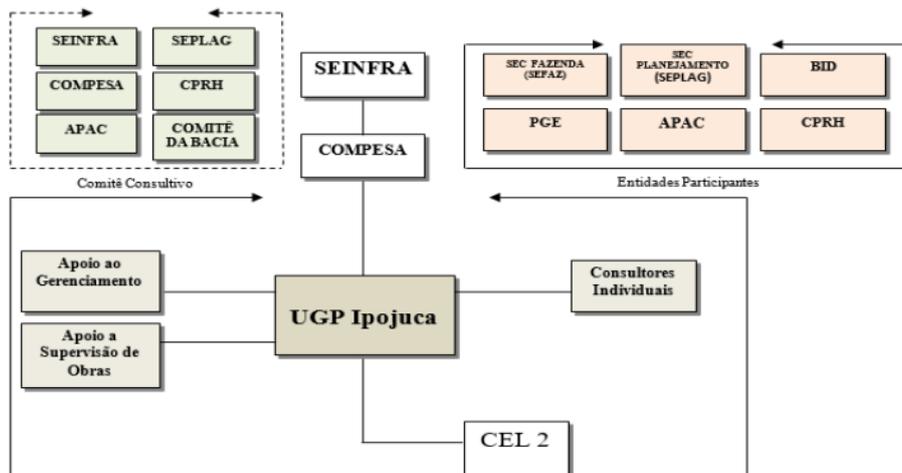
Quadro 12 - Componentes do PSA Ipojuca

Componentes	Eixo temático	Ações
1	Fortalecimento Institucional	Desenvolvimento de procedimentos e métodos e estabelecimento de metas para a melhoria da operação e supervisão dos sistemas de água, esgoto e tratamento de águas residuais; Implantação de um plano de automação de equipamentos; Implementação de um Plano de Gestão de Ativos; Implementação de um Sistema de Gestão de Projetos; Apoio a preparação de planos municipais de saneamento; Elaboração de diagnóstico, desenvolvimento e implantação de sistemas de controle interno realizado pela Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos (SEINFRA); Apoio ao desenvolvimento e implementação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) da COMPESA.
2	Obras e Equipamentos	Financiamento de projetos de engenharia e a construção de redes coletoras, interceptores e coletores, estações de bombeamento e plantas de tratamento de águas residuais, principalmente para os municípios localizados na bacia do rio Ipojuca; Preparação de projetos de engenharia de sistemas de esgotos e tratamento de esgotos para os demais municípios localizados na bacia; Elaboração de projetos de engenharia e construção de sistemas de abastecimento de água para municípios da bacia; Implantação de projetos para aumentar a eficiência dos sistemas de água e esgoto da COMPESA.
3	Sustentabilidade Ambiental e Social	Atividades de recuperação das margens do rio Ipojuca em locais específicos das áreas urbanas e no entorno dos reservatórios de abastecimento de água com o objetivo de garantir o bom funcionamento do rio e reservatórios seguindo a Resolução CONAMA 302/2002, A execução de ações de gestão socioambiental, incluindo a comunicação social e educação ambiental para integrar a população às atividades de projeto e da gestão de bacias hidrográficas, bem como o fortalecimento do Comitê de Bacia do rio Ipojuca.

Fonte: BID (2012)

O Estado de Pernambuco foi o beneficiário do empréstimo, sendo a Secretaria de Infraestrutura (SEINFRA) o órgão responsável pela execução do programa, cujo nome foi alterado em janeiro de 2023 para Secretaria de Recursos Hídricos e Saneamento de Pernambuco. A SEINFRA conduz a implementação do programa em colaboração com a Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), contando com o suporte da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) e da Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH). A Figura 20 mostra a estrutura geral de execução do PSA Ipojuca.

Figura 20 - Estrutura geral de execução do PSA Ipojuca



Fonte: COMPESA (2019)

O programa é financiado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) que assinou um contrato de empréstimo (Contrato N° 2901/OC-BR (BR-L 1295) em 7 de agosto de 2013, firmado entre o Estado de Pernambuco e o BID, para execução do Programa de Saneamento Ambiental da Bacia do rio Ipojuca.

Grande parte do que foi inicialmente proposto já foi devidamente concluído. Essa constatação reflete não apenas o empenho e a eficácia das ações empreendidas, mas também a capacidade de gestão e execução do programa em questão. Os resultados alcançados até o momento estão apresentados no Quadro 13.

Quadro 13 - Situação de execução dos empreendimentos PSA Ipojuca

EMPREENDIMENTOS CONCLUÍDOS	
EMPREENDIMENTO	RECURSOS
Automação das Unidades Operacionais	BID
Implantação do SES Tacaimbó	BID
Implantação do SES Gravatá 1ª etapa	BID
Ampliação do SES Caruaru - Limpeza, Desobstrução, Cadastramento e Filmagem da Rede existente	BID
Ampliação do SES Caruaru - Núcleo de manutenção, almoxarifado e laboratório regional de esgoto e outros	BID
Elaboração de Projetos dos SES:	
Implantação do SES de Poção, Chã Grande e Primavera	BID
Implantação do SES de Belo Jardim	BID
Implantação do SES Gravatá 2ª Etapa	BID
Implantação do SES Caruaru	BID

EMPREENHIMENTOS CONCLUÍDOS	
EMPREENHIMENTO	RECURSOS
Implantação do SES Bezerros	BID
Implantação do SES Escada 2ª Etapa	BID
Modernização dos Viveiro Florestal de Bonito	BID
Obras Complementares no SES TACAIMBÓ	BID
Ampliação do SES Caruaru – Obras de Recuperação de 6 EEEs	BID
Substituição de adutora entre os municípios de Belo Jardim e São Bento do Una	BID
Obras de adaptações das ETAs Petrópolis e Salgado	BID
Serviços Complementares do SES Tacaimbó	BID
Implantação da Adutora de Porto de Galinhas	CONTRAPARTIDA
Ampliação da ETA de Bezerros	CONTRAPARTIDA
Implantação do SES de Venturosa (1ª Etapa)	CONTRAPARTIDA
Implantação do SES de Itapetim	CONTRAPARTIDA
Implantação do SES de Garanhuns	CONTRAPARTIDA
Implantação da Adutora de Moxotó	CONTRAPARTIDA
Implantação da Adutora do Agreste – Lote 1	CONTRAPARTIDA
Obras de Implantação do parque urbano ambiental de Gravatá	BID
Obras do Laboratório do CPRH	BID
Obras de proteção da estação elevatória de esgoto da bacia A – EEEA (contra enchentes) - Sanharó/PE	BID
Obras de Implantação do parque urbano ambiental de São Caetano	BID
Restauração Florestal - Pré-Plantio e Plantio	BID
Implantação do SES de Sanharó	BID
Implantação do SES Belo Jardim - SES 1ª etapa	BID
Obras de Implantação da ETE Belo Jardim	BID
Obras de execução da complementação do SES Gravatá 1ª etapa	BID
Obras de Implantação do parque urbano ambiental de Bezerros	BID
Implantação do SES Caraibeiras no município de Tacaratu	CONTRAPARTIDA
Obras de Implantação do parque urbano ambiental de Belo jardim	BID
Implantação do SES Escada 1ª etapa	BID
Obras de Implantação do parque urbano ambiental de Escada	BID
EMPREENHIMENTOS EM ANDAMENTO	
Implantação da Adutora de Serro Azul	BID

Fonte: COMPESA (2023)

5.4.4 Plano Hidroambiental da Bacia do Capibaribe

Em 2010, foi instituído o Plano Hidroambiental (PHA) Capibaribe, que compreende 24 projetos abrangentes voltados para iniciativas de saneamento, tratamento de resíduos e implementação de áreas de conservação. Essa iniciativa recebeu aporte financeiro do Banco Mundial, totalizando aproximadamente R\$247.294.238,52 milhões (PERNAMBUCO, 2010). O PHA Capibaribe é um plano de alcance abrangente, cuja elaboração contou com a participação ativa do Comitê da Bacia do Capibaribe. Este atendeu aos requisitos mínimos de conteúdo, foi devidamente aprovado e atualmente é objeto de monitoramento. O diagnóstico do plano revelou que para viabilizar o acesso universal ao esgotamento sanitário e ao abastecimento de água em toda a bacia do rio Capibaribe seriam necessários aproximadamente R\$1,8 bilhão em investimentos. O plano está estruturado em três eixos temáticos: socioambiental, infraestrutura e gestão de recursos hídricos, abrangendo diversas ações e investimentos mostrados no Quadro 14 (PERNAMBUCO, 2010).

Quadro 14 - Cronograma de Ações do PHA Rio Capibaribe

Plano	Duração Estimada	Situação	Observação
Planos de Investimentos	180 meses	Em execução	
1º Eixo: Socioambiental			
Programa produtor de água na bacia do rio Capibaribe	120 meses	Em análise	
Apoio à criação de unidades de conservação na bacia do rio Capibaribe	24 meses	Em execução	
Elaboração de planos de conservação e uso de entorno de reservatórios na bacia do rio Capibaribe	12 meses	Em execução	Iniciada em 2013
Programa de incentivo à criação de reservas particulares do patrimônio natural na bacia do rio Capibaribe	12 meses	*	
Plano de resgate histórico, cultural e sentimental do rio Capibaribe	36 meses	Em execução	
Implantação de Parques Urbanos municipais na bacia do rio Capibaribe "Janelas para Rio"	36 meses	Concluído	Finalizada em 2022
Recuperação de áreas degradadas por lixões em margens de rios ou áreas	48 meses	*	

Plano	Duração Estimada	Situação	Observação
estratégicas da bacia do rio Capibaribe			
2º Eixo: Infraestrutura hídrica			
Uso de alternativas simplificadas para o esgotamento sanitário das comunidades difusas da bacia do rio Capibaribe	96 meses	*	
Uso de alternativas simplificadas para o abastecimento de água das comunidades difusas da bacia do rio Capibaribe	180 meses	*	
Recuperação de trechos críticos da calha do rio Capibaribe para atenuação de enchentes	12 meses	Concluído	
3º Eixo: Socioambiental			
Implementação de sistema de monitoramento em tempo real em áreas inundáveis na bacia do rio Capibaribe	18 meses	Concluída	
Plano de contingência para inundações na bacia do rio Capibaribe	12 meses	Concluída	
Elaboração de cadastro de usuários de recursos hídricos na bacia do rio Capibaribe e estruturação em bancos de dados	12 meses	Em execução	

Fonte: Adaptado de PERNAMBUCO (2010)

5.4.5 Projeto Pernambuco de Sustentabilidade Hídrica (PSH/PE)

O Projeto Pernambuco de Sustentabilidade Hídrica (PSH/PE) foi concebido com o propósito de implementar iniciativas voltadas à promoção da segurança hídrica na região. Reconhecido como uma das principais ferramentas para alcançar tal aspiração no estado, o projeto se destaca pela sua contribuição para o aprimoramento e consolidação dos sistemas de gestão hídrica, bem como para a regulação do uso da água. Tal desejo pode ser atingido por meio de uma série de atividades, que incluem o fortalecimento institucional, a promoção da participação pública, a elaboração de planos e estudos, o monitoramento e a disponibilização de informações, além da revitalização de bacias (PERNAMBUCO, 2018).

No âmbito do PSH/PE, é atribuída primazia aos investimentos que concorram para a promoção da segurança hídrica na bacia do rio Capibaribe, que se configura como o curso d'água preponderante no contexto estadual, bem como na Região Metropolitana do Recife, onde cerca de 40% da população do estado está concentrada. Esta abordagem prioriza o desenvolvimento tanto em escala regional quanto setorial, por intermédio da alocação de recursos em prol da otimização dos serviços, notadamente no que concerne à eficiência deles, bem como na expansão da infraestrutura de coleta e tratamento de esgotos sanitários. Desta maneira, o propósito primordial é assegurar a preservação dos principais mananciais destinados ao abastecimento humano (PERNAMBUCO, 2018).

O Quadro 15 apresenta a situação em 2023 de obras e projetos na bacia do rio Capibaribe no contexto do PHS/PE.

Quadro 15 - Situações de Obras e Projetos - PHS/PE

Obra/Projeto	Situação
SES Santa Cruz do Capibaribe	Concluída
Aumento da Eficiência Operacional do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) da cidade de Olinda (Olinda +Água)	Concluída
Obras de abastecimento de água e esgotamento sanitário na comunidade do Engenho Gameleira, no Município de Catende	Concluídas
Obras de reabilitação da Estação Elevatória 1 do Sistema Pirangi	Em andamento
Elaboração de Projetos de Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES) de sedes de 11 (onze) Municípios	Concluídos
Elaboração do Projeto de complementação do Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES) de Vitória do Santo Antão	Concluído
Elaboração de Projetos do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) dos municípios Abreu e Lima, Igarassu, Itamaracá, Itapissuma e Paulista	Concluídos
Elaboração de Estudos e Projetos visando à adequação/ampliação do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) do Município de Goiana	Concluído
Estudos e Projetos para a adequação do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) de São Lourenço da Mata (sede)	Em andamento
Barragem Pirapama - Contratação do Painel de Segurança	Em andamento
Barragem Pirapama - Elaboração e Execução do Projeto de Recuperação da Barragem	Projeto finalizado
Sistema de reuso em ETE - Implantação do sistema de reuso	Obra finalizada

Fonte: COMPESA (2023)

Foi possível analisar diversas ações e projetos implementados na Bacia do Rio Capibaribe, os quais representam significativos avanços no que tange à gestão e preservação dos recursos hídricos nessa região. Contudo, é imperativo ressaltar que, embora essas iniciativas tenham proporcionado contribuições substanciais, ainda subsiste a necessidade premente de novos projetos e a conclusão daqueles que se encontram em curso.

5.5 ELABORAÇÃO DE UM MODELO DE GOVERNANÇA MULTINÍVEL PARA O MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

Um modelo de governança multinível é aquele que envolve diferentes níveis de governo, organizações da sociedade civil e outros atores. Esse modelo é necessário para garantir que todas as partes interessadas sejam representadas e que as decisões sejam tomadas de forma participativa e transparente, baseado nos seguintes princípios:

- Participação: todas as partes interessadas devem ser representadas no processo de tomada de decisão.
- Transparência: as decisões devem ser tomadas de forma transparente e acessível a todos.
- Colaboração: as instituições envolvidas devem trabalhar em conjunto para alcançar objetivos comuns.

No caso das bacias hidrográficas do rio Ipojuca e rio Capibaribe, o modelo de governança multinível deve incluir as seguintes instituições:

- Governo federal representado pela ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, que atua em parceria com o governo do estado no monitoramento por meio do programa QualiÁgua.
- Governo estadual responsável pela gestão dos recursos hídricos no estado, considerando as seguintes instituições: CPRH, APAC e COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento responsável pela prestação de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário.
- Governo municipal representado pelas prefeituras dos municípios integrantes das bacias hidrográficas.
- Órgãos colegiados: Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH) responsáveis pelo planejamento e gestão das bacias hidrográficas; Conselho Estadual de Recursos Hídricos, entre outros.
- Organizações da sociedade civil que atuam na área e contribuem para o processo de governança multinível por meio da participação, da fiscalização e da promoção da educação ambiental.

O modelo de governança multinível deve ser implementado de forma gradual, a partir da identificação das necessidades e dos desafios específicos das bacias hidrográficas do rio Ipojuca e rio Capibaribe. O processo deve envolver a participação de todas as partes interessadas, a fim de garantir que o modelo seja eficaz e sustentável.

A seguir são apresentados os principais desafios identificados e propostas para as principais instituições envolvidas, que contribuam para um modelo de governança multinível do monitoramento da qualidade da água.

5.5.1 Instituições envolvidas no monitoramento

CPRH

A Agência Estadual de Meio Ambiente CPRH é vinculada à Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade de Pernambuco (SEMAS). A CPRH foi originalmente fundada em 16 de dezembro de 1976, pela Lei Estadual 7.267. Empresa de economia mista, em 15 de dezembro de 2009, a CPRH passa a se chamar Agência Estadual de Meio Ambiente através da Lei Estadual nº 13.968. A CPRH tem como objetivo a execução da Política Estadual de Meio Ambiente, atuando no controle da poluição urbano-industrial e rural, na proteção do uso do solo e dos recursos hídricos e florestais, mediante: planejamento, licenciamento, autorização; fiscalização; monitoramento e gestão dos recursos ambientais.

APAC

A Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) está vinculada à Secretaria Recursos Hídricos e Saneamento de Pernambuco, denominada anteriormente por Secretaria de Infraestrutura (SEINFRA). A APAC é uma entidade integrante da administração pública estadual indireta, autarquia sob regime especial, com personalidade jurídica de Direito Público e autonomia administrativa, técnica e financeira, criada pela Lei Estadual nº 14.028, de 26 de março de 2010. Tem por finalidade executar a Política Estadual de Recursos Hídricos e regular o uso da água, no âmbito dos recursos hídricos estaduais e dos federais nos termos em que lhe forem delegados, bem como realizar monitoramento hidrometeorológico e previsões de tempo e clima no Estado. Adota os objetivos, fundamentos e diretrizes previstos na Política Estadual de Recursos Hídricos.

COMPESA

A Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) está vinculada à Secretaria Recursos Hídricos e Saneamento de Pernambuco. Ela foi criada pela Lei Estadual nº 6307, em 29 de julho de 1971, é uma organização de sociedade anônima de economia mista, com fins de utilidade pública, tendo o Estado de Pernambuco como seu maior acionista. A empresa tem como objetivo social, por outorga do Estado e delegação dos municípios, a exploração de serviços de saneamento básico, especificamente tratamento e distribuição de água, coleta, tratamento de esgoto sanitário, além da

realização de estudos, projetos e execução de obras relativas a novas instalações, ampliações de redes de distribuição de águas e redes de coleta e tratamento de esgoto sanitário. Atualmente, a companhia presta serviços de abastecimento de água em 173 dos 185 municípios, incluindo o arquipélago de Fernando de Noronha, em Pernambuco. A Secretaria de Infraestrutura (SEINFRA) e a COMPESA trabalham em articulação com os municípios, por meio de convênios específicos e com os Comitês de Bacias Hidrográficas (COBH) em funcionamento no Estado.

Comitês de bacia hidrográfica

Os comitês de bacia hidrográfica – CBHs são órgãos colegiados, consultivos, deliberativos instituídos com o objetivo de promover debates sobre a questão dos recursos hídricos no âmbito da bacia a que pertence, devendo integrar os órgãos e entidades estaduais e municipais na escala regional e incentivar a participação da sociedade civil no processo de tomada de decisão. Conforme, os requisitos legais da Lei Federal nº 9.433/97 (art. 38) e da Política Estadual de Pernambuco, (art.47).

O comitê da bacia do rio Ipojuca foi homologado no dia 24 de setembro de 2002, e desde então vem realizando reuniões periódicas itinerantes nas sedes ou distritos dos 25 municípios que compõem a área de abrangência. Sua estrutura é formada por: Plenário; Diretoria Colegiada; Câmaras Técnicas e Grupos de Trabalho. Ele faz parte do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco e por ser um órgão colegiado de natureza deliberativa, propositiva e consultiva, tem como área de atuação a totalidade da bacia do Ipojuca.

Para o mandato de 2018 a 2021, o estatuto do Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Ipojuca definiu a composição atual formada por 34 membros, sendo 17 membros, correspondendo a 50%, representantes do Poder Público (Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos (SRHE), Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS), Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH), Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas (CONDEPE/FIDEM) e Prefeituras dos municípios da Bacia); 8 membros, correspondendo a 24%, representantes da Sociedade Civil e 9 membros, correspondendo a 26%, representantes dos Usuários (Quadro 16). Faz parte da estrutura organizacional do comitê a diretoria composta por presidência, vice-presidência e secretaria executiva, escolhida a cada três anos. Ele se configura como um dos CBH mais atuantes em Pernambuco.

Quadro 16 - Composição do Comitê de Bacia do rio Ipojuca (2018 a 2021)

Sociedade Civil
1 – Associação dos amigos ao Meio Ambiente de Gravatá – AMA Gravatá
2 – Conselho Municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável de Sairé
3 – Conselho de Usuários do Açude do Bitury
4 – Instituto Federal de Pernambuco – Campus Pesqueira
5 - Sindicato dos Trabalhadores Rurais agricultores e agricultoras Familiares de Belo Jardim
6 - Sindicato dos Trabalhadores Rurais agricultores e agricultoras Familiares de Caruaru
7 – SINDAÇUCAR – Sindicato da Indústria e do Álcool no Estado de Pernambuco
8 – Associação da Comunidade Remanescente do Quilombo Barro Branca
Usuários
1 – ASA Indústria e Comércio LTDA
2 – Acumuladores Moura SA
3 – Colônia de Pescadores Z-12 – Ipojuca
4 – COMPESA
5 – Notaro Alimentos LTDA
6 – NORSA Refrigerantes LTDA
7 – Associação dos Pequenos Agricultores e Moradores do Engenho Amazonas
8 – Associação dos Empreendedores da Cachoeira do Urubu - AEPECU
Segmento Poder Público
1 – Prefeitura de Belo Jardim
2 – Prefeitura Municipal de Bezerros
3 – Prefeitura Municipal de Caruaru
4 – Prefeitura Municipal de Chã Grande
5 – Prefeitura Municipal de Gravatá
6 - Prefeitura Municipal de Ipojuca
7 - Prefeitura Municipal de Pesqueira
8 - Prefeitura Municipal de Poção
9 - Prefeitura Municipal de Primavera
10 - Prefeitura Municipal de Sairé
11 - Prefeitura Municipal de Sanharó
12 - Prefeitura Municipal de Tacaimbó
13 – APEVISA – Agência Pernambucana de Vigilância Sanitária
14 – CPRH – Agência Pernambucana de Meio Ambiente
15 – SEMAS – Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade
16 – DNOCS - Departamento Nacional de Obras contra as Secas
17 – SERH – Secretaria Executiva de Recursos Hídricos

Fonte: https://www.sirh.srh.pe.gov.br/apac/pagina.php?page_id=7&subpage_id=44

O Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe foi formalmente instituído em 23 de março de 2007, obtendo homologação pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos em 08 de maio de 2007, mediante a Resolução nº 07/2007.

A estrutura organizacional do Comitê do Rio Capibaribe é composta por 45 membros titulares, acompanhados de seus respectivos suplentes, distribuídos em três segmentos distintos (Quadro 17): poderes públicos, ocupando 18 vagas titulares (40%); instituições da sociedade civil, detentoras de 09 vagas titulares (20%); e usuários de água, com 18 vagas titulares (40%). O Comitê se subdivide em três órgãos internos: o Plenário, a Diretoria Colegiada e as Câmaras Técnicas.

Quadro 17 - Composição do Comitê de Bacia do rio Capibaribe (2017 a 2021)

Sociedade Civil
1 - AMATUR
2 - Associação Fazenda Fieza de Educação Ambiental
3 - ANE - Associação Águas do Nordeste
4 - Conselho de Defesa do Meio Ambiente de Brejo da Madre de Deus
Usuários
1 - Colônia de Pescadores Z-34 da Barragem do Goitá
2 - Colônia de Pescadores Z-18 Lagoa do Carro
3- COMPESA
4- Associação Rural dos Produtores de Lagoa da Vaca
Segmento Poder Público
1 - Prefeitura de Camaragibe
2- Prefeitura da Cidade do Recife
3 - Prefeitura Municipal de Feira Nova
4 - Prefeitura Municipal de Glória de Goitá
5 - Prefeitura de Limoeiro
6 - Prefeitura de Lagoa de Itaenga
7 - Prefeitura de Santa Cruz do Capibaribe
8- Prefeitura de Paudalho
9 - Prefeitura da Cidade de Surubim
10 - Prefeitura de São Lourenço da Mata
11 - Prefeitura Municipal de Taquaritinga do Norte
12 - Prefeitura de Vitória de Santo Antão
13 - Prefeitura de Toritama SUPLENTE: Prefeitura de Lagoa do Carro
14 - DNOCS
15- INCRA SR03/PE
16 - I Gerência Regional de Saúde
17 - Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade – SEMAS
18 - Secretaria Executiva de Recursos Hídricos – SRH

Fonte: PERNAMBUCO (2021)

O processo eleitoral tem como finalidade revitalizar a representação social no interior do Comitê. Durante esse processo, as instituições que operam na bacia hidrográfica são eleitas entre seus pares para integrar o Plenário do Comitê, assegurando uma

representação equitativa nos três segmentos. Além disso, a Diretoria Colegiada é eleita por maioria absoluta, sendo composta por um(a) presidente, um(a) vice-presidente e um(a) secretário(a) executivo(a). O mandato de seus membros tem uma duração de três anos, e não há remuneração pelos serviços prestados.

5.5.2 Aplicação da Análise de Constelação na CPRH

A ferramenta de planejamento e gestão participativa intitulada Análise de Constelação (AC) tem por objetivo visualizar as percepções de diferentes atores a fim de assegurar a gestão ambiental. A AC tem por finalidade obter perspectivas convergentes e aprendizagem conjunta sobre um assunto ou questão durante o processo de entendimento do problema.

Inicialmente, foi acordado junto à CPRH a proposta de realização da oficina de trabalho, o local e data do evento, quais técnicos deveriam participar de modo a garantir uma visão mais abrangente das diversas áreas e diretorias, a fim de ter melhor compreensão sobre a gestão da CPRH perante às bacias hidrográficas dos Rios Ipojuca e Capibaribe.

Essa ferramenta foi aplicada em uma oficina de trabalho realizada no auditório da sede da CPRH, no dia 15 de setembro de 2022, com a participação de 16 técnicos da CPRH e 5 especialistas da UFPE:

- Diretoria de Monitoramento Ambiental e Inovação – DMAI: 3 participantes;
- Diretoria de Fiscalização Ambiental – DFA: 1 participante;
- Núcleo de Avaliação de Impacto Ambiental – NAIA: 1 participante;
- Núcleo de Comunicação Social e Educação Ambiental – NCSEA: 6 participantes;
- Diretoria de Gestão Territorial e Recursos Hídricos: 1 participante;
- Diretoria Técnica Ambiental: 4 participantes
- Equipe da UFPE: 5 pesquisadores, sendo 1 como moderador, com o objetivo de coordenar as discussões, 2 relatores para redigir os tópicos abordados e 2 membros de apoio.

De antemão, a equipe da UFPE preencheu preliminarmente as fichas nas suas respectivas cores: 15 fichas em vermelho, 11 fichas em verde, 19 fichas em azul e 30 fichas em amarelo. Neste contexto foi colocada a pergunta-condutora da oficina:

Como o monitoramento da qualidade da água pode contribuir para melhoria da gestão ambiental das bacias hidrográficas de Pernambuco, tomando como base as Bacias Hidrográficas do rio Ipojuca e do rio Capibaribe?

Com base nesta pergunta, foi solicitado aos participantes que selecionassem fichas correspondentes, a fim de estruturar um mapa mental para formação de um painel, definindo como elementos da centralidade as Diretorias da CPRH diretamente envolvidas no processo de monitoramento ambiental e os elementos periféricos que são correspondentes a outros elementos secundários.

A Figura 21 apresenta o resultado da oficina de Análise de Constelação detalhando a relação entre elementos naturais, técnicos, instrumentos legais e instituições que atuam na governança da bacia do rio Ipojuca e do rio Capibaribe. Os resultados são relatados em elementos descritivos centralizados e periféricos.

Figura 21 - Resultado da Oficina da Análise de Constelação na CPRH



Elementos da centralidade - Ações internas da CPRH

Para a definição do elemento da centralidade foram considerados aspectos da implementação do monitoramento da qualidade de água e suas interações com os demais instrumentos de gestão ambiental: Licenciamento Ambiental, Fiscalização e Educação Ambiental, no contexto da estrutura da CPRH.

Nesta constelação foi evidenciada uma relação de cordialidade entre os membros técnicos da CPRH, destacando-se que dentre as diretorias e núcleos participantes o mais ativo nas discussões foi a Diretoria de Monitoramento. Durante a Análise de Constelação, foi relatada uma relação conflituosa entre a Diretoria de Monitoramento e a de Licenciamento Ambiental, destacando o pouco uso de dados de monitoramento para subsidiar o licenciamento. Além disso, foi apontada também a necessidade de melhoria do sistema de licenciamento. Neste sentido, se faz necessária uma maior interação entre a Diretoria de Monitoramento e a de Licenciamento Ambiental. Ou seja, que os dados de monitoramento possam subsidiar as licenças ambientais e suas respectivas renovações. Da mesma forma, foi identificada a necessidade de uma maior interação entre a Diretoria de Monitoramento e a de Fiscalização Ambiental. Ainda, relatou-se que a educação ambiental é um dos pilares, mas o setor não atua diretamente com ações para o monitoramento.

Foi destacada a nova estrutura da CPRH, em que o monitoramento está sendo colocado como elemento central de todo o organograma do órgão. Alguns técnicos ressaltaram que até o momento da oficina de trabalho, não foi estabelecido ainda em qual setor eles estão alocados após essa reestruturação.

Citou-se ainda, a criação de zonas homogêneas na Bacia do Rio Ipojuca, diferente da Bacia do rio Capibaribe que não possui tal atualização, constatando que em seus trechos intermitentes não possuem monitoramento. Foi ressaltado que o Plano Hidroambiental da Bacia do rio Ipojuca já foi atualizado em 2020, enquanto que o Plano Hidroambiental da Bacia do rio Capibaribe, elaborado em 2010, ainda não foi atualizado. Foi relatado que foram criadas unidades de conservação na bacia do Capibaribe, porém ainda não foram implementadas.

Apontou-se a necessidade de atualização do Cadastro Ambiental Rural - CAR e a importância da melhoria do laboratório da CPRH. Além disso, foi ressaltada a importância da dinâmica do uso do solo, enfatizando o monitoramento, em relação à qualidade da água.

Elementos periféricos - Ações externas da CPRH com outras instituições

Para a definição dos elementos periféricos foram considerados aspectos da implementação do monitoramento da qualidade de água realizado pela CPRH e suas interações com os demais atores, instrumentos e órgãos que contribuem para a gestão ambiental.

Foi relatada a pouca interação entre o Sistema de Informações de Recursos Hídricos e o monitoramento da qualidade da água. O SigCaburé foi relatado como um instrumento importante que era utilizado para subsidiar o licenciamento, mas deixou de ser obrigatório pelo custo elevado da manutenção do sistema.

Relatou-se que o Cadastro de Fontes Poluidoras não vem sendo atualizado, destacando que a carga de poluição nas bacias hidrográficas ainda não é calculada. Citou-se também a questão da fertirrigação caracterizada por ser uma poluição difusa, como um problema antigo que produz resultados negativos nos períodos chuvosos, particularmente no trecho baixo da Bacia do rio Ipojuca, onde a atividade sucroalcooleira é predominante.

Governo federal

Em relação aos órgãos federais que possuem ligações diretas e indiretas com a CPRH, foram citadas a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Foi citado o Programa QualiÁgua, em que ANA tem um papel importante para o estabelecimento do programa e que o monitoramento da água é coletado apenas dos 54 pontos de reservatórios e 41 pontos de rios propostos no QualiÁgua. No entanto, relatou-se que após a reestruturação da ANA, após a inclusão de competências referentes ao saneamento básico, os técnicos da CPRH não observaram novas ações relevantes para as bacias e monitoramento.

No que se refere ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), destaca-se que os reservatórios operados por essa instituição são outorgados diretamente pela ANA, e possuem muitas vezes licença ambiental desatualizada/inexistente.

Entre o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a CPRH possui uma relação simples, visto que os dados de população do IBGE são usados para cálculo de carga orgânica. Porém, o último censo foi realizado em 2010, ainda não atualizado. O IBGE fez uma capacitação na CPRH sobre SIDRA.

Governo estadual

No âmbito estadual, destaca-se a participação da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA). Foi relatado que existe uma parceria entre a COMPESA e a CPRH,

com o intuito de deixar mais célere o processo de licenciamento das ETEs localizadas na bacia hidrográfica do rio Ipojuca, tendo em vista a implantação dessas unidades por meio do Programa de Saneamento Ambiental (PSA Ipojuca). Além disso, foi recomendado que deveria existir uma maior proximidade entre esses órgãos em relação aos dados do monitoramento da qualidade de água de ETEs e ETAs, uma vez que os dados coletados pela COMPESA poderiam ser incorporados com os dados do monitoramento gerados pela CPRH.

A Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), tem relação direta e simples com a CPRH, porém foi apontado uma relação simples em relação ao licenciamento ambiental. Foi argumentado que a APAC que poderia vetar os empreendimentos a serem licenciados pois ela é responsável por gerir e conceder a outorga de uso da água. Além disso, ressaltou-se que a outorga e o licenciamento poderiam ser dados pelo mesmo órgão.

Foi apontada uma relação conflituosa entre a APAC e a COMPESA em relação ao enquadramento de corpos de água da bacia do rio Ipojuca. Visto que, fazer o enquadramento nos rios intermitentes é complexo, conforme relatado na oficina. Foi informado que o enquadramento foi aprovado, porém há entraves entre a COMPESA e a APAC. Além disso, foi observado que ainda não há projeto para o enquadramento do rio Capibaribe.

Governo municipal

A relação entre prefeituras municipais e a CPRH foi apontada como inexistente em no que se refere ao monitoramento realizado pela CPRH. Foi apontado que tal relação poderia ser melhorada se as prefeituras também monitorassem os rios e repassassem os dados, porém as prefeituras ainda não possuem infraestrutura necessária para tal atividade. Além disso, citou-se a importância da participação do município perante a gestão dos rios. Foi sugerida uma aproximação maior da CPRH com os municípios que já possuem convênios com a CPRH para realização de licenciamento ambiental, como por exemplo: Caruaru, Gravatá, Ipojuca, Recife, Vitória e São Lourenço.

Demais instituições

A relação entre a CPRH e a Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade de Pernambuco (SEMAS) é simples e foi citada a participação delas entre os membros do Comitê da bacia do rio Ipojuca. Outros atores também foram apontados, como 1ª Companhia Independente de Policiamento do Meio Ambiente (CIPOMA), Comitê da Bacia Hidrográfica do Capibaribe, Conselho de Usuários, Associação Municipalista de Pernambuco (AMUPE),

Secretaria Estadual de Saúde, Secretaria Estadual de Educação, Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), IBAMA, Conselho Estadual de Recursos Hídricos, UFPE e IFPE para dar continuidade às pesquisas e capacitação de técnicos, Cooperativas, Associações, ONGs e Indústrias que atuam nas bacias estudadas.

6 PROPOSTAS PARA MELHORIA DO PROCESSO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

As propostas apresentadas nesse documento são baseadas nos resultados da Análise de Constelação aplicada na CPRH, juntamente com a análise do Plano Estadual de Recursos Hídricos 2022, o Plano Hidroambiental da bacia do rio Ipojuca e Plano Hidroambiental da bacia do rio Capibaribe, entre outros documentos, visitas em campo e reuniões com especialistas na área de monitoramento e gestão ambiental, distribuídas em dois blocos: propostas para implementação interna na CPRH e para negociação da CPRH com os principais atores envolvidos no processo de monitoramento da qualidade da água.

6.1 PROPOSTAS PARA IMPLEMENTAÇÃO INTERNA NA CPRH

- Implantação de um sistema de informações georreferenciado integrando dados da Diretoria de Monitoramento (dados de monitoramento da qualidade da água) com os dados da Diretoria de Licenciamento Ambiental (dados das licenças ambientais) e da Diretoria de Fiscalização Ambiental (dados de vistorias, denúncias, multas) de modo que os dados desse sistema possam subsidiar as licenças ambientais e suas respectivas renovações, a fiscalização ambiental e a identificação áreas críticas de degradação da qualidade da água.
- Atualização e manutenção do sistema SigCaburé, de modo que seja utilizado no processo de licenciamento ambiental.
- Atualização do Cadastro de Fontes Poluidoras da CPRH utilizando os dados de população do Censo do IBGE 2021, entre outros.
- Atualização do diagrama unifilar das bacias hidrográficas monitoradas.
- Aperfeiçoamento do licenciamento e fiscalização ambiental do lançamento de vinhoto no solo no processo de fertirrigação nos trechos baixos das bacias do rio Ipojuca e do rio Capibaribe, onde a atividade sucroalcooleira é predominante.
- Divulgação e utilização de dados do monitoramento da qualidade da água por meio do painel gerado no software Power BI e divulgado na WEB para os gestores ambientais das prefeituras, membros da sociedade civil organizada e escolas para conscientização da importância do uso sustentável dos recursos hídricos.
- Promoção de campanhas de educação hidro-ambiental em conjunto com a APAC, COMPESA e Prefeituras Municipais.

- Atualização do Cadastro Ambiental Rural (CAR).
- Expansão das atividades do laboratório da CPRH, incluindo os parâmetros que possibilitam o cálculo do IQA.
- Implementação das Unidades de Conservação que já foram criadas na bacia do rio Capibaribe.
- Melhoria da interação da CPRH com a COMPESA e APAC, a fim de estabelecer o compartilhamento de informações e dados, gerando uma melhoria contínua no monitoramento dos rios e reservatórios integrantes do Sistema de Informação de Recursos Hídricos.

6.2 PROPOSTAS PARA NEGOCIAÇÃO DA CPRH COM OUTRAS INSTITUIÇÕES

APAC	Atualização do Plano Hidroambiental da Bacia do Capibaribe, elaborado em 2010, com criação de zonas homogêneas destacando os trechos intermitentes que não são monitorados no período de seca. Essas zonas homogêneas serão utilizadas para melhoria do monitoramento da qualidade da água em vigor.
COMPESA	Expansão do Programa de Saneamento Ambiental – PSA Ipojuca e negociação para implantação em outras bacias hidrográficas do Estado, com destaque para a bacia do rio Capibaribe e outras bacias litorâneas. Ampliação do sistema de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, assegurando que todas as comunidades tenham acesso a esses serviços. Regularização das outorgas de uso da água e do licenciamento ambiental dos reservatórios utilizados para abastecimento de água.
SEMAS	Apoio à criação de áreas de proteção ambiental nas nascentes de cursos d'água usados para captação, para garantir a qualidade e a disponibilidade de água a longo prazo.

Recuperação de áreas degradadas nas regiões no entorno dos pontos de captação de água, para melhoria da qualidade da água, contribuindo para a biodiversidade local e resiliência a desastres naturais.

- ANA Expansão do Programa QualiÁgua em convênio com APAC/CPRH de modo que o monitoramento atenda as bacias do Agreste e Sertão.
- DNOCS Negociação entre o DNOCS e o governo do Estado para descentralização do controle ambiental dos reservatórios construídos e operados por essa instituição, de modo que as outorgas sejam de responsabilidade da APAC e as licenças e fiscalização ambiental sejam realizadas pela CPRH.
- IBGE Negociação com o IBGE para realização de capacitação de técnicos da CPRH e membros dos comitês das bacias hidrográficas do rio Ipojuca e do rio Capibaribe para uso do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), para obtenção de dados de pesquisas realizadas pelo órgão em vários formatos (tabelas, gráficos, mapas), disponível em <https://sidra.ibge.gov.br>.
- Prefeituras municipais Incentivo e apoio na elaboração e/ou revisão dos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) dos principais municípios inseridos nas bacias do rio Ipojuca e do rio Capibaribe para orientar o desenvolvimento urbano de forma sustentável, garantindo o acesso adequado aos serviços de saneamento.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização do projeto de pesquisa intitulado “MonitoraQuali: Avaliação do processo de monitoramento da qualidade da água de bacias hidrográficas de Pernambuco” com a parceria da CPRH/FACEPE por meio do edital FACEPE 09/2020 possibilitou ações integradas entre pesquisadores da UFPE em conjunto com especialistas da CPRH na identificação de avanços alcançados e desafios a serem enfrentados para uma governança multinível que contribua para a melhoria da qualidade da água em bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco.

A escolha das bacias hidrográficas do rio Capibaribe e do rio Ipojuca como estudo de caso foram representativas devido a importância delas no contexto socioambiental, de modo que as propostas apresentadas possam ser implantadas em outras bacias hidrográficas de características semelhantes.

A complexidade e a constante mutabilidade dos desafios enfrentados na gestão hídrica das Bacias dos Rios Ipojuca e Capibaribe ressaltam a necessidade premente de um compromisso contínuo e do aprimoramento constante das estratégias adotadas. Este compromisso é vital para assegurar a sustentabilidade dos recursos hídricos e, por conseguinte, o bem-estar das comunidades que dependem dessas fontes vitais. Para tanto, a perspectiva futura deve ser norteadada pela manutenção desse esforço coletivo, bem como pela implementação de medidas inovadoras e eficazes. Somente dessa forma será possível atingir os objetivos almejados para a gestão hídrica nessas relevantes bacias hidrográficas.

A identificação dos aspectos socioambientais em conjunto com a análise das ações implementadas que interferem na qualidade e uso da água e avaliação do monitoramento e a evolução espaço-temporal da qualidade da água nas bacias hidrográficas de estudo possibilitou a construção de propostas para governança multinível integrando as principais instituições envolvidas. Espera-se que os resultados apresentados possam contribuir para a garantia da segurança hídrica, com a promoção de um ambiente saudável e sustentável.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FACEPE pela aprovação do projeto do edital 09/2020 e o apoio financeiro na forma de bolsas de estudo, e à CPRH pela confiança e pelo trabalho conjunto.

REFERÊNCIAS

ALAERTS, G. J; KASPER SMA, J. M. **Progress and Challenges in Knowledge and Capacity Development.** In: Blokland, M.W et al. Capacity development for improved watermanagement. Unesco – IHE, Delft. p. 4.2009.

ALMEIDA, D.; ALVES, A.; BAPTISTA, C.; FIGUEIRÊDO, H.; FREIRE, P.; SILVA, D. Uso de Business Intelligence na Gestão de Recursos Hídricos: o caso da Fiscalização do Uso da Água. In: WORKSHOP DE COMPUTAÇÃO APLICADA À GESTÃO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS (WCAMA), 10., 2019, Belém. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2019. p. 11-20. ISSN 2595-6124. DOI: <https://doi.org/10.5753/wcama.2019.6415>.

ALVES, L. *et al.* Business Intelligence com Qlik Sense aplicado ao Radar Saúde. In: **Anais da IV Escola Regional de Engenharia de Software.** SBC, 2020. p. 225-234. <https://doi.org/10.5753/eres.2020.13733>

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMAS (APAC). **Bacias Hidrográficas.** 2020. Disponível em < <https://www.apac.pe.gov.br/bacias-hidrograficas>>. Acesso em: 16/10/2020.

BODÍ, M. *et al.* Automatic generation of minimum dataset and quality indicators from data collected routinely by the clinical information system in an intensive care unit. **International Journal of Medical Informatics**, v. 145, p. 104327, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2020.104327>

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Apêndice D: Índices de Qualidade das Águas. In: CETESB. **Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo 2018.** São Paulo: CETESB, 2019a. p. 1-32.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução no 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 18 mar. 2005. n. 053, p. 58-63.

COMPESA. COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO. **Programa de Saneamento Ambiental da Bacia do rio Ipojuca.** Relatório de progresso do PSA Ipojuca, 1º semestre de 2023. Recife: COMPESA. 2023.

COTEC. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica do rio Ipojuca.** Recife, 2002.

CPRH - Agência Estadual de Meio Ambiente. **Relatório de monitoramento de bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco – 2019.** Recife : CPRH. 2020. 200p

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Manual Técnico de uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

KOWALCZYK, M.; BUXMANN, P. (2014). Big Data and Information Processing in Organizational Decision Processes: A Multiple Case Study. **Business & Information Systems Engineering**, v. 6, p. 267-278, 2014. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0341-5>

OLIVEIRA, M. T. **O fitoplâncton como instrumento de biomonitoramento da qualidade da água do Reservatório de Cachoeira Dourado – Rio Paranaíba – GO/MG**. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos. São Paulo, 2010.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Agenda 2030**. 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 10 abr. 2020.

PERNAMBUCO. **Atlas de bacias hidrográficas de Pernambuco**. SECTMA. Coord. Silva, S.R. Recife, 2006, 104p.

PERNAMBUCO. **Lei N° 12.984 de 30 de dezembro de 2005**. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. 2005.

PERNAMBUCO. **Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe**. Recife, PE: Secretaria de Recursos Hídricos, 2010a.

PERNAMBUCO. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica do rio Capibaribe**. Recife, PE: Secretaria de Recursos Hídricos, 2002.

PERNAMBUCO. **Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca**. Recife, PE: Secretaria de Recursos Hídricos, 2010b.

PERNAMBUCO. **Projeto de Sustentabilidade Hídrica (PSHPE): manual de operação**. Recife: SRH, 2018. Disponível em: . Acesso em: 14 set. 2023.

PERNAMBUCO. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. **Plano Estadual de Recursos Hídricos - Documento Síntese**. Recife, 1998.

PERNAMBUCO. Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco: resumo executivo**. Secretaria Executiva de Recursos Hídricos. – Recife: Seinfra, 2022.

ROCHA, C. M. C.; ALVES, A. E.; CARDOSO, A. S.; CUNHA, M. C. C. Macrófitas quáticas como Parâmetro no Monitoramento Ambiental da Qualidade da Água. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 04, p. 970-983, 2012.

PONCE ROMERO, J.; HALLETT, S.; JUDE, S. Leveraging Big Data Tools and

Technologies: Addressing the Challenges of the Water Quality Sector. **Sustainability**, v. 9, n. 12, p. 2160, 23 nov. 2017. <http://dx.doi.org/10.3390/su9122160>

RODORFF, V.; SIEGMUND-SCHULTZE, M.; KÖPPEL, J; GOMES, A. T. E; **Governança da bacia hidrográfica do rio São Francisco: Desafios de escala sob lhares inter e transdisciplinares**. Revista Brasileira de Ciências Ambientais. n° 36. ISSN Eletrônico 2176-9478. Junho, 2015.

SCHÖN, S.; KRUSE, S.; MEISTER, M.; NOELTING, B.; OHLHORST, D. HandbuchKonstellationsanalyse – eininterdisziplinäresBrückenkonzeptfür die Nachhaltigkeits- Technik - und Innovationsforschung. München, Oekom-Verlag. 2007.

SINHA, K.; SRIVASTAVA, D. K.; BHATNAGAR, R. Water Quality Management through Data Driven Intelligence System in Barmer Region, Rajasthan. **Procedia Computer Science**, v. 132, p. 314-322, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.183>

SOBRAL, M. d. C.; CARVALHO, R. M. C.; FIGUEIREDO, R. d. C. Environmental risk management of multipurpose use of reservoirs in semiarid area of São Francisco River, Brazil. In: GUNKEL, G.; SOBRAL, M. d. C. (Org.). **Reservoir and River Basin Management: Exchange of Experiences from Brazil, Portugal and Germany**, 2007. 1. ed.: Universitätsverlag TUBerlin, Berlin. ISBN 978-3-7983-2056-7, p. 14–26.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY - USGS. Department of the Interior. **About Landsat**. Disponível em: < <https://landsat.usgs.gov/about-landsat>>. Acesso em: 12 maio 2018.

XIA, B.S.; GONG P. Review of Business Intelligence through Data Analysis. **Benchmarking: An International Journal**, v. 21, n. 2, p. 300–311, 2014. <https://doi.org/10.1108/BIJ-08-2012-0050>