



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA**

**MESTRADO PROFISSIONAL EM REDE NACIONAL EM GESTÃO E
REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS**

CLÉLIA NOBRE DE OLIVEIRA

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA COMO
APOIO NO ENQUADRAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA EM
ZONAS DE RECARGA - BACIA DO RECÔNCAVO NORTE E
INHAMBUPE, BAHIA**

Salvador

2023

CLÉLIA NOBRE DE OLIVEIRA

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA COMO
APOIO NO ENQUADRAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA EM
ZONAS DE RECARGA - BACIA DO RECÔNCAVO NORTE E
INHAMBUPE, BAHIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, por meio da Universidade Federal da Bahia, como parte dos requisitos obrigatórios para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Orientadora: Prof^a. Dra. Andrea Sousa Fontes
Coorientador: Prof. Dr. Alex Pires Carneiro

Salvador
2023

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Bernadete
Sinay Neves, Escola Politécnica - UFBA.

- O48 Oliveira, Clélia Nobre de.
Indicadores de sustentabilidade hídrica como apoio no
enquadramento de corpos d'água em zonas de recarga - bacia do
Recôncavo norte e Inhambupe, Bahia/ Clélia Nobre de Oliveira. –
Salvador, 2023.
87 f.: il. color.

Orientadora: Profa. Dra. Andrea Sousa Fontes.

Coorientador: Prof. Dr. Alex Pires Carneiro.

Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação Rede
Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos -
Universidade Federal da Bahia - Escola Politécnica, 2023.

1. Recursos hídricos. 2. Sustentabilidade hídrica - indicadores.
3. corpos d'água – enquadramento - Bahia. I. Fontes, Andrea Sousa.
II. Carneiro, Alex Pires. III. Universidade Federal da Bahia. IV.
Título.

CDD: 628



MESTRADO PROFISSIONAL EM REDE NACIONAL EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

CLÉLIA NOBRE DE OLIVEIRA

“Indicadores de Sustentabilidade Hídrica como Apoio no Enquadramento de
Corpos D’água em Zonas de Recarga - Bacia do Recôncavo Norte e Inhambupe”.

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Andrea Sousa Fontes
Universidade Federal da Bahia

Prof. Dr. Alex Pires Carneiro
Universidade Federal da Bahia

Profa. Dra. Yvonilde Dantas Pinto Medeiros
Universidade Federal da Bahia

Profa. Dra. Lucijane Monteiro de Abreu
Universidade de Brasília - Campus Planaltina

Profa. Dra. Rosa Alencar Santana de Almeida
Universidade Federal do Recôncavo Baiano/UFRB/CETEC

Salvador, Ba.
21 de dezembro de 2023

Aos meus pais (*in memoriam*):
amor, dedicação, renúncias, ensinamentos, altruísmo, fé em Deus.
Saudades!

AGRADECIMENTOS

À Deus que nos fortaleze e nos enche de fé na vida e nas pessoas.

À minha família sempre presente, sempre juntos.

Ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e também agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

À orientadora Profa. Dra Andrea Fontes e ao co-orientador Prof. Alex Pires pelo apoio na condução do TCC, agregando suas experiências notórias para alcance dos meus objetivos e resultados.

À coordenação do Curso de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, Polo UFBA, Professora Dra. Yvonilde Medeiros por estar sempre, à disposição, colaborando com nosso aperfeiçoamento.

Aos demais professores, tanto do Polo UFBA, como demais colaboradores de outros Polos no âmbito do Profagua, pelos ensinamentos e orientações.

À todos e todas que sempre me apoiaram na vida pessoal e profissional e acreditaram no meu potencial e capacidade de execução e conclusão deste trabalho final de curso, que representa mais uma ferramenta técnica para aperfeiçoamento da minha caminhada como especialista em recursos hídricos.

À todos e todas que em algum momento pararam para me passar os incentivos necessários para reequilíbrio das forças físicas e mentais tão necessários quando nos deparamos com novos desafios.

Aos meus colegas do ProfÁgua, que juntos desde 2021, mantivemos uma corrente de colaboração que veio a contribuir para um ambiente favorável para nossos estudos.

Ao Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia (INEMA) e aos meus colegas de trabalho, pela compreensão para participação nos Eventos promovidos pelo Profagua, bem como pelo acesso ao banco de dados que deu apoio à pesquisa.

RESUMO

A efetivação dos programas para alcance das metas do enquadramento de corpos d'água, exigido pelas legislações vigentes, apresenta-se como um processo complexo, que demanda conhecimentos específicos, principalmente sobre os usos dos recursos hídricos sob grande pressão antrópica. O uso de indicadores, como apoio no acompanhamento do cumprimento das metas de qualidade de água para atender ao enquadramento estabelecido, representa uma estratégia de gerenciamento que induz à análise das interferências naturais e antrópicas nas condições dos recursos hídricos. Nesse sentido, o presente estudo propõe uma metodologia de seleção de indicadores de sustentabilidade hídrica, como apoio a efetivação dos programas e metas de enquadramento em trechos de zonas de recarga. Essa metodologia foi desenvolvida com base nas Bacias Hidrográficas dos rios Joanes e Jacuípe, no estado da Bahia. As bases técnicas e científicas abrangeram a análise qualitativa da área de estudo; dos instrumentos de regulação e gestão para o processo de enquadramento e; dos estudos existentes para suporte à definição de indicadores de sustentabilidade. Esse embasamento permitiu a: i) realização de análise comparativa dos aspectos hidrológicos, hidrogeológicos, hidroquímicos e hidrogeoquímicos com representatividade nas zonas de recarga da área de estudo, ii) correlação desses aspectos com os pilares de sustentabilidade, com foco nos aspectos socioeconômicos e ambientais, iii) aplicação do modelo FPEIR: Forças, Pressão, Estado, Impacto e Resposta, considerando as dimensões da sustentabilidade hídrica e, iv) relação de equivalência com os Indicadores de Efetividade-IE dos Programas para alcance das metas do enquadramento de corpos d'água, culminando na definição dos Indicadores de Sustentabilidade Hídrica, em Zonas de Recarga para acompanhamento da efetivação do enquadramento dos corpos d'água ($ISH_s-ZR_{ENQUADRA}$). Essas etapas resultaram na indicação de 26 $ISH_s-ZR_{ENQUADRA}$ (8 hidrológicos, 4 hidrogeológicos, 4 hidroquímicos, 3 hidrogeoquímicos, 3 relacionados à conectividade rio-aquífero e 4 relacionados a despejos de águas residuárias) para os trechos das bacias dos rios Joanes e Jacuípe. Esses 26 $ISH_s-ZR_{ENQUADRA}$ dão suporte ao acompanhamento do cumprimento das metas do enquadramento, atendendo o monitoramento da disponibilidade de água (qualitativa e quantitativa), tanto para demandas de usos da água como para a preservação ambiental da região. Como produto este estudo apresenta 2 (dois) fluxogramas com o procedimento metodológico, 9 (nove) quadros elaborados para obtenção de cada grupo de indicadores, e duas fichas de acompanhamento, criada para visualização da geração e atualização de dados de suporte ao indicador em avaliação. Logo, espera-se a disseminação da presente pesquisa, com transferência de tecnologia e conhecimentos que dêem subsídio à efetivação dos programas para enquadramento dos corpos d'água e fortaleçam os sistemas estadual e nacional de informações de recursos hídricos.

PALAVRAS-CHAVE: Indicadores de Sustentabilidade Hídrica. Enquadramento dos Corpos D'Água. Recôncavo Norte e Inhambupe. Zonas de Recarga.

ABSTRACT

The implementation of programs to achieve the goals of water bodies is a complex process, which demands specific knowledge, mainly about the uses of water resources under great human pressure. The use of indicators, as support in monitoring compliance with water quality targets to meet the established framework, represents a management strategy that leads to the analysis of natural and anthropogenic interferences in the conditions of water resources. In this sense, the present study proposes a methodology for selecting water sustainability indicators, to support the implementation of programs and framing goals in stretches of recharge zones. This methodology was developed based on the hydrographic basins of the Joanes and Jacuípe rivers, in the state of Bahia. The technical and scientific bases covered the qualitative analysis of the study area; regulatory and management instruments for the framework process and; of existing studies to support the definition of sustainability indicators. This basis allowed: i) carrying out a comparative analysis of hydrological, hydrogeological, hydrochemical and hydrogeochemical aspects with representation in the recharge zones of the study area, ii) correlation of these aspects with the sustainability pillars, focusing on socioeconomic and environmental aspects, iii) application of the FPEIR model: Forces, Pressure, State, Impact and Response, considering the dimensions of water sustainability and, iv) equivalence relationship with the Programs' Effectiveness Indicators-IE to achieve the goals of water bodies, culminating in the definition of Water Sustainability Indicators, in Recharge Zones to monitor the implementation of the classification of water bodies (ISHs-ZRENQUADRA). These steps resulted in the indication of 26 ISHs-ZRENQUADRA (8 hydrological, 4 hydrogeological, 4 hydrochemical, 3 hydrogeochemical, 3 related to river-aquifer connectivity and 4 related to wastewater discharges) for the stretches of the Joanes and Jacuípe river basins. These 26 ISHs-ZRENQUADRA support the monitoring of compliance with the framework's goals, monitoring water availability (qualitative and quantitative), both for water use demands and for environmental preservation in the region. As a product, this study presents 2 (two) flowcharts with the methodological procedure, 9 (nine) tables prepared to obtain each group of indicators, and two monitoring sheets, created to visualize the generation and updating of data to support the indicator under evaluation. Therefore, the dissemination of this research is expected, with the transfer of technology and knowledge that will support the implementation of programs to classify water bodies and strengthen state and national water resources information systems.

KEYWORDS: Water Sustainability Indicators. Framework of Bodies of Water. Recôncavo Norte and Inhambuê. Recharge Zones.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Etapas para Implementação do Enquadramento de Corpos D'Água
- Figura 2: Classes de Enquadramento e condições de usos e qualidade da água
- Figura 3: Evolução das Propostas de Enquadramento de Corpos D'Água na Bahia - (2017-2021)
- Figura 4: Rede de Monitoramento Hidrogeológico - Bahia
- Figura 5: Procedimentos para seleção e definição dos indicadores de sustentabilidade hídrica
- Figura 6: UPGRH 2 - Bacias da RMS, rios Joanes e Jacuípe na RPGA do Recôncavo Norte e Inhambupe-Bahia
- Figura 7: Seção esquemática: condições de confinamento das camadas de arenito no Aquífero São Sebastião
- Figura 8: Zonas de recarga – Bacias dos rios Joanes e Jacuípe, Bahia
- Figura 9: Áreas de recargas delimitadas no Mapa de vulnerabilidade intrínseca dos aquíferos em área das Bacias Joanes e Jacuípe

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1: Órgãos com dados disponíveis de qualidade das águas superficiais e subterrâneas no estado da Bahia
- Quadro 2: Proposição dos Subprogramas I.1.2 e I.1.4 - PAE - 2018
- Quadro 3: Classificação categorizada dos indicadores com foco na gestão dos recursos hídricos
- Quadro 4: Níveis e escala de classificação dos pilares de sustentabilidade para a gestão dos recursos hídricos
- Quadro 5: Características físicas, sociais, econômicas e ambientais – Ambiente de recarga, Bacias Joanes e Jacuípe
- Quadro 6: Aspectos Hidrológicos com base na classificação FPEIR – Zonas de Recarga, Bacias Joanes e Jacuípe
- Quadro 7: Aspectos Hidrogeológicos com base na classificação FPEIR - Zonas de Recarga, Bacias Joanes e Jacuípe
- Quadro 8: Aspectos Hidroquímicos com base na classificação FPEIR – Zonas de Recarga, Bacias Joanes e Jacuípe
- Quadro 9: Aspectos Hidrogeoquímicos com base na classificação FPEIR – Zonas de Recarga, Bacias Joanes e Jacuípe

- Quadro 10: Propostos preliminar de indicadores com base na classificação FPEIR - Zonas de Recarga, Bacias Joanes e Jacuípe
- Quadro 11: Definição de indicadores considerando a significância para sustentabilidade hídrica nas Zonas de Recarga – Bacias Joanes e Jacuípe
- Quadro 12: ISH_s-ZRE_{ENQUADRA} / Indicadores de Sustentabilidade Hídrica em Zonas de Recarga como apoio à efetivação dos Programas e Metas do Enquadramento dos corpos d'água (Águas Superficiais)
- Quadro 13: ISH_s-ZRE_{ENQUADRA} / Indicadores de Sustentabilidade Hídrica em Zonas de Recarga como apoio à efetivação dos Programas e Metas do Enquadramento dos corpos d'água (Águas Subterrâneas)

SIGLAS

1,2DEA:	1,2-Dicloroetano
4H:	Hidrológicos, Hidrogeológicos, Hidroquímicos e Hidrogeoquímicos
ABC:	Agência Brasileira de Cooperação
ANA:	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
APA:	Área de Proteção Ambiental
BHP:	Bacia Hidrográfica do Rio Paraguaçu
BHRNI:	Bacias Hidrográficas do Recôncavo Norte e Inhambupe
CERB:	Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento do Estado da Bahia
CETREL:	Central de Tratamento de Efluentes Líquidos
CIA:	Centro Industrial de Aratu
CNRH:	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA:	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONERH:	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CPRM:	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CT:	Coliformes Termotolerantes
DBO:	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DPSIR:	Drivers, Pressures, State, Impact e Response
EMBASA:	Empresa Baiana de Águas e Saneamento
ES:	Escala de significância
FPEIR:	Forças, Pressão, Estado, Impacto e Resposta
GIRH:	Gestão Integrada dos Recursos Hídricos
IDH:	Índice de Desenvolvimento Humano
IE:	Indicadores de efetividade
IET:	Índice do Estado Trófico
IICA:	Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura
INEMA:	Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

IPEA:	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IQA:	Índice de Qualidade das Águas
IQAs:	Índice de Qualidade das Águas Subterrâneas
ISHs-ZR:	Indicadores de Sustentabilidade Hídrica em Zonas de Recarga ISHs-
ZRENQUADRA:	Indicadores de Sustentabilidade Hídrica em Zonas de Recarga como apoio à efetivação dos Programas e Metas do Enquadramento dos corpos d'água
N-NO3-:	Nitrato
OCDE:	Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico
OD:	Oxigênio Dissolvido
ODS:	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU:	Organização das Nações Unidas
P:	Fósforo Total
PAE:	Planos de Ações Estratégicas
PE:	Propostas de enquadramento
PEIR:	Pressão, Estado, Impacto e Resposta
PERH:	Política Estadual de Recursos Hídricos
PRH:	Plano de Recursos Hídricos
PIC:	Polo Industrial de Camaçari
RIMAS:	Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas
RMS:	Região Metropolitana de Salvador
RNI:	Recôncavo Norte e Inhambupe
RPGA	Região de Planejamento e Gestão da Água
SEIA:	Sistema Estadual de Informações Ambientais e Recursos Hídricos
SGB:	Serviço Geológico do Brasil
SIAGAS:	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
SIHS:	Secretária de Infraestrutura Hídrica e Saneamento
SINGREH:	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SNIRH:	Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos
STD:	Sólidos totais dissolvidos
SUB:	Subterrâneos
SUP:	Superficiais
UB:	Unidade de Balanço
UPGRH2:	Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos, - Bacias da RMS, rios Joanes e Jacuípe
VMPr+:	Valor Máximo Permitido Mais Restritivo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	JUSTIFICATIVA	14
2	OBJETIVOS.....	18
2.1	OBJETIVO GERAL.....	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
3.1	PANORAMA LEGAL SOBRE ENQUADRAMENTO.....	19
3.1.1	Águas Subterrâneas: aspectos legais para o enquadramento.....	21
3.1.2	Águas Superficiais: aspectos legais para o enquadramento.....	23
3.2	IMPLEMENTAÇÃO E PROGRAMAS PARA EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA	26
3.2.1	Panorama do Enquadramento na Bahia	27
3.2.2	Programa para Efetivação do Enquadramento dos Corpos d'Água Superficiais e Subterrâneos da RPGA Recôncavo Norte e Inhambupe.	30
3.3	CARACTERÍSTICAS DE ZONAS DE RECARGA E DESCARGA	31
3.4	BASES PARA DEFINIÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA	32
4	MATERIAIS E MÉTODO.....	41
4.1	IDENTIFICAÇÃO DE DOCUMENTOS BÁSICOS	42
4.2	PESQUISA EM BANCO DE DADOS	42
4.3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	43
4.3.1	Características do ambiente de recarga interferentes na qualidade e quantidade da água	44
4.4	ANÁLISE DOS ASPECTOS HIDROLÓGICOS, HIDROGEOLÓGICOS, HIDROQUÍMICOS E HIDROGEOQUÍMICOS NA ÁREA DE ESTUDO CONFORME O MODELO FPEIR	50

4.5	ATRIBUIÇÃO DE SIGNIFICÂNCIA AOS INDICADORES COM RELAÇÃO À SUSTENTABILIDADE HÍDRICA.....	51
4.6	DEFINIÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA PARA ACOMPANHAMENTO DOS PROGRAMAS DE EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO (ISHs-ZRENQUADRA).....	52
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
5.1	ASPECTOS HIDROLÓGICOS, HIDROGEOLÓGICOS, HIDROQUÍMICOS E HIDROGEOQUÍMICOS EM AMBIENTES DE RECARGA	54
5.2	DEFINIÇÃO DE INDICADORES DE ACORDO COM SIGNIFICÂNCIA PARA SUSTENTABILIDADE HÍDRICA	62
5.3	PROPOSTA DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA COMO APOIO A EFETIVAÇÃO DOS PROGRAMAS E METAS DO ENQUADRAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA	65
6	CONCLUSÕES.....	74
7	RECOMENDAÇÕES	77
8	REFERENCIAS	79
	APÊNDICE 1 – DESCRIÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA PROPOSTOS.....	84
	APÊNDICE 2: PRODUTO	I
	ANEXO 1	XXVI
	ANEXO 2	XXVII

1 INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA

O enquadramento de corpos d'água, um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos-PNRH (BRASIL, 1997), destaca-se como uma importante ferramenta de gestão da qualidade da água em regiões sob interferências de atividades urbanas e industriais. De acordo com as disposições do art. 9º dessa Política, o enquadramento dos corpos d'água em classes, visa assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.

O processo de enquadramento deverá considerar as especificidades dos corpos de água, pois atender os usos pretendidos está associado ao conhecimento atual da bacia hidrográfica, por meio de um diagnóstico, que por sua vez dá suporte para elaborar o prognóstico e se conhecer os cenários de usos e de qualidade da água prováveis para a bacia. Por conseguinte pode-se estabelecer as metas de qualidade da água para o enquadramento, de acordo com os usos desejados.

O alcance ou manutenção das condições e dos padrões de qualidade determinados pelas classes em que o corpo de água for enquadrado (metas), deve ser viabilizado por um Programa para efetivação do enquadramento, conforme estabelecido na Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), nº 91/2008 (BRASIL, 2008), e para isso são definidas medidas de mitigação dos impactos, a fim de obter uma qualidade de água compatível com os usos estabelecidos e pretendidos.

Importante destacar que ao se propor classes de qualidade para os usos preponderantes, a implementação dos Programas para efetivação do enquadramento se torna um desafio, uma vez que a qualidade da água de alguns dos mananciais encontra-se inadequada para consumo humano em regiões com evidências antrópicas de uso e ocupação do solo. Aliado a isso, as zonas de recargas dos aquíferos e descargas dos rios, que representam a conectividade das águas

subterrâneas com as águas superficiais, também ficam sujeitas às alterações na qualidade da água para usos preponderantes.

Em áreas de riscos de poluição e/ou contaminação ambiental, a implementação desses Programas são relevantes, e que favorecem a tomada de decisão em ações para preservação e controle da qualidade do corpo hídrico e garantia dos usos da água. A própria Resolução CNRH nº 91/2008, já estabelece em seu Art.13, que esses Programas devem ser acompanhados com fins de avaliar quais corpos d'água não atingiram as metas estabelecidas e por que não foram alcançadas. Para tal, os órgãos gestores devem elaborar e encaminhar relatório técnico, a cada dois anos, ao respectivo comitê de bacia hidrográfica e ao respectivo Conselho de Recursos Hídricos (BRASIL, 2008).

Diante disso, o que se verifica é que no Brasil, os órgãos gestores ainda não possuem uma sistematização para esse acompanhamento, e não se tem disponível documentos que apontem a evolução dos programas para efetivação do enquadramento. Pode-se citar somente o acompanhamento dos avanços de Plano de Recursos Hídricos, a exemplo do que vem sendo executado pelo Comitê da Bacia do Rio São Francisco, que disponibiliza as ações previstas, em andamento e concluídas¹ Mas, não há avanços referente ao atendimento das metas de enquadramento, das bacias hidrográficas que já possuem a implementação desse instrumento.

Machado, Knapik e Bitencourt (2019) fizeram uma análise sobre o processo de enquadramento de corpos de água no Brasil, e em suas considerações, que corroboram com a afirmação anterior, não identificaram informações disponíveis se há ou não acompanhamento dos programas para sua efetivação, além de sinalizarem a necessidade de articulação com outros instrumentos de gestão de recursos hídricos previstos pela PNRH. Diante desse desafio, a definição e utilização de indicadores que representem as especificidades locais quanto às condições dos recursos hídricos, se torna então uma importante estratégia de acompanhamento das metas de qualidade, uma vez que demanda análise dos estudos sobre a região, os quais

¹ Para acompanhamento consultar: <https://siga.cbhsaofrancisco.org.br/#acoes>

também contemplam zonas de recargas, em seus aspectos qualitativos e quantitativos, traduzindo-os em variáveis relevantes para a condição avaliada, que pode atender a qualidade desejada ou não. Por conseguinte, essas variáveis resultarão em indicadores prioritários para atender um monitoramento contínuo para subsidiar os programas para efetivação do enquadramento dos corpos d'água, em função do uso que se deseja dar a ele, em curto, médio ou longo prazo. Ou seja, com esses indicadores a qualidade dos corpos d'água pode ser acompanhada de forma mais estratégica para o estabelecimento de ações com vista ao alcance das metas progressivas do enquadramento.

No contexto da gestão integrada dos recursos hídricos cabe a adoção de indicadores que venham a contribuir com o planejamento e gerenciamento de disponibilidade e demanda da água para atendimento dos usos preponderantes, uma vez que, a área das bacias hidrográficas e as formações aquíferas (com indícios de poluição ou contaminação no freático) estão sob grande pressão de grandes usuários, como a indústria, as concessionárias de saneamento e a agropecuária, de uma forma geral.

A escolha de indicadores está também associada à necessidade de uma visão integrada que possa caracterizar uma bacia hidrográfica, quanto aos aspectos físicos e ambientais, contemplando as variáveis hidrológicas, hidrogeológicas, hidroquímicas e hidrogeoquímicas, que atenda o planejamento e gestão dessa bacia (BRANCHI, 2022).

O estudo desenvolvido por Carneiro et al. (2017), é um exemplo disso, pois os autores procuraram identificar indicadores relacionados ao uso e gestão da água que tivessem a seguinte representatividade: indicadores que medem o uso consuntivo da água, indicadores de uso não consuntivo da água, indicadores relacionados ao papel ambiental dos recursos hídricos, indicadores relacionados à governança da água, indicadores hidrológicos.

Se torna relevante avaliar se indicadores relacionados à preservação da qualidade e quantidade da água, se adéquam a critérios de sustentabilidade hídrica, a partir da correlação com os aspectos físicos e ambientais que dão significância na caracterização de bacias hidrográficas.

Em estudo realizado por Oliveira (2018), na Bacia do Recôncavo Norte e Inhambupe-Bahia, objeto de estudo do presente trabalho, mais especificamente na área de abrangência das bacias hidrográficas dos rios Jacuípe e Joanes é sinalizado que as principais fontes de poluição e/ou contaminação são da produção de compostos químicos sintéticos, oriunda principalmente da indústria petroquímica, muitos de caráter persistente, e com grande potencial de percolação entre os ambientes superficiais e subterrâneos. A presença desses compostos foi evidenciada em algumas áreas dessas Bacias, tanto nos poços tubulares monitorados para consumo humano na área industrial, como também nos poços tubulares monitorados pela Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA), para consumo humano, na área urbana (OLIVEIRA, 2018).

Os sistemas aquíferos encontrados na Bacia Sedimentar do Recôncavo Norte e Inhambupe são formados por uma porção livre e outra confinada, sendo a infiltração o principal processo hidrológico que favorece a entrada das águas da chuva diretamente no aquífero. No entanto, Santos & Oliveira (2013), sinalizam a necessidade de realizar estudos mais detalhados nessa área, em função da sua complexidade hidrogeológica, bem como, devido à pouca densidade de poços, além da investigação de fontes prováveis de recarga artificiais oriundas de adutoras de abastecimento de água ou de redes de esgotamento sanitário ou de fossas sépticas.

Aliado a isso, no estado da Bahia, órgãos que realizam monitoramento da qualidade dos corpos d'água, em geral, atuam mais para avaliação das águas superficiais no que diz respeito à sua preservação e manutenção, a exemplo do Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA) e EMBASA, nos mananciais de abastecimento humano.

O INEMA, como órgão gestor estadual, monitora a evolução espacial e temporal da qualidade das águas superficiais para diferentes usos, além de gerar informações relativas às áreas prioritárias para o controle da poluição da água; subsidiando propostas de enquadramento dos corpos d'água, nas diferentes bacias hidrográficas do estado. Atualmente, são monitorados 186 rios e reservatórios no estado, num total de 639 pontos de amostragem de água. Os resultados desse monitoramento são

divulgados em relatórios emitidos pelo próprio INEMA e disponibilizados no site: <http://monitoramento.seia.ba.gov.br/>.

Para acompanhamento da qualidade das águas subterrâneas, o INEMA iniciou a rede de monitoramento em 2018, constando de 98 estações, correspondendo a 98 poços, distribuídos em 5 (cinco) bacias hidrográficas. Além do que, se utiliza de dados históricos de análise dos poços disponibilizados em Bancos de Dados do Serviço Geológico do Brasil (SGB), com o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS).

Esse cenário contribuí para dificultar o atendimento às metas de enquadramento quanto ao alcance da condição de qualidade de água desejada, seja para consumo humano, agropecuário ou industrial, mas também serve para evidenciar as oportunidades para definição de mecanismos e estratégias para o melhor gerenciamento da qualidade das águas na área das bacias de estudo. Sejam com ações estruturantes, para erradicação do lançamento direto, de poluentes nos corpos d'água, e/ou, sejam com ações não estruturantes, as quais permitiriam uma melhor avaliação das condições naturais e antrópicas que promovem a contaminação, facilitando a tomada de decisão quanto a melhor estratégia, considerando as especificidades do local de intervenção.

Espera-se que esse estudo possa apoiar na tomada de decisão quanto à definição de indicadores que se tornem estratégicos para subsidiar a efetivação dos programas e metas do enquadramento dos corpos d'água. Com isto, será possível fortalecer o Sistema Estadual de Informações Ambientais e Recursos Hídricos (SEIA) e Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos (SNIRH) a partir da identificação de áreas prioritárias para monitoramento dos corpos d'água superficiais e subterrâneos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Proposta metodológica para seleção e definição de indicadores de sustentabilidade hídrica, como apoio à efetivação dos programas e metas de

enquadramento de corpos d'água em trechos de zonas de recarga, situados na Bacia do Recôncavo Norte (Bacias dos rios Joanes e Jacuípe), no estado da Bahia.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a estrutura do enquadramento de corpos d'água superficiais e subterrâneos no que diz respeito à sua gestão e regulação: panorama legal e institucional;
- Analisar os aspectos hidrológicos, hidrogeológicos, hidroquímicos e hidrogeoquímicos em ambientes de recarga, conforme o modelo para classificação de sustentabilidade FPEIR (Forças, Pressão, Estado, Impacto e Resposta);
- Selecionar e definir indicadores de sustentabilidade hídrica para trechos de corpos d'água em zonas de recarga, como apoio ao enquadramento de corpos d'água.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 PANORAMA LEGAL SOBRE ENQUADRAMENTO

A preservação da qualidade da água se tornou prioritária com a sanção da Lei Federal nº 9.433/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), tendo como um dos fundamentos gerir tais recursos, proporcionando uso múltiplo, em consonância com objetivos que assegurem “à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”.

O enquadramento de corpos d'água é um instrumento importante da Política Nacional dos Recursos Hídricos, tanto para a preservação da sua qualidade, como para minimização dos custos com a recuperação dos recursos hídricos, pois estabelece metas para garantir à água nível de qualidade que assegurem seus usos prioritários atuais e futuros.

O alcance dessas metas está relacionado ao conhecimento da bacia hidrográfica através da realização de um diagnóstico (condição atual/o que temos) para subsidiar

a etapa do prognóstico (definição de cenários/o que podemos) e por conseguinte se estabelecer as metas de qualidade da água para o enquadramento, de acordo com os usos desejados (o que queremos) (Figura 1).

Figura 1 – Etapas para Implementação do Enquadramento de Corpos D'Água



Fonte: Adaptado de Brasil (2008b); elaboração própria

Baseando-se em Brasil (2005), Brasil (2008a) e Brasil (2008b), a seguir são descritas, sinteticamente, cada etapa da Figura 2.

O **diagnóstico** das condições de qualidade das águas (a bacia hidrográfica é a unidade de gestão) consiste na identificação da classe de qualidade e dos respectivos usos, destacando-se os usos preponderantes, nos termos das Resoluções CONAMA, as quais os corpos de água superficiais e subterrâneos atendem atualmente; devem ainda serem identificados os parâmetros críticos que determinam a condição das águas.

No conteúdo do **prognóstico** caberá estabelecer a visão de futuro para as bacias, isto é, a realidade desejada no horizonte de planejamento selecionado (o que queremos) acompanhada de visões da evolução do quadro atual, contidas no diagnóstico formulado, dando origem a diferentes cenários.

Baseado no prognóstico de potencialidade, disponibilidade e demanda de água, cargas poluidoras, condições de quantidade e qualidade dos corpos hídricos e dos usos preponderantes:

- As **propostas de metas** relativas às alternativas de enquadramento deverão ser elaboradas com vistas a alcançar a racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis;
- As metas propostas poderão ser progressivas e intermediárias, até o alcance da meta final, em prazos determinados, numa perspectiva de curto, médio e longo alcance, de acordo com os dados relativos ao diagnóstico e prognóstico;
- Deverá ser feita uma estimativa de custo para a implementação das ações de gestão, incluindo planos de investimentos e recomendações de instrumentos de compromisso.

Especificamente para as águas subterrâneas, as propostas de enquadramento deverão ser prioritariamente desenvolvidas em sistemas aquíferos críticos do ponto de vista da importância dos recursos hídricos e das pressões a que os mesmos estão sujeitos, de forma a poder, antecipadamente, implementar medidas tendo em vista a melhoria das suas condições de uso e a garantia da preservação de escoamento nos trechos e bacias hidrográficas à jusante.

3.1.1 Águas Subterrâneas: aspectos legais para o enquadramento

Para a proteção das águas subterrâneas identificam-se duas resoluções do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH): Resolução nº 15/2001 (BRASIL, 2001a), a qual estabelece que os Estados devem orientar os municípios sobre as diretrizes de gestão integrada das águas subterrâneas, propondo mecanismos de estímulo à proteção das áreas de recarga dos aquíferos (ANA, 2007). Já a Resolução CNRH nº 22/2002 (BRASIL, 2002), dentre suas considerações, afirma que “os Planos de Recursos Hídricos devem considerar os usos múltiplos das águas subterrâneas, as peculiaridades de função do aquífero e os aspectos de qualidade e quantidade para a promoção do desenvolvimento social e ambientalmente sustentável.”

Em 2008, o CONAMA publicou a Resolução nº 396/2008 (BRASIL, 2008a), que cria mecanismos para proteção das águas subterrâneas, principalmente no que diz respeito à sua qualidade, pois através do enquadramento dessas águas foram definidas seis classes em função dos usos preponderantes, que incluem consumo

humano, dessedentação de animais, irrigação e recreação. Nessa Resolução os principais parâmetros de qualidade da água acompanhados dos respectivos padrões são organizados em função de serem substâncias físicas, químicas, bacteriológicas e substâncias potencialmente prejudiciais, a serem analisados, a depender dos usos preponderantes no corpo d'água.

As classes foram estabelecidas como especial, 1, 2, 3, 4 e 5 (Cap. II, Resolução CONAMA nº 396/2008), sendo que a classe especial não tem padrão, e são águas destinadas à preservação de ecossistemas de proteção integral, as classes 1 e 2, são para águas que não sofrem alteração por atividades antrópicas, as classes 3 e 4 são para águas que sofrem alteração antrópica, e, a classe 5, não tem padrão e não tem requisito de qualidade para uso.

Formigoni et al (2011) sinaliza que na Resolução CNRH nº 91/2008, que dispõem sobre os procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos, o processo de enquadramento deverá considerar as especificidades dos corpos de água de vazão e regime intermitente. No Art. 29, da Resolução CONAMA nº 396/2008, se estabelece que o enquadramento das águas subterrâneas será realizado por aquífero, conjunto de aquíferos ou porções desses, na profundidade onde estão ocorrendo as captações para os usos preponderantes, devendo ser considerados no mínimo: i) a caracterização hidrogeológica e hidrogeoquímica; ii) a caracterização da vulnerabilidade e dos riscos de poluição; iii) o cadastramento de poços existentes e em operação; iv) o uso e a ocupação do solo e seu histórico; v) a viabilidade técnica e econômica do enquadramento; vi) a localização das fontes potenciais de poluição; e vii) a qualidade natural e a condição de qualidade das águas subterrâneas.

Considerando as normas de proteção das águas subterrâneas mencionadas acima, a Resolução CNRH nº 107/2010 estabelece diretrizes e critérios a serem adotados para o planejamento, a implantação e a operação de Rede Nacional de Monitoramento Integrado Qualitativo e Quantitativo de Águas Subterrâneas, enfocando o uso da Resolução CONAMA Nº 396/2008, quando da definição de parâmetros de qualidade da água para o monitoramento.

Mestrinho (2012), discute que em aquíferos rasos, o monitoramento de parâmetros com característica de serem conservativos no ambiente subterrâneo, como o cloreto, sólidos totais dissolvidos (STD) e nitrato, deve ser contínuo, devido a interferência antrópica advinda da infiltração direta por esgotos sanitários e fossas sépticas, comuns em regiões com sistema de esgotamento precário. A autora cita o nitrato (N-NO_3^-) como exemplo, destacando que é um parâmetro de controle obrigatório (Resolução CONAMA nº 396/2008), e se apresentar seu valor acima de $10.000 \mu\text{g.L}^{-1}$, exclui a água das classes que representam usos mais restritivos (Classes 1 ou 2) e, por conseguinte, coloca a água em classes que representam as piores condições de qualidade para usos que envolvem consumo humano, dessedentação, irrigação e recreação.

Logo, os estudos que envolvem o acompanhamento da qualidade das águas subterrâneas se tornam emergentes, uma vez que estão sob pressão de uso para consumo humano, bem como já possuem normas específicas para sua proteção, a exemplo das Resoluções CONAMA nº 396/2008, CNRH nº 91/2008 e CNRH nº 107/2010.

3.1.2 Águas Superficiais: aspectos legais para o enquadramento

Para as águas superficiais, a Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), define o enquadramento como o “estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser alcançado ou mantido em um segmento de corpo d’água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo”, conceito esse também aplicável às águas subterrâneas. As metas devem atender às necessidades definidas pela sociedade e não necessariamente devem se basear no seu estado atual. Logo, é um processo participativo e a proposta de enquadramento é aprovada pelo Comitê de Bacia, e posteriormente remetido para apreciação do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, conforme a Resolução CNRH nº 91/ 2008 (BRASIL, 2008b).

Os critérios de classificação dos corpos de água doce (salinidade $\leq 0,5^0/00$, partes por mil), se estendem às águas salobras (salinidade entre $0,5^0/00$ e $30^0/00$) e salinas (salinidade $\geq 30^0/00$), constando de respectivos parâmetros analíticos e padrões

(limites) de referência (BRASIL, 2005). A Resolução do CONAMA nº 357/2005 estabelece os limites permitidos para os parâmetros físicos, químicos e biológicos em cada classe de enquadramento, sendo estabelecidas 13 classes de qualidade:

- Águas doces; classe especial, 1, 2, 3 e 4
- Águas salobras: classe especial, 1, 2, 3
- Águas salinas: classe especial, 1, 2, 3

Para cada classe foram estabelecidos limites e/ou condições de qualidade a serem respeitados, de modo a assegurar seus usos preponderantes, sendo mais restritivo quanto mais nobre for o uso pretendido (Figura 2).

Figura 2 - Classes de Enquadramento e condições de usos e qualidade da água



Fonte: <http://pnqa.ana.gov.br/>

A classe especial é aquela em que devem ser mantidas as condições naturais do corpo d'água e é a mais restritiva a atividades humanas que possam interferir em sua qualidade, não sendo permitido o lançamento de efluentes, mesmo tratados.

Quanto maior o número da classe, menor o nível de qualidade da água exigido, restringindo, portanto, os tipos de usos. Os usos menos restritivos correspondem à navegação e harmonia paisagística e os mais exigentes quanto aos padrões de qualidade da água são a preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e o abastecimento humano após simples tratamento com desinfecção.

Enquanto os enquadramentos não forem aprovados, as águas doces são consideradas classe 2 e as salinas e salobras, classe 1, exceto se as condições de

qualidade atuais forem melhores, determinando a aplicação da classe mais rigorosa correspondente.

Em razão das diferenças fundamentais entre as águas superficiais e subterrâneas, a Resolução CONAMA nº 357/2005 não pode ser aplicada para o enquadramento das águas subterrâneas.

No âmbito do estado da Bahia, a Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH), a Lei Estadual nº 11.612/2009, que sofreu alterações na Lei Estadual nº 14.034/2018 (BAHIA, 2018b), dentre seus dispositivos, estabelece que o órgão executor responsável pelo programa de monitoramento de recursos hídricos é o INEMA, o qual deve disponibilizar as informações de gestão e controle ambiental para à sociedade. No capítulo VII, da referida Lei, reforça-se os cuidados com a qualidade dos recursos hídricos, quando estabelece que o monitoramento da quantidade e qualidade das águas tem dentre seus objetivos: i) identificar a quantidade e a qualidade das águas e dos ambientes aquáticos; e ii) gerar informações relativas às áreas prioritárias para a ação pública.

As diretrizes na PERH são importantes, pois reforçam o que dispõe a Resolução CONAMA nº 396/2008, quanto à classificação e enquadramento das águas subterrâneas, propiciando condições para atender os objetivos de usos preponderantes desse recurso.

A Resolução nº 91/2008, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 2008b), estabelece que a proposta de enquadramento deverá ser desenvolvida em conformidade com o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica, inserindo-se tanto os planos de âmbito federal, a exemplo do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco (BRASIL, 2021), como os planos de bacia ou diretores (estaduais), a exemplo do Plano Estadual de Recursos da Bacia dos Rios Verde e Jacaré (BAHIA, 2023).

Para realmente se efetivar a implementação legal desses instrumentos, cabe aos Comitês de Bacia Hidrográficas, submeter aos respectivos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos suas propostas de enquadramento dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos.

3.2 IMPLEMENTAÇÃO E PROGRAMAS PARA EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA

Conforme a Resolução CNRH nº 91/2008, “o alcance ou manutenção das condições e dos padrões de qualidade, determinados pelas classes em que o corpo de água for enquadrado, deve ser viabilizado por um programa para efetivação do enquadramento”. O Capítulo III, da Política Nacional de Recursos Hídricos descreve que para sua implementação devem ser constituídas, dentre outras, as seguintes diretrizes gerais de ação: I - a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade; II - a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País; e III - a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental.

O Programa de Efetivação do Enquadramento é composto por ações necessárias ao alcance ou manutenção do enquadramento proposto, devendo acompanhar cada uma das alternativas de enquadramento. Deverá assim ser apresentado um programa de medidas, destinado ao cumprimento das metas, com cronograma pré-definido, as quais são submetidas à Consulta Pública e à análise do Comitê da Bacia Hidrográfica.

Os programas com as ações se transformam em subprogramas, acompanhados de prazos de execução, orçamento estimado, responsáveis pela ação e possíveis fontes de financiamento. Esses programas completos, constando das bacias hidrográficas que já possuem propostas de enquadramentos elaboradas, podem ser acessados tanto na página da internet da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico-ANA (ANA, 2022), como dos órgãos estaduais de gestão de recursos hídricos.

Para a implementação desses Programas as responsabilidades são distribuídas entre o órgão gestor de recursos hídricos, seja do poder público estadual ou municipal, com instituições privadas, organizações não-governamentais, além dos comitês ou agências de bacias.

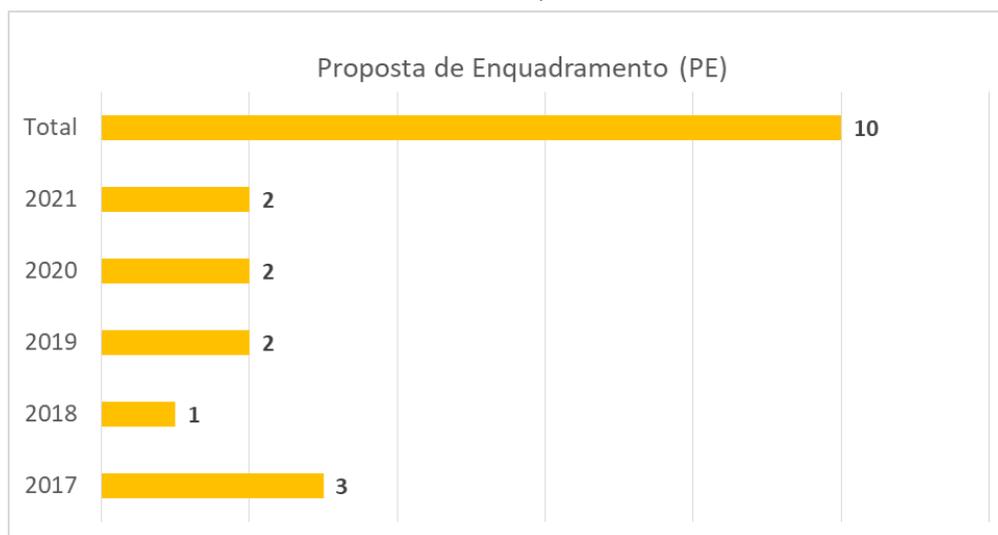
3.2.1 Panorama do Enquadramento na Bahia

Na Bahia, a Lei nº 11.612/2009 e suas alterações, além dos cinco instrumentos de gestão mencionados na Política Nacional de Recursos Hídricos, acrescenta os instrumentos: monitoramento das águas e fiscalização, sendo o INEMA o principal órgão gestor para execução e acompanhamento da implementação destes.

De acordo com o INEMA, “no Estado da Bahia, a maioria dos rios não está enquadrado e aqueles que estão, assim foram alicerçados por uma legislação de referência defasada para os dias atuais”, pois se identificam como enquadrados na classe 2, de água doce, conforme determina a Resolução CONAMA nº 357/2005. Esse enquadramento não corresponde à condição atual de qualidade ao qual se encontram a maioria dos rios no estado.

Desde 2017, as propostas de enquadramento vêm sendo realizadas concomitante com o processo de elaboração dos Planos de Bacias Hidrográficas no Estado, de forma contínua, destacando-se o período de 2017 a 2021 (Figura 3), com elaboração de 7 (sete) propostas de Enquadramento dos Corpos de Água e acompanhamento da implementação das metas progressivas e obrigatórias de enquadramento dos corpos de água em classe, segundo seus usos preponderantes:

Figura 3 - Evolução das Propostas de Enquadramento de Corpos D'Água na Bahia - (2017-2021)



Fonte: Adaptado de Bahia (2023)

As propostas de enquadramento (PE) abrangem as bacias hidrográficas dos rios Paramirim e Santo Onofre (2017), rio Salitre (2017), rios Verde e Jacaré (2017), rio das Contas (2019), do Recôncavo Sul (2019), rio Grande (2021) e rio Corrente e riachos do Ramalho, Serra Dourada e Brejo Velho (2021). No período de 2018 e 2020 houve o acréscimo de 3 (três) propostas de enquadramento transitório² para atender demandas nas Bacias Hidrográficas do Recôncavo Norte e Inhambupe (BHRNI), e com isso evoluiu para 10 (dez) PE até 2021.

Conforme a estratégia no estado, o Enquadramento vem sendo desenvolvido de forma participativa e a Proposta é submetida para o Comitê de Bacia, que encaminha para o Conselho Estadual de Recursos Hídricos, que pode aprovar ou não a proposta, mediante estabelecido na Lei nº 11.612/2009, art. 15. Os 10 (dez) enquadramentos já aprovados no Estado estão disponibilizados nas Resoluções do CONERH.

Assim como em outros estados brasileiros, na Bahia o processo de enquadramento necessita de estudos mais consistentes para embasar o estabelecimento de metas de qualidade, que na maioria dos casos estão atreladas ao conhecimento histórico do comportamento do corpo d'água frente aos seus usos atuais.

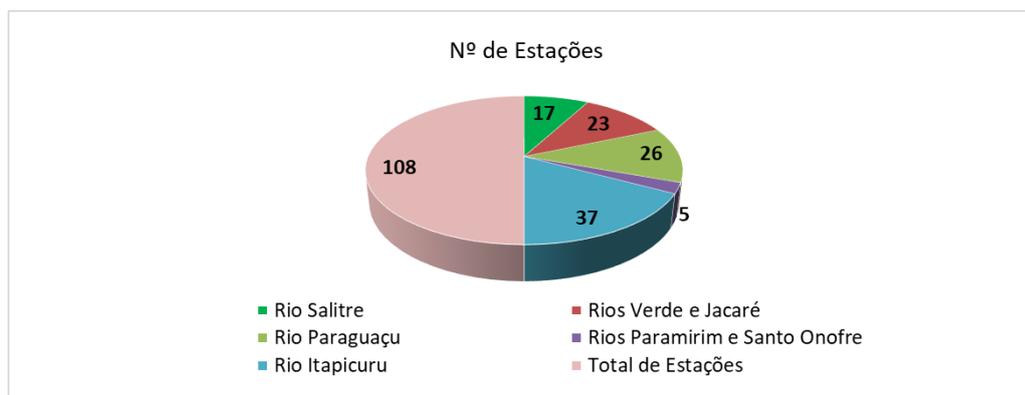
Frente a essas oportunidades o INEMA, preliminarmente, vem desenvolvendo estudos que vão servir para subsidiar a elaboração dos novos planos de bacias e respectivos enquadramentos, quando autorizados. Nesse aspecto cabe destacar a elaboração de 2 (dois) Planos de Ações Estratégicas (PAE)³ que vão subsidiar a elaboração do Plano de Recursos Hídricos (PRH) ou Plano de Bacia do Recôncavo Norte e Inhambupe e da Bacia Hidrográfica do Rio Paraguaçu (BHP), ambas de grande importância para o estado. A primeira, objeto de estudo da presente pesquisa, contempla a maior reserva de água subterrânea, considerada de melhor qualidade, e, na segunda concentra-se os principais mananciais superficiais que atendem o município de Salvador e sua Região Metropolitana.

² Resolução CONERH nº 81, 25/8/2011 (BAHIA, 2011); Rio Capivara Pequena (Portaria INEMA nº 16.249/2018); Rio Sem Nome (Portaria INEMA nº 20.386/2020); Rio Trobogy (Portaria INEMA nº 21.380/2020)

³ <http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/estudos-diversos/>

Quando se trata do enquadramento das águas subterrâneas, a Bahia, assim como os demais estados brasileiros, ainda não avançou na implantação desse instrumento. Entretanto, pode-se considerar que o Estado, a partir da implantação de uma Rede de Monitoramento Hidrogeológico, constando atualmente de 108 estações, distribuídas em 5 bacias hidrográficas (Figura 4), já vem atendendo a Política Estadual no que diz respeito à promoção da avaliação qualitativa das águas subterrâneas (Art. VII, BAHIA, 2009).

Figura 4 – Rede de Monitoramento Hidrogeológico - Bahia



Fonte: Adaptado de SEIA (2023)

Como se trata de monitoramento recente (5 anos) e com pouquíssimas variáveis (condutividade, nível estático e temperatura), para compor um *background* representativo, cabe a ampliação dessa Rede, em nível temporal e espacial, e, por conseguinte, vira contribuir para o avanço dos estudos dos aquíferos, que são a unidade base para o enquadramento.

Além disso, no âmbito da elaboração dos Planos de Bacias, são iniciados os estudos das águas subterrâneas, constando de diagnóstico e prognóstico, bem como simulação de cenários de disponibilidade hídrica, diante da condição atual das potencialidades e usos dessas águas, que já despontam com intenso atendimento de abastecimento humano nas principais bacias hidrográficas, conforme pode ser verificado nos Planos já elaborados e disponíveis para consulta.

3.2.2 Programa para Efetivação do Enquadramento dos Corpos d'Água Superficiais e Subterrâneos da RPGA Recôncavo Norte e Inhambupe.

No PAE (Bahia, 2018a), base importante de conhecimento para elaboração futura do programa de efetivação do enquadramento, que abrange as bacias do presente estudo, foram propostas diretrizes e ações estratégicas para construção da governança sustentável dos recursos hídricos na RPGA do Recôncavo Norte e Inhambupe (ANEXO 1). Dessas estratégias desponta a **estratégia I**: Implementar, Aperfeiçoar e Integrar os Instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos para Atender as Demandas da RPGA, a qual originou a proposição de programas e subprogramas, tendo destaque para o presente estudo 2 subprogramas, descritos no Quadro 2:

Quadro 2 – Proposição dos Subprogramas I.1.2 e I.1.4 - PAE - 2018

SUBPROGRAMA	ATIVIDADE / DESCRIÇÃO
I.1.2 - Elaboração do Programa para Efetivação do Enquadramento dos Corpos d'Água Superficiais da RPGA Recôncavo Norte e Inhambupe	Aprimoramento do conhecimento sobre os usos das águas
	Aprimoramento do conhecimento sobre a quantidade e a qualidade das águas
	Organização da base de informações
	Modelagem de Cargas
	Elaboração da Proposta de Enquadramento dos corpos d'água superficiais
	Elaboração do Programa para Efetivação do Enquadramento dos Corpos d'Água Superficiais da RPGA Recôncavo Norte e Inhambupe
	Implementação do Programa para Efetivação do Enquadramento dos Corpos d'Água Superficiais da RPGA Recôncavo Norte e Inhambupe
I.1.4 – Implementação do monitoramento e do enquadramento das águas subterrâneas da RPGA	Cadastramento das captações subterrâneas
	Implementação do monitoramento qualitativo e quantitativo das águas subterrâneas
	Caracterização hidrogeológica e hidrogeoquímica dos aquíferos
	Caracterização do uso e ocupação do solo
	Caracterização da vulnerabilidade e do risco de contaminação
	Elaboração da Proposta de Enquadramento dos corpos d'água subterrâneo

Fonte: Adaptado de Bahia (2018a)

O subprograma I.1.2, com 7 Atividades, envolve o estabelecimento de procedimentos para que, em um futuro próximo (curto prazo) se estabeleça uma proposta de enquadramento para os corpos d'água superficiais da RPGA.

O subprograma I.1.4, com 6 Atividades, envolve um conjunto de estudos e ações que objetivam, no horizonte de médio a longo prazo, ampliar o conhecimento sobre os mananciais subterrâneos da RPGA de forma que possibilite a elaboração de uma proposta e a efetiva implementação de Enquadramento em regiões da bacia onde estes mananciais apresentem risco de comprometimento em termos de vazão e qualidade.

A maioria das atividades elencadas nos dois subprogramas se transformaram no âmbito do PAE, em indicadores para monitorar a efetividade das medidas a serem implantadas.

3.3 CARACTERÍSTICAS DE ZONAS DE RECARGA E DESCARGA

De acordo com Lima & Castro (2023), um aquífero apresenta uma reserva permanente e uma reserva reguladora de água, que dependem do processo de infiltração, por meio de chuva, para serem abastecidas, bem como podem ter contribuição das próprias fontes subterrâneas. A área por onde ocorre o abastecimento do aquífero é chamada zona de recarga, que pode ser direta ou indireta.

Recarga é volume de água por unidade de superfície que contribui anualmente com a reposição do aquífero. A recarga resulta primariamente da fração de precipitação que não evapora ou escorre superficialmente, constituindo o principal mecanismo transportador de contaminantes (WST&Embasa, 2019).

O processo inverso, ou seja alimentação dos rios, se dá pela descarga das águas subterrâneas contribuindo para o escoamento das águas superficiais. Os pontos de descarga são considerados zona de descarga, que tanto ocorrem naturalmente (aquíferos livres), como jorrando por pressão de poços artesianos (LIMA & CASTRO, 2023).

Se considera ainda a existência de zonas de recarga e descarga, direta e indireta. Zona de recarga direta nos aquíferos livres, ocorrem nas áreas de superfície acima do lençol freático e nos aquíferos confinados, ocorre preferencialmente nos afloramentos que chegam à superfície (LIMA & CASTRO, 2023).

Já na zona de recarga indireta o aquífero recebe contribuição a partir do fluxo vertical oriundo das águas de superfície, além do próprio fluxo subterrâneo indireto, oriundo de áreas específicas onde se identificam sentidos do escoamento descendentes. (LIMA & CASTRO, 2023).

Na contribuição aos estudos hidrogeológicos, os estudos isotópicos trazem interpretações relevantes para a sustentabilidade dos recursos hídricos, nos quais a recarga, tempo de residência e taxas de renovação, são avaliados através das transformações físicas sofridas ao longo do ciclo hidrológico, sendo representados pelos elementos constituintes da água (Hidrogênio e Oxigênio). Assim, os estudos isotópicos podem auxiliar na análise de eventos climáticos, oriundos das precipitações, além de possibilitar as interpretações das relações com a recarga das águas subterrâneas (GASTMANS et al, 2021).

Na aplicação desses conceitos, importante destacar as interferências hidroclimáticas na zona de recarga, representada pela preservação e manutenção da drenagem natural dos rios e riachos, o que tornam essas zonas fontes importantes de informações para análise das influências das precipitações na recarga dos aquíferos.

No Art. 31, da Resolução CONAMA nº 396/2008, se considera que os estudos para enquadramento das águas subterrâneas deverão observar a interconexão hidráulica com as águas superficiais, visando compatibilizar as respectivas propostas de enquadramento. Uma das formas de interconexão é exatamente em áreas de recarga, que pode favorecer o aporte de águas salinizadas superficiais e consequente aumento da dissolução de sais na caracterização físico-química das águas subterrâneas.

3.4 BASES PARA DEFINIÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA

De acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), o estresse hídrico que já é amplamente discutido em âmbito mundial tem sido uma preocupação constante para a gestão dos recursos hídricos, uma vez que interfere diretamente na disponibilidade de água doce para os seus múltiplos usos, inclusive considerando a preservação dos ecossistemas, a segurança alimentar e a qualidade de vida humana

(IPEA, 2023). Verifica-se que as principais causas desse estresse estão relacionadas às atividades antrópicas e às mudanças climáticas. O IPEA em seu mais recente relatório sobre indicadores da Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico (OCDE) para mudança do clima, meio ambiente e biodiversidade, apresenta no capítulo 4, uma abordagem sobre indicadores de recursos hídricos, destacando: i) indicadores sobre captação de água doce, ii) indicadores sobre abastecimento público de água e iii) indicadores sobre tratamento de águas residuais (IPEA, 2023).

Na análise dos indicadores, o IPEA discorre que no Brasil a abundância de recursos hídricos é uma vantagem, mas requer gestão eficiente e sustentável. E sinaliza que “a agricultura desempenha um papel importante na economia, mas é fundamental equilibrar a demanda por água com a preservação dos ecossistemas e o acesso à água para outras atividades e a população em geral” (IPEA, 2023). Os principais desafios se relacionam à manutenção de disponibilidade hídrica frente ao crescimento econômico e populacional, mesmo considerando que o país tem avançado nos indicadores de tratamento de águas residuais, atualmente com 72,21% de sistemas conectados ao tratamento (IPEA, 2023).

Hanai (2021), destaca em seu estudo que os indicadores devem se configurar como instrumentos de atitudes preventivas, para que já se possa antecipar as necessidades futuras e ao mesmo tempo já induza às ações para melhorias dos aspectos socioambientais observados.

Tucci (2017), em seu estudo sobre indicadores de sustentabilidade hídrica urbana, afirma que os indicadores de saneamento não representam a realidade das condições sustentáveis dos sistemas hídricos, justamente pelo fato de darem enfoque a proporção de esgoto coletado e/ou tratado, mas pouco mencionam a meta final que é a qualidade da água dos corpos hídricos receptores.

Carneiro (2015), realizou um confronto dos indicadores relacionados ao uso e gestão da água com os critérios de sustentabilidade, trazendo uma abordagem integrada aos múltiplos usos da água para atividades humanas e o ambiente natural. Este autor, adequou a definição de seus indicadores à quatro pilares de sustentabilidade:

- Sustentabilidade Social: garantir o acesso à água em qualidade e quantidade necessária às necessidades humanas;
- Sustentabilidade Econômica: garantir o manejo e o uso eficiente da água promovendo o desenvolvimento urbano e rural;
- Sustentabilidade Ambiental: garantir a proteção adequada dos recursos naturais: solo, biota e água;
- Sustentabilidade institucional: para garantir uma estrutura institucional adequada e promover os princípios da Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (GIRH).

O que se verifica é que em termos de tomadas de decisão o uso de indicadores direcionam os gestores no atendimento das demandas para melhorias nos investimentos de infraestrutura hídrica e, para necessidade de um conhecimento e entendimento dos processos envolvidos, que venham possibilitar a implantação de práticas sustentáveis para promoção do aumento de disponibilidade de água doce para usos futuros.

Os indicadores não devem intervir apenas em questões tecnológicas de gestão, mas sim, abrangerem aspectos de cunho ambiental, social, econômico e institucional, os quais fazem parte de qualquer sistema amplo de tomadores de decisão quanto aos rumos para a sustentabilidade (Spangenberg, 2004 apud Carneiro et al, 2017).

Bossel (1999), autor com citações significativas em trabalhos de outros especialistas, trouxe em sua análise, a importância da definição de critérios de sustentabilidade que apoiem o desenvolvimento em níveis diferentes de organização social (local, municipal, estadual, regional, nacional e mundial), e enfatiza a inviabilidade da definição de indicadores que evidenciem todas as condições desejadas de acompanhamento, pois se tornam análises dispendiosas e demoradas. Contudo, o autor evidencia a necessidade de serem indicadores apropriados e essenciais para avaliar os progressos e as consequências das intervenções, e, que descrevam o estado dos sistemas e do ambiente.

Sobressai atualmente no mundo, a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), a qual propõe 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS),

dentre outras metas correspondentes e estabelecidas para serem implementadas no período de 2016 a 2030.

Dentre os objetivos, os chamados ODS 6, se referem a 8 metas (6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.a, 6.b) que visam “assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos”, sendo que “as metas são monitoradas por indicadores e os resultados de cada país e sua evolução histórica podem ser comparados, oferecendo um panorama global para o acompanhamento da Agenda pelas Nações Unidas em todo o mundo” (ANA, 2019).

Para este estudo cita-se o indicador ODS 6.5.1 - Grau de implementação da gestão integrada de recursos hídricos (ODS, 2023), com abordagem nacional, regional, bacias hidrográficas, local e transfronteiriço, distribuídas em 4 seções, cuja avaliação se deu de forma participativa, com respostas de diversos atores no país ligados aos recursos hídricos. Dentre as seções, as avaliações sobre “Ambiente propício à gestão integrada” e “Base institucional”, as pontuações foram 71%, para cada (ODS, 2023). Esse resultado corresponde ao período de 2010 a 2019, evidenciando que o indicador ODS 6.5.1 pode apresentar melhores resultados com um monitoramento frequente, estimulando ações mais efetivas pelos órgãos gestores de recursos hídricos.

No processo de acompanhamento da evolução dos países para alcançarem as metas da ODS 6, os indicadores para monitoramento são pautados no desenvolvimento sustentável com intuito de estabelecer um entendimento das contribuições sociais, econômicas e ambientais, abrangendo a formulação de políticas, regulamentações, planejamento e investimentos (ODS, 2023). Quanto mais eficaz o indicador se mostrar mais fácil é a garantia de distribuição dos recursos para atendimentos dos países (ONU, 2021).

Diante da representatividade apontada acima e por outros estudos disponibilizados em sites institucionais de pesquisas privados e públicos, e, inclusive, por órgãos de gestão pública quanto a aplicação de indicadores, o que se verifica é que tanto Bossel (1999), Carneiro (2015), Carneiro et al (2017), Tucci (2017), ANA (2019), ONU (2021), Hanai (2021), ODS (2023) e IPEA (2023), citam os pilares de sustentabilidade como base de seus estudos.

Considerando que o presente estudo possui duas matrizes (água superficial e água subterrânea) de análise, para confrontar os indicadores de sustentabilidade hídrica, no âmbito de bacias hidrográficas, identificou-se dentre os estudos já citados, que Carneiro (2015) se aproxima de uma visão específica sobre gestão de recursos hídricos, com inferências sobre a quantidade e qualidade das águas, facilitando a seleção de indicadores com foco em sustentabilidade hídrica.

O estudo de Carneiro (2015), utilizou um modelo chamado DPSIR em inglês, cuja sigla em português significa: Forças, Pressão, Estado, Impacto e Resposta (FPEIR). Esse modelo ou ferramenta categoriza os indicadores quanto a sua função de causa e efeito, mas, que também podem se correlacionar com um ou mais desses componentes da FPEIR, conforme as categorias apresentadas no Quadro 3 (CARNEIRO, 2015).

Quadro 3 – Classificação categorizada dos indicadores com foco na gestão dos recursos hídricos

CATEGORIA DA FPEIR	CLASSIFICAÇÃO CONFORME O WWAP-2006 (PROGRAMA DE AVALIAÇÃO MUNDIAL DA ÁGUA DAS NAÇÕES UNIDAS)
I - Indicadores de Forças Motoras	As tendências setoriais básicas, os fatores subjacentes e as causas profundas que afetam o desenvolvimento da sociedade, a economia e as condições ambientais.
II - Indicadores de Pressão	Atividades humanas que influenciam diretamente o abastecimento, quantidade ou qualidade dos recursos hídricos ou o uso da água; os agentes de estresse imediatos ou causas próximas.
III - Indicadores de Estado	Condições e tendências atuais; situação ou status do recurso ou do setor em relação à água no momento.
IV - Indicadores de Impacto	Os efeitos das mudanças nas condições relacionadas à água nos sistemas humanos e naturais; perdas físicas e econômicas devido à deterioração das condições da água; a consequência efetiva do estado alterado do recurso ou de seu uso.
V - Indicadores de Resposta	A reação, ou esforços da sociedade - em todos os níveis - para mudar as condições indesejáveis, para resolver os problemas que se desenvolveram ou para conter o estresse e os impactos impostos aos sistemas humanos; mecanismos de enfrentamento refletidos em mudanças nas políticas e instituições, práticas de produção ou comportamento humano.

Fonte: Adaptado de Carneiro (2015)

O FPEIR é um modelo padrão para definição de indicadores de sustentabilidade, proposto por pesquisadores canadenses em 1990 e adotado pela Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico (OCDE), com novas intervenções em sua estrutura, sendo já amplamente analisado e utilizado por vários autores (nacionais e internacionais); faz uma análise simultânea ao considerar os aspectos sociais,

econômicos e ambientais, nas causas de pressão (referentes às atividades humanas), com os impactos produzidos no estado das condições ambientais (HANAI, 2021).

Com vistas a aplicação do Modelo FPEIR, Bossel (1999) defende que o olhar sobre as múltiplas pressões e impactos deve ser de forma integrada, ou seja, não pensar de forma linear (efeito em função da causa) e sim aplicar o modelo conforme as transformações cíclicas ao qual o meio ambiente e os espaços urbanos estão sujeitos. Cabe então um aprimoramento desse modelo para uma realidade de mudanças sociais e tecnológicas, alinhado a capacidade de rever rapidamente o conjunto de indicadores em resposta a novos desafios (BOSSSEL, 1999).

Considerando outras análises, como o estudo de Carvalho, Garcez & Santiago (2020), o uso dessa ferramenta se concentrou nos indicadores de Pressão, Estado, Impacto e Resposta (PEIR), para dar suporte a avaliação ambiental de área urbana. Os autores construíram uma matriz com novos indicadores, chamada de Ciclo PEIR, correlacionando os dados do diagnóstico ambiental existente da área de estudo com os indicadores PEIR, levando em consideração os aspectos sociais, econômicos, ambientais e institucionais.

Carvalho, Garcez & Santiago (2020), agregaram previamente questões associadas às pressões nas dimensões social e econômica; as questões referentes ao estado e impacto, em sua maioria, os autores vincularam à dimensão ambiental; e as das respostas foram voltadas para a dimensão institucional.

Branchi (2022), desenvolveu uma discussão sobre avaliação da sustentabilidade de bacias hidrográficas, no qual o modelo PER (Pressão-Estudo-Resposta) foi utilizado como uma das ferramentas de análise para uma proposta de criação de índice de sustentabilidade e identificou que o modelo contribuiu na correlação do índice com às dimensões do desenvolvimento sustentável. Nessa aplicação do modelo PER a autora orienta na seleção de indicadores de Pressão como àqueles que descrevem a influência da ação antrópica no meio ambiente, sendo que essas ações alteram a qualidade e quantidade de recursos naturais, que podem ser avaliadas pelos indicadores de Estado, mas por conta disso, geram reações, representados pelos indicadores de Resposta, que mostram a redução dos efeitos das ações humanas (BRANCHI, 2022).

Costa et al (2017), desenvolveu um estudo no município de Juazeiro do Norte, Ceará, no qual realizou a avaliação do desempenho na gestão dos recursos hídricos em áreas urbanas a partir da construção de indicadores de sustentabilidade hídrica. O modelo aplicado foi o PER (Pressão-Estado-Resposta), e os autores assumiram que os resultados foram fidedignos à realidade do município, uma vez que, ao confrontar os indicadores com o conceito de sustentabilidade hídrica deixou em evidência a baixa sustentabilidade hídrica do município, e sua fragilidade quanto as questões relacionadas ao saneamento ambiental. Em vista disso, os autores consideraram o modelo PER e os indicadores construídos, ferramentas confiáveis para diagnosticar a sustentabilidade hídrica de um município e apoiar a tomada de decisão na gestão de recursos hídricos (COSTA et al, 2017).

Bossel (1999) e Carvalho, Garcez & Santiago (2020), ratificam a importância do uso desse Modelo de sustentabilidade para aprimoramento na definição de indicadores.

Para consolidar a escolha de indicadores quanto à correlação com os recursos hídricos, Carneiro (2015) estabeleceu uma análise de significância distribuindo os quatro pilares de sustentabilidade em uma escala numérica de classificação:

0: não significativo; **7:** significativo; **10:** altamente significativo

Essa escala de classificação está associada a componentes estabelecidos para a gestão integrada dos recursos hídricos quanto a garantia da oferta hídrica, em quantidade e qualidade, conforme distribuídos no Quadro 4, cuja atribuição dos níveis de significância se relaciona a cada pilar de sustentabilidade.

Quadro 4 – Níveis e escala de classificação dos pilares de sustentabilidade para a gestão dos recursos hídricos

PILARES DE SUSTENTABILIDADE	NÃO SIGNIFICATIVO (NOTA 0)	SIGNIFICATIVO (NOTA 7)	ALTAMENTE SIGNIFICATIVO (NOTA 10)
Social	Nenhum componente social, econômico, ambiental ou	Inclui componentes sociais que contribuem para melhorar o acesso à água de qualidade e a quantidade necessária para as necessidades humanas	Garante o acesso à água de qualidade e na quantidade necessária para as necessidades humanas

PILARES DE SUSTENTABILIDADE	NÃO SIGNIFICATIVO (NOTA 0)	SIGNIFICATIVO (NOTA 7)	ALTAMENTE SIGNIFICATIVO (NOTA 10)
Econômico	institucional significativo incluído	Inclui componentes econômicos que contribuem para o uso eficiente da água, promovendo o desenvolvimento urbano e rural	Garante eficiência da gestão e uso da água, promovendo o desenvolvimento urbano e rural
Ambiental		Inclui componentes do meio ambiente que contribuem para a proteção dos recursos naturais (solo, biota e água)	Garante a proteção adequada dos recursos naturais (solo, biota e água), principalmente as nascentes e lençóis freáticos
Institucional		Inclui componentes institucionais que contribuem para a promoção dos princípios da GIRH	Assegura a estrutura institucional apropriada para promover os princípios da GIRH

Fonte: Adaptado de Carneiro, 2015

Essa escala permite que cada indicador selecionado possa receber uma classificação de sua significância quanto ao seu nível de conformidade com os pilares sociais, econômicos, ambientais e institucionais (Wimmer & Dominick, 2010 apud Carneiro, 2015).

Em Carneiro et al (2017) houve mais uma análise integrada para consolidação de indicadores, sendo que os autores, a partir de uma vasta análise de literatura especializada consideraram que indicadores relevantes sejam àqueles que abordem aspectos ao uso, à qualidade e gestão da água, ampliando inclusive para uma visão sistêmica de análise, conforme relacionados a seguir:

- i. **Indicadores que medem o uso consuntivo da água:** indicadores associados aos usos extrativos que alteram a quantidade de água e estão principalmente ligados a três setores: agricultura, usos industriais e domésticos;
- ii. **Indicadores de uso não consuntivo da água:** indicadores relacionados a práticas não extrativistas como recreação, transporte, geração de energia, despejos de resíduos (poluição) e usos religiosos e culturais;
- iii. **Indicadores relacionados com o papel ambiental dos recursos hídricos** (por exemplo, conservação da vida aquática, biodiversidade e preservação das margens dos rios), qualidade da água e conservação dos recursos naturais;

- iv. **Indicadores relacionados com a governança da água** (por exemplo, legislação, capacitação institucional, participação dos usuários, educação ambiental, produção e gestão de conhecimento, economia da água, hábitos de uso da água, etc.);
- v. **Indicadores hidrológicos** (ex. precipitação, evapotranspiração, vazão, umidade do solo, estado hidrológico, etc.) que são considerados essenciais ao planejamento, operação e eficiência do uso da água.

Estes 5 critérios, associados aos indicadores possuem abrangência física, ambiental, social e econômica, de interesse para este estudo, principalmente na abordagem dos aspectos referentes a qualidade da água, que se destacam no critério “Indicadores relacionados com o papel ambiental dos recursos hídricos”

Verificou-se que os estudos de definição de indicadores são importantes para dar veracidade aos relatórios de gestão, tanto a nível nacional como global. Um exemplo é a análise de Bertule et al (2018), sobre o monitoramento do indicador 6.5.1 dos ODS referente a implementação da gestão integrada dos recursos hídricos a nível global. Estes autores verificaram que este indicador tem uma boa resposta para identificação de áreas de baixa ou alta implementação da GIRH, servindo como base para tomada de decisão quanto às prioridades de gestão nacionais.

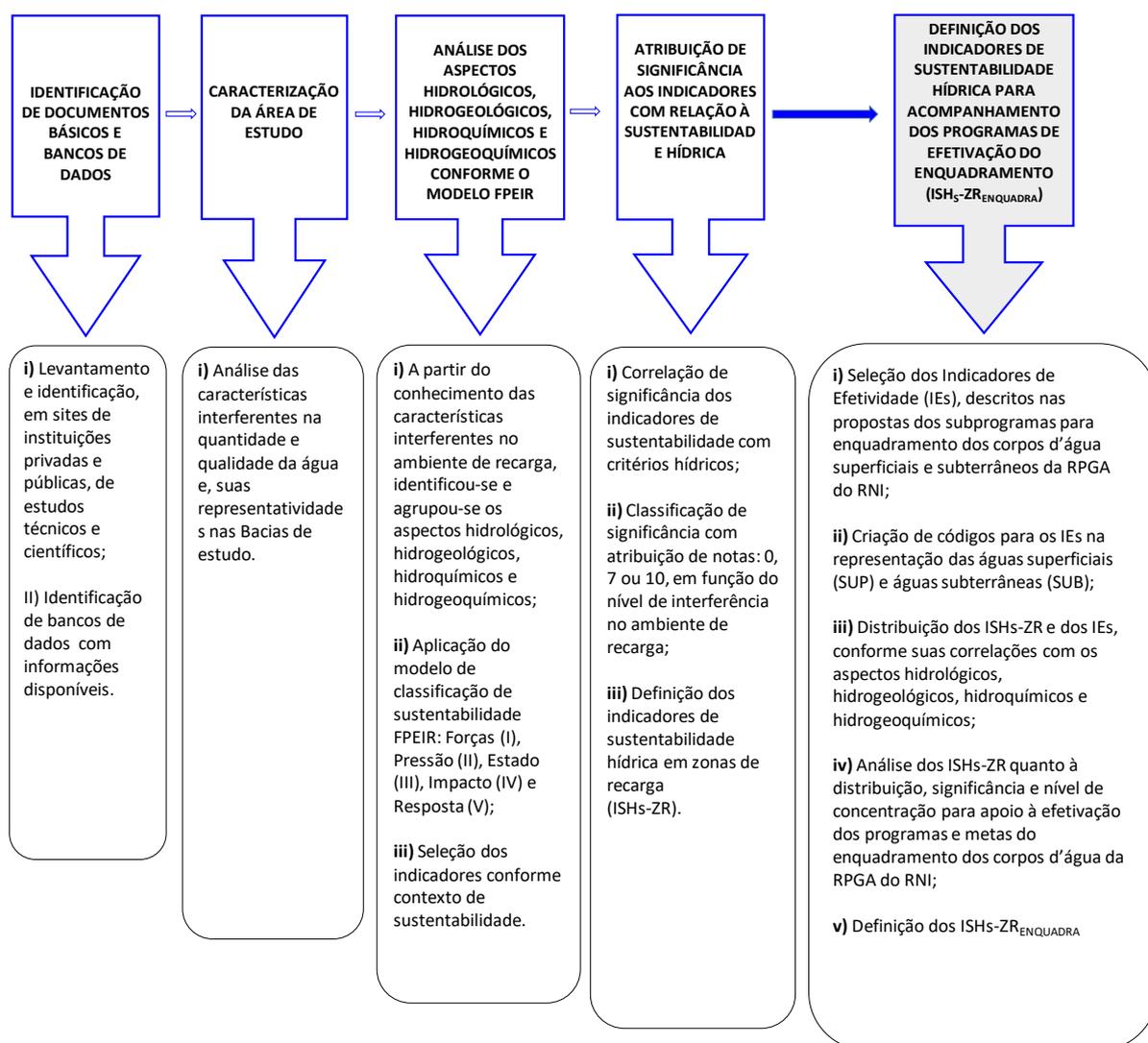
Rosa (2019), em uma análise mais ampla sobre indicadores, que é o atendimento a segurança hídrica, tendo como alvo a Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, discorre que cada avaliação de segurança de água deve descrever quais as dimensões incluídas, considerando os critérios de escolha, com preferência à indicadores que retratem a realidade local e, portanto, se tornam facilmente mensuráveis.

Portanto, cabe ao especialista, no processo de confecção do indicador, estabelecer critérios que atendam aos objetivos do que se deseja monitorar, tendo como base, no mínimo, aspectos que se mostrem possíveis de serem integrados a uma dimensão mais ampla, e, ao mesmo tempo, que apontem características locais e regionais. No caso em estudo, regiões com evidências antrópicas de uso e ocupação do solo, intensivas.

4 MATERIAIS E MÉTODO

A pesquisa teve caráter exploratório, qualitativo e quantitativo, a qual culminou em uma proposta metodológica de indicadores de sustentabilidade hídrica. O levantamento das informações abrangeu pesquisas técnico-científicas em artigos, livros, periódicos, relatórios e banco de dados, além das consultas nas legislações ambientais e de recursos hídricos pertinentes. Os procedimentos (Figura 5), materiais identificados e materiais utilizados para a pesquisa e elaboração da dissertação estão descritos a seguir.

Figura 5 - Procedimentos para seleção e definição dos indicadores de sustentabilidade hídrica



Fonte: elaboração própria

4.1 IDENTIFICAÇÃO DE DOCUMENTOS BÁSICOS

Através do levantamento e identificação, em sites de instituições privadas e públicas, de estudos técnicos e científicos, obteve-se importantes documentos distribuídos entre artigos, livros, periódicos, relatórios e banco de dados, conforme citados ao longo do presente trabalho, e que também contribuíram para a caracterização da área de estudo.

Os documentos identificados foram analisados para agregar e fortalecer os conhecimentos sobre o tema da pesquisa e respectiva área de estudo (WST & Embasa, 2019; BAHIA, 2018a; OLIVEIRA, 2018; SANTOS & OLIVEIRA, 2013; IBGE, 1999), bem como pode-se extrair as informações sobre os instrumentos de regulação e gestão para o processo de enquadramento, inclusive com foco na gestão integrada (BAHIA, 2018b; BRASIL, 2008a; BRASIL, 2008b; BRASIL, 2005; BRASIL, 1997); conhecimento dos estudos existentes para dar suporte à definição de indicadores de sustentabilidade (IPEA, 2023; ODS, 2023; HANAI, 2021; CARVALHO, GARCEZ & SANTIAGO, 2020; ROSA, 2019; BERTULE et al, 2018; TUCCI, 2017; CARNEIRO et al, 2017; COSTA et al, 2017; CARNEIRO, 2015; BOSSEL, 1999); embasamento para atribuir significância aos indicadores de sustentabilidade hídrica quanto à gestão integrada de recursos hídricos (CARNEIRO et al, 2017; CARNEIRO, 2015).

Realizou-se uma análise qualitativa das informações obtidas para compor a proposta de indicadores, constando de análises comparativas de dados.

4.2 PESQUISA EM BANCO DE DADOS

Os bancos de dados identificados com informações disponíveis foram consultados para verificar atualização e consolidação dos dados conforme sinalizados nos relatórios técnicos, bem como para subsidiar a proposta de indicadores de qualidade e quantidade de água.

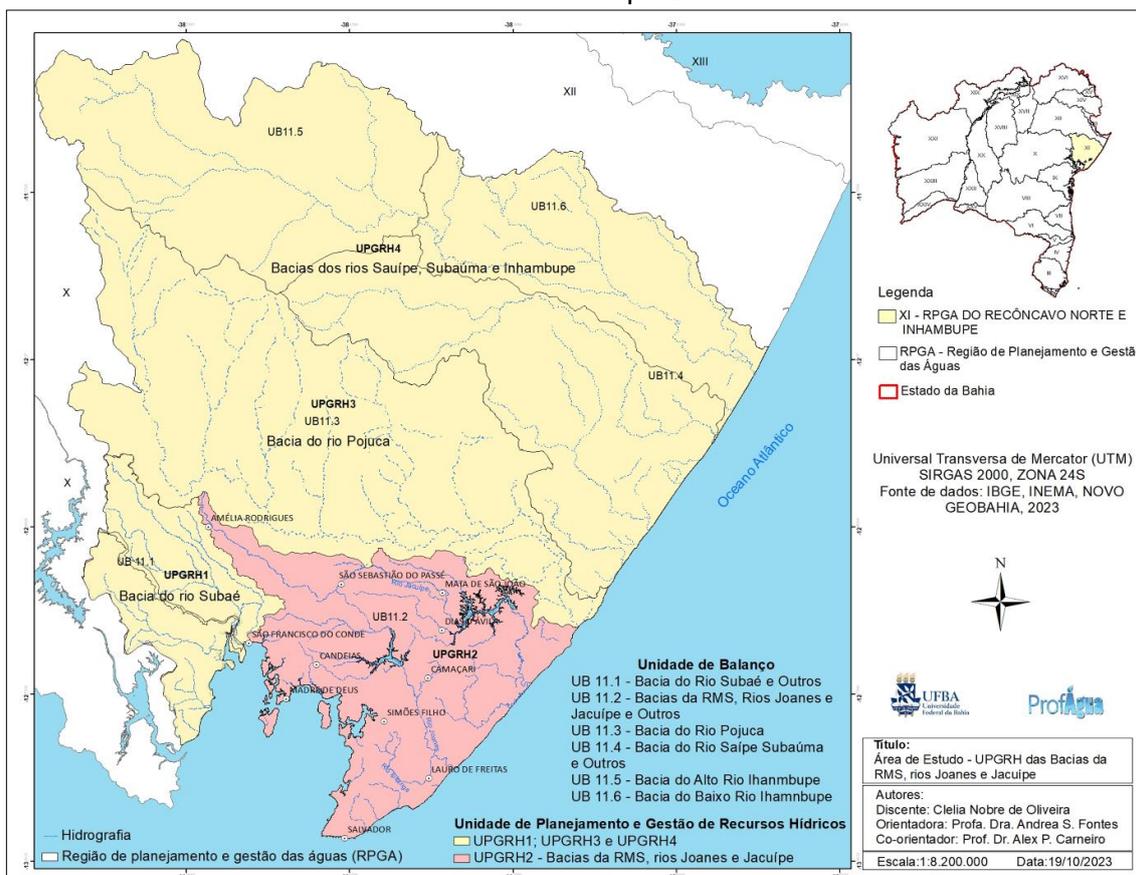
- Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos-SNIRH/ANA (<https://www.snirh.gov.br/>)
- Sistema de Informações Hidrológicas-HidroWeb/ANA (<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/>)

- Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS/CPRM (<https://siagasweb.sgb.gov.br/layout/>)
- Sistema Estadual de Informações Ambientais e de Recursos Hídricos-SEIA Monitoramento/INEMA (<http://monitoramento.seia.ba.gov.br/>)
- Geobahia/INEMA (<http://mapa.geobahia.ba.gov.br/>)

4.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Figura 6, mostra o mapa da localização da área de estudo quanto à sua inserção regional, como integrante de uma Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos, UPGRH2 - Bacias da RMS, rios Joanes e Jacuípe e quanto à sua integração nos estudos de Balanço Hídrico, UB 11.2, os quais consistem no processo de subdivisão da RPGA do Recôncavo Norte e Inhambupe para fins de análise e planejamento.

Figura 6 – UPGRH 2 - Bacias da RMS, rios Joanes e Jacuípe na RPGA do Recôncavo Norte e Inhambupe-Bahia



Fonte: elaboração própria

O mapa temático foi elaborado com base em técnicas de geoprocessamento, aliado ao uso do software ARCGIS 10.8. Este Sistema de Informação Geográfica facilitou a sobreposição das bases cartográficas, no formato “shapefile” disponibilizados pelo Geobahia/INEMA e que originou na Figura 6.

O enfoque da caracterização da área aborda os aspectos físicos, ambientais e econômicos, descritos a seguir, e foram basicamente extraídos de Bahia (2018a), Bahia (2018c) e WST & Embasa (2019).

4.3.1 Características do ambiente de recarga interferentes na qualidade e quantidade da água

A RPGA é formada por um conjunto de bacias hidrográficas independentes: bacias dos rios Sauípe e Subaúma; do rio Pojuca; do rio Jacuípe; dos rios Joanes e seu principal afluente, Ipitanga; das Bacias Urbanas de Salvador, integradas pelos rios Jaguaribe, rio das Pedras e seu afluente rio Pituaçu, Camurugipe, Lucaia, das Tripas e Cobre, dentre outros; das bacias da Baía de Todos os Santos, integradas pelos rios Paraguari, Aratu, São Paulo, Mataripe e Paramirim; da Bacia do Rio Subaé e, finalmente, da Bacia do rio Açú.

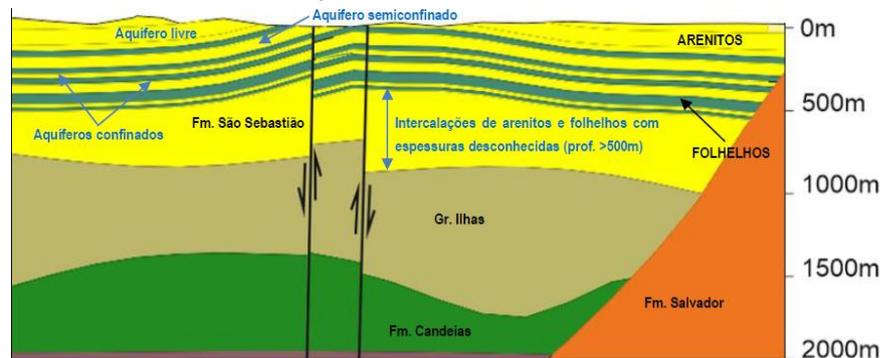
Quanto a outros aspectos físicos, predomina o clima úmido e a precipitação anual varia entre 1.000 mm, na nascente do rio Joanes, e 2.000 mm na cidade do Salvador. Na identificação dos aspectos geológicos, verificou-se predominância de rochas do Embasamento Cristalino, que afloram na borda leste, desde a cidade de Salvador até o limite norte na divisa com a bacia do rio Pojuca. A disponibilidade hídrica tem interferência de várias barragens, onde se destacam aquelas que pertencem ao Sistema Integrado de Abastecimento de Água da RMS (Joanes I, Joanes II, Ipitanga I, Ipitanga II e Santa Helena). Além disso, essas Barragens recebem água transferida da barragem Pedra do Cavalo. A área dessas bacias está bastante antropizada, uma vez que concentra a área urbana da RMS, indústrias e, atividades agrícolas, nas zonas rurais.

As áreas com menor desenvolvimento econômico na região da RPGA são concentradas a oeste, com predominância de atividades agropecuárias nas bacias

dos rios Pojuca, Sauipe, Subaúma e Inhambupe, sendo, em contrapartida, aquelas nas quais ainda se observam os principais remanescentes de ecossistemas nativos.

Os sistemas aquíferos encontrados na Bacia Sedimentar do Recôncavo Norte são formados por uma porção livre e outra confinada. As unidades semiconfinadas encontram-se nas porções de arenitos contidos na parte inferior da formação São Sebastião (Figura 7).

Figura 7 – Seção esquemática: condições de confinamento das camadas de arenito no Aquífero São Sebastião



Fonte: WST & Embasa (2019)

A seção esquemática, evidencia a intercalação de camadas de arenitos porosos, que correspondem ao aquífero propriamente dito, separadas fisicamente por múltiplas camadas de folhelhos, o que contribui para as condições de aquíferos livres, semiconfinados ou confinados.

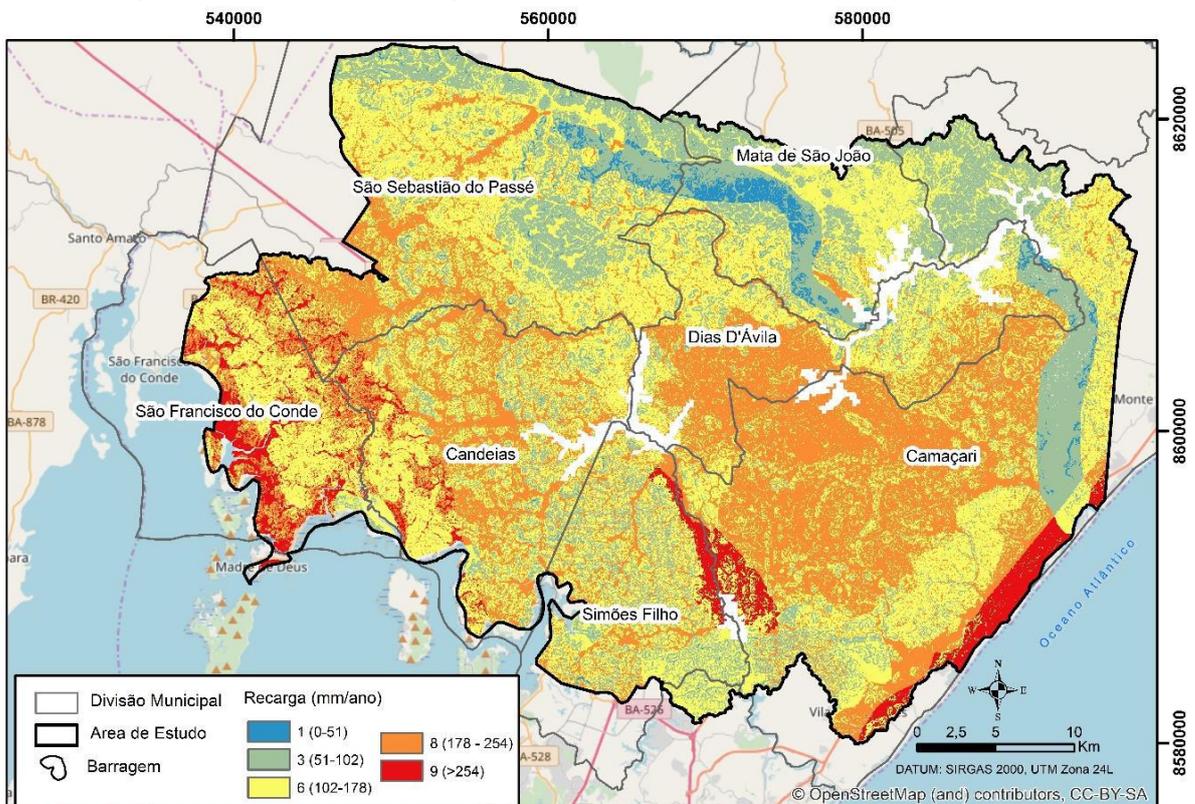
Lima (1999) apud Alves (2015) define em seu estudo que o componente livre, representada pelo membro superior da Formação São Sebastião (o Membro Rio Joanes), é um reservatório de armazenamento limitado, e portanto de grande influência sobre a recarga do sistema semiconfinado.

WST&Embasa (2019), destacam os aquíferos Barreiras e Marizal como importantes afloramentos descontínuos, sobrepostos sobre a Formação São Sebastião, com camadas sobrepostas com variações de 60 a 90m e de 20 a 100m, respectivamente. São aquíferos livres, sendo que o Marizal “constitui uma importante zona de recarga, uma vez que as águas das chuvas se infiltram-rapidamente, alimentando os aquíferos subjacentes”. Atualmente esses aquíferos atendem 42,5% das demandas das empresas do PIC.

Do ponto de vista hidráulico o aquífero Marizal é freático, com maior porosidade, devido à predominância de arenitos, principalmente na região de Camaçari. A infiltração é a principal fonte de recarga das águas subterrâneas nessa região, sendo as áreas de recarga situadas junto aos altos topográficos, e, as de descargas, junto aos córregos, rios, drenos e áreas alagadas (WST&Embasa, 2019).

No período de 2018-2019, foi realizado pela Embasa, em parceria com o Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA) e a Agência Brasileira de Cooperação (ABC) (WST & Embasa, 2019), um estudo de análise hidrogeológica na porção leste da Bacia do Recôncavo Norte e Inhambupe, visando subsidiar a avaliação de alternativas para o aproveitamento de aquíferos na Bacia para o abastecimento público de água. Deste estudo obteve-se importantes contribuições, como uma análise hidrogeológica mais atualizada, análise para identificação das zonas de recarga (Figura 8), e a análise quanto à vulnerabilidade à contaminação no ambiente de recarga (Figura 9).

Figura 8 – Zonas de recarga – Bacias dos rios Joanes e Jacuípe, Bahia



Fonte: WST & Embasa (2019)

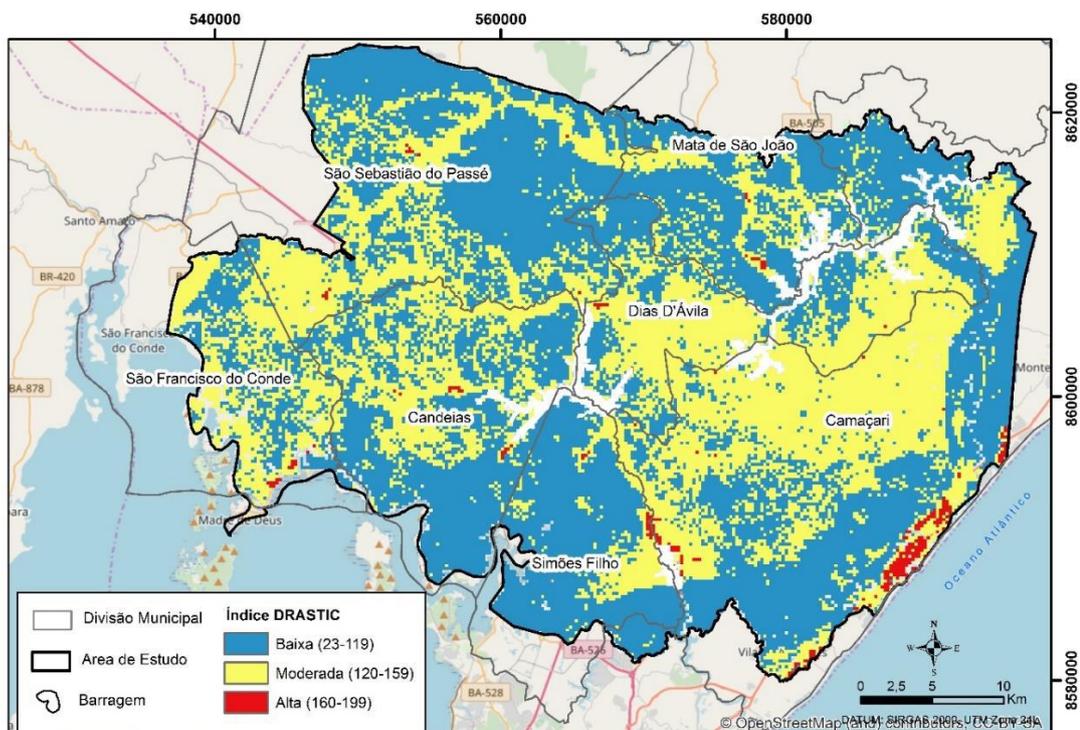
As zonas que variam das cores amarelo ao vermelho são as que apresentam maiores taxas de recarga, que variam de 102 a valores acima de 254 mm/ano. As zonas com maiores taxas são as zonas no qual o fluxo do escoamento dos aquíferos livres e confinados possuem sentido de noroeste para sudeste, em direção ao Oceano Atlântico.

Conforme já mencionado, a recarga originada da precipitação direta nas zonas das bacias do Joanes e Jacuípe é o principal fluxo de entrada de água nos aquíferos que se destacam no ambiente.

Na análise de vulnerabilidade sob o ponto de vista do fluxo nos aquíferos, WST&Embasa (2019) ressaltam que nos períodos de maior intensidade pluviométrica, pode ocorrer também a recarga por contribuição da rede de drenagem superficial, além das contribuições indiretas, entre aquíferos.

Na Figura 9, está especializada as áreas consideradas vulneráveis sob o ponto de vista de risco de contaminação do aquífero, inclusive nas zonas de recarga da Bacia.

Figura 9 – Áreas de recargas delimitadas no Mapa de vulnerabilidade intrínseca dos aquíferos em área das Bacias Joanes e Jacuípe



Fonte: WST & Embasa (2019)

O mapeamento, com uso do índice DRASTIC⁴ (SANTOS et al, 2004), usualmente utilizado em análises hidrogeológicas, mostra faixas de valores para representar a significância do risco, evidenciando que:

- As áreas com elevado índice de vulnerabilidade na área de estudo (160-199) estão mais concentradas nas regiões com altas taxas de recarga, relevo pouco acidentado e onde afloram sedimentos mais arenosos, se distribuindo também ao longo de alguns rios próximos à linha de costa;
- Ao longo dos rios Joanes e Jacuípe se identifica uma condição de vulnerabilidade moderada (120-159);
- As áreas de baixa vulnerabilidade tem maior predominância na região e estão associadas em áreas que apresentam baixos índices de infiltração, aliada a maior profundidade do lençol freático.

Cabe reforçar que a caracterização apresentada foi oriunda dos estudos para elaboração do Plano de Ações Estratégicas (PAE) para Gerenciamento dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Recôncavo Norte e Inhambupe (BAHIA, 2018a), sob responsabilidade do INEMA. O referido documento cita que os dados passaram por análise crítica referente as 12 temáticas pré-definidas que envolveram: i) regionalização, uso e ocupação do solo; ii) caracterização física e biótica; iii) caracterização socioeconômica e demográfica; iv) saneamento ambiental; v) águas superficiais; vi) águas subterrâneas; vii) qualidade das águas; viii) usos e demandas hídricas; ix) balanço hídrico; x) estrutura institucional, legal, parcerias público-privadas e atores estratégicos; xi) análise da situação atual dos instrumentos de gestão; xii) situação e estudo de potencial de cobrança.

No processo de sintetização dos dados, obteve-se uma seleção de características consideradas preponderantes, com abrangência física, ambiental, social e econômica, que interagem com os critérios de preservação da qualidade e quantidade dos corpos d'água em estudo, destacando peculiaridades do clima, geologia, hidrogeologia, disponibilidade superficial e subterrânea, cobertura vegetal, população, uso e ocupação do solo e saneamento básico (Quadro 5).

⁴ D: Profundidade do Lençol Freático; R: Recarga do Aquífero; A: Material do Aquífero; S: Tipo de Solo; T: Topografia; I: Influência da Zona Vadosa; C: Condutividade Hidráulica do Aquífero.

Quadro 5 – Características física, ambiental, social e econômica – ambiente de recarga – Bacias Joanes e Jacuípe

Aspectos	CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE DE RECARGA
Físico	<p>Clima Úmido;</p> <p>Altas precipitações, com variação de 1.000 a 2.000 mm/ano;</p> <p>Presença do Sistema Aquífero Marizal São Sebastião (unidades Formação Marizal e Grupo Barreiras), formado por um aquífero raso, livre, seguido em profundidade por uma sequência de aquíferos semiconfinados e confinados;</p> <p>Tanto o aquífero livre quanto os demais aquíferos (até profundidades da ordem de 450m) são interceptados por dezenas a centenas de poços tubulares;</p> <p>Facilidade de infiltração no aquífero Marizal, pois tem maior porosidade, devido à predominância de arenitos, principalmente na região de Camaçari;</p> <p>A disponibilidade hídrica sofre interferência de várias barragens (Joanes I, Joanes II, Ipitanga I, Ipitanga II e Santa Helena). Recebe transferência de água de outra bacia (Barragem de Pedra do Cavalo).</p>
Ambiental	<p>Identificação de vulnerabilidade à contaminação moderada (120-159), ao longo dos rios Joanes e Jacuípe, com alguns trechos de alta vulnerabilidade nos pontos de taxa de recarga elevada;</p> <p>Com poucos ambientes naturais conservados, a Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) possui apenas 18% de cobertura vegetal nativa remanescente, predominando mata atlântica em estágio inicial de regeneração e cerrado;</p> <p>Cerca de 30% da UPGRH encontra-se protegido por Unidades de Conservação, especialmente nas regiões litorâneas. Ao se considerar Unidades de Conservação de Proteção Integral, verifica-se que está representatividade cai para 0,1%.</p>
Social	<p>Alta densidade demográfica, com taxa de urbanização de 98,6% e densidade da população de 1.160,8 hab/km²;</p> <p>Grande concentração dos Índices de Desenvolvimento Humano (IDH);</p> <p>Classificação de médio a alto IDH;</p> <p>Índice de cobertura dos sistemas de abastecimento de água: 92%;</p> <p>Índice de atendimento de esgoto de 92%;</p> <p>Índice de coleta de resíduos sólidos de 95,96% (apesar do alto índice, o quantitativo de resíduo não coletado visualizado <i>in-loco</i> é muito significativo).</p>
Econômico	<p>Uso do solo predominante: urbanização, indústria e agricultura;</p> <p>Em 48,9% do território da UPGRH preponderam atividades agropecuárias.</p>

Fonte: Adaptado de Bahia (2018c)

Das características identificadas ressalta-se o uso do manancial subterrâneo de forma intensiva, por meio de poços tubulares profundos instalados nos aquíferos São Sebastião e Marizal, especialmente para uso industrial das áreas do Centro Industrial de Aratu (CIA) e Polo Industrial de Camaçari (PIC). Bem como para atender ao suprimento do abastecimento humano de cidades como Camaçari, Dias D'Ávila, Catu, Mata de São João e abastecimento de comunidades e dos condomínios do litoral norte de Salvador, além do crescente uso na indústria de águas minerais, refrigerantes e cervejas (Bahia, 2017a).

De acordo com Azevedo & Leão (2003), as próprias características físico-químicas do aquífero São Sebastião, naturalmente classifica a água como mineral, o que favorece sua exploração para atendimento comercial.

Na avaliação da qualidade das águas para atendimento à indústria, Alves (2015), verificou que os principais parâmetros que evidenciaram inconformidade ao uso na região foram o ferro, pH, alcalinidade, cloreto, cálcio, quando confrontados com os padrões da Portaria de Potabilidade do Ministério da Saúde vigente (Brasil, 2011) e com a Resolução CONAMA nº 396/2008. Mas, salienta que as técnicas atuais de tratamento de água, na maioria das vezes, já adequam as águas de diferentes composições para qualquer uso industrial.

4.4 ANÁLISE DOS ASPECTOS HIDROLÓGICOS, HIDROGEOLÓGICOS, HIDROQUÍMICOS E HIDROGEOQUÍMICOS NA ÁREA DE ESTUDO CONFORME O MODELO FPEIR

A partir da caracterização da área de estudo, foi realizada um agrupamento e consolidação dos dados do Quadro 5 (item 4.3.1 - Características física, ambiental, social e econômica – ambiente de recarga – Bacias Joanes e Jacuípe), identificando-se para o presente estudo, os aspectos hidrológicos, hidrogeológicos, hidroquímicos e hidrogeoquímicos, chamados aqui de **4H**, e identificando suas representatividades para as Bacias do Joanes e Jacuípe.

Em seguida fez-se a comparação com o contexto social, econômico e ambiental, tendo como base os estudos científicos citados no item 3.4, a exemplo de Carneiro (2015) e Carneiro et al (2017), referencias adotadas para aplicação da classificação

de sustentabilidade denominada FPEIR: Forças (I), Pressão (II), Estado (III), Impacto (IV) e Resposta (V). Os referidos autores citam que é uma ferramenta consolidada, que já passou por análises de especialistas no tema.

A análise dos aspectos foi reforçada pelo histórico de dados pesquisados, a exemplo de Oliveira (2018), Alves (2015) e Almeida (2012), que comprovam a distribuição temporal de contaminantes de origem urbana e industrial na água, bem como evidências do seu comportamento em águas subterrâneas, e, em áreas de recarga das bacias hidrográficas do rio Joanes e Jacuípe.

Dos aspectos analisados, aqueles que evidenciaram possuir correlação com o contexto de sustentabilidade (social, econômico e ambiental), e que representaram as condições dos recursos hídricos na área de estudo, com vistas à gestão integrada (ODS 6.5.1), foram selecionados preliminarmente como indicadores de sustentabilidade no presente trabalho.

4.5 ATRIBUIÇÃO DE SIGNIFICÂNCIA AOS INDICADORES COM RELAÇÃO À SUSTENTABILIDADE HÍDRICA

Para dar maior segurança na escolha dos indicadores de sustentabilidade hídrica, os aspectos hidrológicos, hidrogeológicos, hidroquímicos e hidrogeoquímicos foram confrontados com os 5 critérios hídricos proposto por Carneiro et al (2017), que implicam em:

- i. medir o uso consuntivo da água
- ii. medir o uso não consuntivo da água
- iii. destacar a importância ambiental dos recursos hídricos
- iv. estar relacionado à governança da água
- v. representar o comportamento hidrológico da bacia hidrográfica

No presente estudo, esses 5 critérios hídricos foram adotados, pois contemplam às características da área de estudo, principalmente quanto aos aspectos relacionados à disponibilidade de água, à preservação do ambiente aquático, à ocupação urbana e ao uso da água.

Para avaliação de significância do indicador a ser proposto para o presente estudo, adotou-se a classificação de Carneiro (2015), que estabelece três categorias de significância: 0, 7 e 10, as quais representam uma escala crescente de avaliação quanto à sustentabilidade hídrica, sendo neste estudo associados ao contexto: social, econômico e ambiental.

A menor avaliação (0), sinaliza que o indicador não representa uma situação de interferência muito crítica para as zonas de recarga quanto às evidências naturais no corpo hídrico ou devido às ações de uso e ocupação do solo, quando correlacionado à sustentabilidade na bacia.

Os indicadores que receberam nota de significância 7 ou 10 representam que pelo menos o contexto social, econômico e/ou ambiental foi contemplado na análise, sendo o indicador considerado significativo ou altamente significativo.

Adotou-se a sigla ES para representar a escala de significância, associada às cores amarelo para pouco significativo, lilás para significativo e verde para altamente significativo:

-  Pouco significativo - nota 0
-  Significativo - nota 7
-  Altamente significativo - nota 10

Os indicadores que obtiveram notas 7 ou 10 permaneceram como prioritários, e os que obtiveram nota 0, saíram da prioridade para o presente estudo.

A partir dessa análise foram definidos os indicadores de sustentabilidade hídrica em zonas de recarga (ISH_S-ZR).

4.6 DEFINIÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA PARA ACOMPANHAMENTO DOS PROGRAMAS DE EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO (ISH_S-Z_{RE}ENQUADRA)

Por fim, criou-se uma proposta metodológica de seleção e definição de indicadores de sustentabilidade hídrica como apoio à efetivação dos programas e metas do enquadramento de corpos d'água. Para tal, neste trabalho definiu-se 4 (quatro) estratégias, descritas a seguir:

- i. Os ISHs-ZR considerados significativos para a área de estudo, definidos conforme descrito no item 4.5;
- ii. As propostas dos subprogramas que envolvem o enquadramento dos corpos d'água superficiais e subterrâneos para a RPGA do RNI, conforme descritos em Bahia (2018a) e apresentados no Anexo 1, como referência;
- iii. 02 subprogramas (I.1.2 - Elaboração do Programa para Efetivação do Enquadramento dos Corpos d'Água Superficiais da RPGA Recôncavo Norte e Inhambupe e I.1.4 - Implementação do monitoramento e do enquadramento das águas subterrâneas da RPGA), nos quais verificou-se que foram estabelecidas atividades, ou seja, procedimentos para que, em um futuro próximo (curto prazo) se estabeleça uma proposta de enquadramento para os corpos d'água superficiais da RPGA; essas atividades foram denominadas de "indicadores de efetividade" (IE) por BAHIA (2018a), conforme apresentados no Quadro 2, item 3.2.3;
- iv. Adoção de 9 IEs pré-selecionados, que representam direta e/ou indiretamente o acompanhamento da efetivação dos subprogramas relacionados ao enquadramento das águas superficiais e às águas subterrâneas da RPGA do RNI.

Foram criados códigos para representar os IEs que se correlacionam às águas superficiais:

SUP01 – Aprimoramento do conhecimento sobre os usos das águas;

SUP02 – Aprimoramento do conhecimento sobre a quantidade e a qualidade das águas;

SUP03 – Organização da base de informações;

SUP04 – Modelagem de Cargas.

Foram criados códigos para representar os IEs que se correlacionam às águas subterrâneas:

SUB01 - Cadastramento das captações subterrâneas

SUB02 - Implementação do monitoramento qualitativo e quantitativo das águas subterrâneas;

SUB03 - Caracterização hidrogeológica e hidrogeoquímica dos aquíferos;

SUB04 - Caracterização do uso e ocupação do solo;

SUB05 - Caracterização da vulnerabilidade e do risco de contaminação.

A partir desses requisitos e com adoção dos códigos, foram definidos os indicadores de sustentabilidade hídrica em zonas de recarga como apoio à efetivação dos programas dos programas e metas do enquadramento dos corpos d'água (ISHs-ZREQUADRA).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ASPECTOS HIDROLÓGICOS, HIDROGEOLÓGICOS, HIDROQUÍMICOS E HIDROGEOQUÍMICOS EM AMBIENTES DE RECARGA

Conforme já mencionado na Metodologia (item 4.4), para este capítulo, foram agrupados os aspectos 4H (hidrológicos, hidrogeológicos, hidroquímicos e hidrogeoquímicos), a partir do conhecimento das características interferentes na quantidade e qualidade da água e, suas respectivas representatividades nas Bacias, selecionados a partir da análise dos dados de Bahia (2018c), sendo, no presente estudo, evidenciadas suas relações de sustentabilidade a partir da classificação da FPEIR: Forças (I), Pressão (II), Estado (III), Impacto (IV) e Resposta (V).

Quadro 6 – Aspectos Hidrológicos com base na classificação FPEIR – Zonas de Recarga, Bacias Joanes e Jacuípe

ASPECTOS HIDROLÓGICOS	REPRESENTATIVIDADE NAS BACIAS	CLASSIFICAÇÃO DA FPEIR
Precipitação média anual	Elevada: 1300 a 2000 mm	III
Evapotranspiração média anual	1400 a 1500 mm	III
Densidade de estações pluviométricas	Densidade baixa / 1.250 km ² /estação	III
Malha hídrica superficial	Predomínio de rios perenes, com vazão significativa	III
Vulnerabilidade a inundações	Poucos trechos considerados vulneráveis; estudos apontam altos impactos (de 50 a 65%) em áreas afetadas por aumento na frequência de inundações associadas a chuvas e elevação do nível do mar (ex: Camaçari) (ESQUIVEL, 2016)	IV
Conectividade das águas Superficiais e subterrâneas	Predomínio de infiltração sobre escoamento; Elevada conectividade de águas superficiais e subterrânea em parte significativa da UPGRH	III
Disponibilidade hídrica superficial total	32,9 (m ³ .s ⁻¹)	III
Densidade de estações fluviométricas	1.297 km ² /estação (2 estações)	III
Presença de grandes barragens	14 barramentos presentes, sendo 8 associados ao abastecimento de água, acumulando um volume total de 402,17 Hm ³ , 1 voltado a	II

ASPECTOS HIDROLÓGICOS	REPRESENTATIVIDADE NAS BACIAS	CLASSIFICAÇÃO DA FPEIR
	recreação e 5 associados a atividades industriais, sendo que 3 são para a contenção de rejeitos	
Demanda de captação superficial para abastecimento humano	Demanda para abastecimento humano de 370,6 Hm ³ /ano; 3 usuários outorgados para captação de água superficial para fins de abastecimento humano	V
Balanço hídrico	Balanço hídrico (armazenamento) de 1.139,58 Hm ³ /ano (contempla superficial e subterrâneo)	III, IV
Índice de comprometimento hídrico	Índice de Comprometimento hídrico de 31% - Crítico (exige intensa atividade de gerenciamento e grandes investimentos) (contempla superficial e subterrâneo)	IV

Fonte: Elaboração própria; Bahia (2018c)

Na análise **dos 12 aspectos Hidrológicos** agrupados, verifica-se que:

- 1 aspecto de Pressão (II), relacionado a atividades humanas que influenciam diretamente o abastecimento, quantidade ou qualidade dos recursos hídricos ou o uso da água;
- 7 de Estado (III), relacionados às condições e tendências atuais da água e;
- 2 de Impacto (IV), relacionados a consequência efetiva do estado alterado do recurso (vulnerabilidade) ou de seu uso (comprometimento hídrico);
- 1 que representa simultaneamente Estado (III) e Impacto (IV), relacionados especificamente às condições atuais de armazenamento hídrico, mas que sofre interferência pelo uso e perdas e;
- 1 de Resposta (V), dependente da efetividade de instrumentos de gestão de recursos hídricos (ex: Outorga) no controle das demandas de uso da água.

Pode-se perceber que esses aspectos hidrológicos são comumente utilizados para representar as condições de oferta hídrica superficial, associada às demandas de uso da água, conforme analisado em Bahia (2018a).

Quadro 7 – Aspectos Hidrogeológicos com base na classificação FPEIR - Zonas de Recarga, Bacias Joanes e Jacuípe

ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS	REPRESENTATIVIDADE NAS BACIAS	CLASSIFICAÇÃO DA FPEIR
Presença de aquíferos de alta potencialidade	Presença muito significativa de aquíferos de alta potencialidade, destacando-se o São Sebastião/Marizal	III
Conectividade das águas superficiais e subterrâneas	Predomínio de infiltração sobre escoamento; Elevada conectividade de águas superficiais e subterrânea em parte significativa da UPGRH	III
Disponibilidade hídrica subterrânea	Reserva reguladora total = 696,91 x 10 ⁶ m ³ /ano Disponibilidade explotável total = 487,84 x 10 ⁶ m ³ /ano	III
Demanda de captação subterrânea para abastecimento humano	Para a captação de água subterrânea verifica-se um total de 73 usuários outorgados	V
Balanco hídrico	Balanco hídrico (armazenamento) de 1.139,58 Hm ³ /ano (contempla superficial e subterrâneo)	III, IV
Índice de comprometimento hídrico	Índice de Comprometimento hídrico de 31% - Crítico (exige intensa atividade de gerenciamento e grandes investimentos) (contempla superficial e subterrâneo)	IV
Condições de contorno para recarga	Representam os mecanismos de entrada e saída de água nos aquíferos. A recarga varia entre 2,5% e 21% dos índices pluviométricos. As maiores taxas de fluxo nas zonas de recargas são acima de 254 mm/ano	III
Direção de fluxo subterrâneo	A direção principal de fluxo subterrâneo, para ambos os aquíferos, é de noroeste para sudeste, em direção ao Oceano Atlântico	III

Fonte: Elaboração própria; Bahia (2018c); WST&Embasa (2019)

Na análise **dos 8 aspectos Hidrogeológicos** agrupados, verifica-se que:

- 5 de Estado (III), relacionados às condições atuais de potencialidade, disponibilidade e fluxo das águas subterrâneas, inclusive considerado a interface com as águas superficiais; 2 aspectos de Estado, Conectividade das águas superficiais e subterrâneas e Condições de contorno para recarga, se associam ao comportamento hidráulico do aquífero, e podem dar maior representatividade para acompanhar os riscos de contaminação nas zonas de recarga.
- 1 de Impacto (IV), relacionado a consequência efetiva do seu uso (comprometimento hídrico);
- 1 que representa simultaneamente Estado (III) e Impacto (IV), relacionados especificamente às condições atuais de armazenamento hídrico, mas que sofre interferência pelo uso e perdas, e;

- 1 de Resposta (V), dependente da efetividade de instrumentos de gestão de recursos hídricos (ex: Outorga) no controle das demandas de uso da água.

Constata-se também que esses aspectos hidrogeológicos são comumente utilizados para representar as condições de oferta hídrica subterrânea, associada aos estudos de potencialidade e disponibilidade desse recurso, conforme analisado em Alves (2015), Bahia (2018a) e WST & Embasa (2019).

Em se tratando da consideração do aspecto hidrogeológico “Demanda de captação subterrânea para abastecimento humano” para esse estudo, cabe enfatizar que só no município de Camaçari, o abastecimento humano com manancial subterrâneo, representa acima de 90%, quando comparado com as demandas de abastecimento com os mananciais superficiais. São captações subterrâneas instaladas no ambiente de recarga (bacia do Joanes), do aquífero São Sebastião.

Quadro 8 – Aspectos Hidroquímicos com base na classificação FPEIR – Zonas de Recarga, Bacias Joanes e Jacuípe

ASPECTOS HIDROQUÍMICOS	REPRESENTATIVIDADE NAS BACIAS	CLASSIFICAÇÃO DA FPEIR
Presença de estabelecimentos Industriais	Número de estabelecimentos industriais com potencial poluidor na área, com alto potencial poluidor: 150 estabelecimentos (Decreto 14.024/12)	II
Qualidade de água superficial - número de violações à Resolução Conama nº 357/2005	57 pontos de amostragem sendo monitorados pelo Programa Monitora: Oxigênio Dissolvido (OD): 57% das amostras; Coliformes Termotolerantes (CT): 41% das amostras; DBO: 34% das amostras; Fósforo Total (P): 65% das amostras	IV
Qualidade de água superficial - índice do estado trófico (IET)	IET médio dos pontos de amostragem variando entre as condições de mesotrofia e hipereutrofia e IET médio total para a UPGRH de 61,9 (Eutrófico)	IV
Qualidade de água superficial - índice de qualidade das águas (IQA)	IQA médio dos pontos de amostragem variando entre as condições de péssima e boa e IQA médio total para a UPGRH de 51,8 (boa)	IV
Alta taxa de ocupação urbana	Alta densidade demográfica / taxa de urbanização de 98,6% e densidade da população de 1.160,8 hab.km ⁻²	I, II
Lançamento de esgoto in-natura	Evidências históricas de lançamento de esgoto diretamente no corpo d'água; sistemas individuais de empreendimentos comerciais e residenciais (condomínios); contribuição de esgoto de corpo d'água a jusante (rio Ipitanga)	I, II
Unidades de Conservação	Cerca de 0,1% da UPGRH encontra-se protegido por Unidades de Conservação de Proteção Integral, especialmente nas regiões litorâneas	V

ASPECTOS HIDROQUÍMICOS	REPRESENTATIVIDADE NAS BACIAS	CLASSIFICAÇÃO DA FPEIR
Distribuição de atividades agropecuárias	48,9% do ambiente de recarga preponderam atividades agropecuárias (culturas permanentes, temporárias, silvicultura, rebanho, outras)	V

Fonte: Elaboração própria; Bahia (2018c)

Na análise **dos 8 aspectos Hidroquímicos** agrupados, verifica-se que:

- 1 de Pressão (II), relacionado especificamente a atividades humanas que influenciam diretamente a disponibilidade da água superficial em termos de qualidade para seu uso;
- 2 que representam simultaneamente Força (I) e Pressão (II), relacionados especificamente às tendências de atendimento de infraestrutura básica que afetam o desenvolvimento da sociedade e às atividades humanas (lançamento de esgotos) que influenciam diretamente as condições ambientais, bem como a sociedade e a economia;
- 3 de Impacto (IV), relacionados a consequência efetiva do estado alterado do recurso ou de seu uso, que nesse caso específico são as alterações na qualidade da água, em seu estado bruto ou tratada, e;
- 2 de Resposta (V), dependentes da efetividade de instrumentos de gestão de recursos hídricos e meio ambiente (ex: licença de uso da água, licença ambiental, zoneamento) no controle do uso dos espaços para atendimento das demandas de uso da água e preservação de unidades ecológicas naturais.

Constatou-se que esses 8 aspectos Hidroquímicos, representam as condições do ambiente com interferência de atividades antrópicas, associada à geração de efluentes líquidos, o que afeta a biota aquática e conseqüentemente à disponibilidade hídrica superficial, conforme analisado em Bahia (2018a), Oliveira (2018) e WST & Embasa (2019).

Quadro 9 – Aspectos Hidrogeoquímicos com base na classificação FPEIR – Zonas de Recarga, Bacias Joanes e Jacuípe

ASPECTOS HIDROGEOQUÍMICOS	REPRESENTATIVIDADE NAS BACIAS	CLASSIFICAÇÃO DA FPEIR
Presença de estabelecimentos Industriais	Número de estabelecimentos industriais com alto potencial poluidor: 150 estabelecimentos	II
Salinidade e salinização das águas subterrâneas	Áreas mais afastadas do litoral: maiores concentrações de cloreto; menores índices de pluviosidade e maiores taxas de evapotranspiração	IV
Alta taxa de ocupação urbana	Alta densidade demográfica / taxa de urbanização de 98,6% e densidade da população de 1.160,8 hab.km ⁻²	I, II
Qualidade de água subterrânea - índice de qualidade das águas subterrâneas (IQAs)	Evidencia dos compostos orgânicos persistentes nos poços tubulares monitorados para consumo humano, na área industrial e na área urbana (Oliveira, 2018)	IV
Qualidade de água subterrânea - número de violações à Resolução Conama nº 396/2008	Dados analisados de poços rasos na área industrial evidenciaram concentrações em desconformidade com os padrões da Resolução CONAMA nº 396/2008, nos períodos de 2009, 2010, 2013 e 2014 (Oliveira, 2018)	IV
Lançamento de esgoto in-natura	Evidências históricas de lançamento de esgoto diretamente no corpo d'água; sistemas individuais de empreendimentos comerciais e residenciais (condomínios); contribuição de esgoto de corpo d'água a jusante (rio Ipitanga)	I, II
Distribuição de atividades agropecuárias	48,9% do ambiente de recarga preponderam atividades agropecuárias (culturas permanentes, temporárias, silvicultura, rebanho, outras)	V

Fonte: Elaboração própria; Bahia (2018c)

Na análise **dos 7 aspectos Hidrogeoquímicos** agrupados, verifica-se que:

- 1 de Pressão (II), relacionado especificamente a atividades humanas que influenciam diretamente a disponibilidade da água subterrânea em termos de qualidade para seu uso;
- 2 que representam simultaneamente Força (I) e Pressão (II), relacionados especificamente às tendências de atendimento de infraestrutura básica que afetam o desenvolvimento da sociedade e às atividades humanas (lançamento de esgotos) que influenciam diretamente as condições ambientais, bem como a sociedade e a economia;
- 3 de Impacto (IV), relacionados a consequência efetiva do estado alterado do recurso ou de seu uso, que nesse caso específico são as alterações na qualidade da água subterrânea, em seu estado bruto ou tratada, interferindo na implantação de novos sistemas de distribuição para abastecimento humano, e;

- 1 de Resposta (V), dependente da efetividade de instrumentos de gestão de recursos hídricos e meio ambiente (ex: licença de uso da água, licença ambiental, zoneamento) no controle do uso dos espaços para atendimento das demandas de uso da água e preservação ambiental.

Verifica-se que os 7 aspectos hidrogeoquímicos agrupados, representam as condições do ambiente com interferência de atividades antrópicas, associada à geração de efluentes líquidos lançados diretamente no solo, o que afeta diretamente a qualidade da água dos aquíferos, que em sua maioria são rasos e vulneráveis à infiltração por contaminantes de origem doméstica, industrial e agrícola, conforme analisado em Bahia (2018a), Oliveira (2018) e WST & Embasa (2019).

WST & Embasa (2019) sinalizam que não foram avaliadas questões específicas de processos de contaminação por compostos orgânicos e outros de origem antrópica que atingem o aquífero livre, em função principalmente de atividades industriais. Entretanto, Oliveira (2018) traz evidências em seu estudo, de níveis elevados de concentração desses compostos nas águas subterrâneas, no aquífero raso e nas camadas mais profundas da formação Marizal e São Sebastião.

Por fim, a partir dessa análise e da elaboração dos Quadros 6 ao 9, identificaram-se **35 aspectos**, que representam características similares e integradas dentre os aspectos analisados nos estudos técnicos e científicos citados. Todos tiveram correlação com pelo menos uma categoria de classificação da FPEIR (Força, Pressão, Estado, Impacto e Resposta). Uma vez que esses aspectos representam as condições dos recursos hídricos na área de estudo, e mostram que levam em consideração o contexto hidrológico e técnico, bem como socioeconômico e ambiental, com vistas à gestão integrada de recursos hídricos, passam a ser propostos preliminarmente como indicadores de sustentabilidade.

Logo, o Quadro 10, foi elaborado para facilitar a visualização do agrupamento desses indicadores.

Quadro 10 – Proposta preliminar de Indicadores com base na classificação FPEIR - Zonas de Recarga, Bacias Joanes e Jacuípe

INDICADORES HIDROLÓGICOS	INDICADORES HIDROGEOLOGÍCOS	INDICADORES HIDROQUÍMICOS	INDICADORES HIDROGEOQUÍMICOS
Precipitação média anual	Presença de aquíferos de alta potencialidade	Presença de estabelecimentos Industriais	Presença de estabelecimentos industriais
Evapotranspiração média anual	Conectividade das águas Superficiais e subterrâneas	Qualidade de água superficial - número de violações à Resolução Conama nº 357/2005	Salinidade e salinização das águas subterrâneas
Densidade de estacoes pluviométricas	Disponibilidade hídrica Subterrânea	Qualidade de água superficial - índice do estado trófico (IET)	Alta taxa de ocupação urbana
Malha hídrica superficial	Demanda de captação subterrânea para abastecimento humano	Índice de qualidade das águas superficiais (IQA)	Índice de qualidade das águas subterrâneas (IQAs)
Vulnerabilidade a inundações	Balanço hídrico	Alta taxa de ocupação urbana	Qualidade de água subterrânea - número de violações à Resolução Conama nº 396/2008
Conectividade das águas Superficiais e subterrâneas	Índice de Comprometimento hídrico	Lançamento de esgoto in-natura	Lançamento de esgoto in-natura
Disponibilidade hídrica superficial total (m3/s)	Condições de contorno para recarga	Unidades de Conservação	Distribuição de atividades agropecuárias
Densidade de estacoes fluviométricas	Direção de fluxo subterrâneo	Distribuição de atividades agropecuárias	7 INDICADORES
Presença de grandes barragens	8 INDICADORES	8 INDICADORES	
Demanda de captação superficial para abastecimento humano			
Balanço hídrico			
Índice de comprometimento hídrico			
12 INDICADORES			

A repetição de **7 Indicadores** em mais de uma categoria dos 4H, como Conectividade das águas superficiais e subterrâneas, Balanço hídrico, Índice de comprometimento hídrico, Presença de estabelecimentos Industriais, Alta taxa de ocupação urbana, Lançamento de esgoto in-natura e Distribuição de atividades

agropecuárias, põe em evidência a relevância da integração dos estudos e da gestão das águas superficiais e subterrâneas.

No **Apêndice 1** é apresentada a descrição dos Indicadores propostos, organizados por matriz: superficial, subterrânea e superficial-subterrânea. É possível verificar nas descrições, o nível de importância do indicador diante dos dados básicos necessários para sua composição e grau de significância para o ambiente em análise. Por exemplo, o indicador “Densidade de estações pluviométricas”, necessita de uma análise quanto à quantidade de estações instaladas a cada 500 km² da bacia, que é o recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), para se ter uma densidade mínima de 1 estação pluviométrica para a área de drenagem da bacia.

5.2 DEFINIÇÃO DE INDICADORES DE ACORDO COM SIGNIFICÂNCIA PARA SUSTENTABILIDADE HÍDRICA

Para dar maior representatividade a cada indicador proposto e contribuir na escolha mais segura de indicadores para sustentabilidade hídrica, fez-se relevante atribuir significância aos 35 indicadores selecionados. Para isso este estudo fez uma correlação da classificação de significância dos indicadores de Carneiro (2015) com os 5 critérios hídricos de Carneiro et al (2017), sendo esses os principais estudos escolhidos como referência, conforme já explicitado no item 3.4, que contemplam: medir o uso consuntivo e não consuntivo da água, destacar a importância ambiental dos recursos hídricos, estar relacionado à governança da água e representar o comportamento hidrológico da bacia hidrográfica.

Para análise de significância considerou-se três categorias de significância associadas a três notas, para os 35 indicadores considerados: 0, 7 e 10, conforme adotado em Carneiro (2015). Essas notas representam uma escala crescente de avaliação em relação à sustentabilidade hídrica.

A menor avaliação (0), sinaliza que o indicador não representa uma situação de interferência muito crítica para as zonas de recarga quanto às evidências naturais no corpo hídrico ou devido à ações de uso e ocupação do solo, quando correlacionado à sustentabilidade hídrica.

Os indicadores que receberam nota de significância 7 ou 10 representam que pelo menos o contexto social, econômico e/ou ambiental foi contemplado na análise, sendo o indicador considerado significativo ou altamente significativo. O Quadro 11, apresenta uma nova definição de indicadores de sustentabilidade.

Quadro 11 – Definição de indicadores considerando a significância para sustentabilidade hídrica nas Zonas de Recarga – Bacias Joanes e Jacuípe

CRITÉRIOS HÍDRICOS (Carneiro et al, 2017)	INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA							
	Hidrológico	ES	Hidrogeológico	ES	Hidroquímico	ES	Hidrogeoquímico	ES
Indicadores que medem o uso consuntivo da água	Presença de grandes barragens	7			Presença de estabelecimentos Industriais	10	Presença de estabelecimentos industriais	10
Indicadores de uso não consuntivo da água					Lançamento de esgoto <i>in-natura</i>	10	Lançamento de esgoto <i>in-natura</i>	10
Indicadores relacionados ao papel ambiental dos recursos hídricos	Vulnerabilidade a inundações	7	Índice de Comprometimento hídrico	7	Número de violações ao Conama 357/05	10	Salinidade e salinização das águas subterrâneas	7
	Índice de comprometimento hídrico	10			Índice do estado trófico (IET)	10	Índice de qualidade das águas subterrâneas (IQAs)	7
					Índice de qualidade das águas superficiais (IQA)	10	Número de violações ao Conama 396/08	7
					Unidades de Conservação	7	Distribuição de atividades agropecuárias	7
Indicadores relacionados à governança da água	Densidade de estações pluviométricas	7	Demanda de captação subterrânea para abastecimento humano	7	Alta taxa de ocupação urbana	10	Alta taxa de ocupação urbana	10
	Densidade de estações fluviométricas	7			Distribuição de atividades agropecuárias	7		
	Demanda de captação superficial para abastecimento humano	7						
Indicadores hidrológicos	Precipitação média anual	10	Presença de aquíferos de alta potencialidade	0				
	Evapotranspiração média anual	10	Conectividade das águas Superficiais e subterrâneas	10				
	Malha hídrica superficial	0	Disponibilidade hídrica Subterrânea	10				
	Conectividade das águas Superficiais e subterrâneas	10	Balanço hídrico	7				
Obs: ES – escala de significância hídrica	Disponibilidade hídrica superficial total (m ³ /s)	10	Condições de contorno para recarga	7				
	Balanço hídrico	7	Direção de fluxo subterrâneo	7				

■ Pouco significativo ■ Significativo ■ Altamente significativo

Fonte: Carneiro (2015); Carneiro et al (2017); elaboração própria

Os 35 indicadores são analisados conforme sua significância, a seguir:

- i) Todos os indicadores analisados demonstraram ter correlação com os 5 critérios hídricos de Carneiro et al (2017);
- ii) 2 indicadores distribuídos no critério “hidrológicos” deram **pouca significância (nota 0)**: 1 hidrológico (Malha hídrica superficial), que já representa uma condição regular de distribuição no ambiente hídrico, 1 hidrogeológico (Presença de aquíferos de alta potencialidade), que também representa uma condição regular e dificilmente inalterada;
- iii) 17 indicadores **significativos**, distribuídos em 4 critérios hídricos; a exceção foi o critério “uso não consuntivo da água”, uma vez que a condição de uso do corpo d’água para diluição de esgoto teve alta significância;
- iv) 16 indicadores **altamente significativos**, distribuídos em todos os critérios hídricos, destacando-se que a maioria ficaram atribuídos aos critérios de “uso consuntivo da água, “à importância ambiental” e “ao caráter hidrológico”;
- v) Importante perceber que o critério relacionado à “governança da água” tornou **significativos e altamente significativos** os indicadores distribuídos nos 4H;
- vi) 7 indicadores se repetem conforme os 4H:
 - 3 representam aspectos hidrológicos e hidrogeológicos: Índice de comprometimento hídrico, Conectividade das águas Superficiais e subterrâneas e Balanço hídrico;
 - 4 representam aspectos hidroquímicos e hidrogeoquímicos: Presença de estabelecimentos Industriais, Lançamento de esgoto *in-natura*, Alta taxa de ocupação urbana e Distribuição de atividades agropecuárias;
 - Esses 7 indicadores possuem significância ou alta significância para atender os critérios hídricos.
- vii) Com esta análise 2 indicadores foram excluídos e não farão parte da proposta final: Malha hídrica superficial e Presença de aquíferos de alta potencialidade, pois não representam uma condição crítica, uma vez que representam uma condição dificilmente inalterada.

O indicador hidrológico “Vulnerabilidade a inundações”, mesmo não sendo considerado de risco para a área de estudo, conforme Bahia (2018c), para compor o

Quadro 10, este indicador foi adotado como condição crítica **significativa**, pois verificou-se em outro estudo (Esquível, 2016), que é uma condição potencial de risco para a área. Portanto é prioritário monitorar áreas suscetíveis na faixa litorânea, consideradas zonas com alta taxa de recarga, e, que podem influenciar na introdução de contaminantes para os aquíferos.

O indicador Unidades de Conservação de Proteção Integral, embora tenha se mostrado com significância para o critério hídrico, para aperfeiçoamento quanto sua representatividade na área de estudo, passará a ser nomeado como “Área de Proteção Ambiental (APA)”. Justifica-se porque já existe uma preocupação da população local quanto à preservação que deveria ser mantida nessa Unidade e fica mantido sua correlação como indicador relacionado ao papel ambiental dos recursos hídricos.

No processo de seleção dos indicadores acima destacou-se:

- i) A importância de serem indicadores mensuráveis;
- ii) Que os dados necessários possam ser monitorados em bases de informações disponíveis, a exemplo dos dados de qualidade da água para avaliar o IQA, IQAs e IET;
- iii) Que os indicadores tenham potencial de serem utilizados, com vistas à gestão integrada entre os órgãos públicos, e;
- iv) Que representem características locais e regionais.

A partir dessa análise os indicadores já entram em uma nova categoria, sendo definidos como **indicadores de sustentabilidade hídrica em zonas de recarga (ISHs-ZR)**, no total de 33 **ISHs-ZR**.

5.3 PROPOSTA DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA COMO APOIO A EFETIVAÇÃO DOS PROGRAMAS E METAS DO ENQUADRAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA

Após as análises realizadas, o presente capítulo traz a consolidação dos indicadores de sustentabilidade hídrica, distribuídos com adoção dos 4 (quatro) requisitos estabelecidos na metodologia (item 4.6), e embasados em Bahia (2018a).

Logo, para auxiliar na tomada de decisão sobre qual dos **33 ISHs-ZR** escolher para servir de acompanhamento aos programas para efetivação do enquadramento, adotou-se 2 subprogramas: **I.1.2** – Aperfeiçoamento do enquadramento dos cursos d’água e reservatórios na RPGA e **I.1.4** – Implementação do monitoramento e do enquadramento das águas subterrâneas da RPGA. Esses subprogramas estão descritos em Bahia (2018a) e apresentados no Anexo 1.

As Matrizes (Quadro 12 e 13) apresentam a distribuição dos 33 indicadores em função de sua significância para cada subprograma, uma vez que existe correlação direta entre eles, sendo então denominados de Indicadores de Sustentabilidade Hídrica em Zonas de Recarga como Apoio à Efetivação dos Programas e Metas do Enquadramento dos Corpos D’água (ISHs-ZR_{ENQUADRA}).

Para facilitar a identificação da correlação dos 33 **ISHs-ZR** com os indicadores de efetividade (IE), estabelecidos no PAE (Bahia, 2018a) e mencionados anteriormente no item 3.2.3, criou-se os seguintes códigos:

- Para representação das águas superficiais: SUP01, SUP02, SUP03 e SUP04;
- Para representação das águas subterrâneas: SUB01, SUB02, SUB03, SUB04 e SUB05.

Quadro 12 – ISH_S-ZRE_{ENQUADRA} / Indicadores de Sustentabilidade Hídrica em Zonas de Recarga como apoio à efetivação dos Programas e Metas do Enquadramento dos corpos d'água (**Águas Superficiais**)

PROGRAMAS PARA EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO NA RPGA DO RNI					
I.1.2 Aperfeiçoamento do enquadramento dos corpos d'água e reservatórios					
INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA PARA ZONAS DE RECARGA - ÁGUAS SUPERFICIAIS	Aspecto	INDICADORES DE EFETIVIDADE - IE			
		SUP01 - Aprimoramento do conhecimento sobre os usos das águas	SUP02 - Aprimoramento do conhecimento sobre a quantidade e a qualidade das águas	SUP03 - Organização da base de informações	SUP04 - Modelagem de Cargas
	Hidroológico	Presença de grandes barragens (Nº)	Balço hídrico (Hm ³ /ano)	Densidade de estações pluviométricas (km ² /estação)	Conectividade das águas Superficiais e subterrâneas (% da UPGRH)
		Demanda de captação superficial para abastecimento humano (Hm ³ /ano)	Índice de comprometimento hídrico (%)	Densidade de estações pluviométricas (km ² /estação)	Vulnerabilidade a inundações (%)
			Precipitação média anual (mm/ano)		
			Evapotranspiração média anual (mm/ano)		
			Disponibilidade hídrica superficial total (m ³ .s ⁻¹)		
	Hidroquímico	Presença de estabelecimentos Industriais (Nº)	Número de violações à Resolução Conama nº 357/2005 (Nº)	Área de Proteção Ambiental (APA) (% da UPGRH)	
		Distribuição de atividades agropecuárias (% da UPGRH)	Índice do estado trófico (IET) (Nº)		
		Alta taxa de ocupação urbana (hab.km ⁻²)	Índice de qualidade das águas (IQA) (Nº)		
Lançamento de esgoto <i>in-natura</i> (Nº)					

Dos **19 ISHS-ZRENQUADRA** definidos para acompanhar os programas para águas superficiais, 11 se distribuíram nos aspectos hidrológicos e 8 nos aspectos hidroquímicos, verificando-se uma grande concentração relacionados ao indicador de efetividade (IE) “SUP02-Aprimoramento do conhecimento sobre a quantidade e a qualidade das águas”, conforme resultados esperados.

O IE, SUP01, relacionado aos usos da água foi também bem representado pelos ISHS-ZRENQUADRA, uma vez que destacam as atividades com maior expansão nas bacias: indústria, agropecuária e ocupação urbana.

Os 3 ISHS-ZRENQUADRA - Nº de violações à Resolução Conama nº 357/2005, Índice do estado trófico-IET e Índice de qualidade das águas-IQA, representam bem a relação direta com o conhecimento da qualidade da água que o IE, SUP02, requer para acompanhamento da efetividade do programa. Na área de estudo existe uma base de dados (BAHIA, 2022), para aprimoramento dos Índices, oriundas das campanhas de monitoramento do INEMA (rios e balneabilidade), bem como os dados disponibilizados pela Central de Tratamento de Efluentes Líquidos (CETREL) e pela concessionária de água e saneamento, Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA). Mas, ainda são dados que demandam consolidação para uso seguro.

Os ISHS-ZRENQUADRA - Índice do estado trófico-IET e Índice de qualidade das águas-IQA são indicadores diretamente ligados ao processo de acompanhamento de efetivação do enquadramento de um corpo hídrico, uma vez que possibilitam a divulgação de resultados que sinalizam o estado de qualidade da água em diferentes níveis de adequação aos usos pretendidos e por conseguinte com o enquadramento estabelecido para o trecho do rio.

Importante destacar o ISHS-ZRENQUADRA - Área de Proteção Ambiental (APA) (aspecto hidroquímico), correlacionado ao IE, SUP03 - Organização da base de informações, como uma forma de aperfeiçoar o controle das áreas naturais que estão sob forte impacto de exploração de empreendimentos hoteleiros e condomínios residenciais. Nas APAs é admitido atividades humanas, mas deve-se acompanhar

para que sejam compatíveis com os princípios de sustentabilidade e preservação ambiental.

O IE, SUP03 desponta nas Bacias, principalmente pelas dificuldades de informação de vazões diárias, uma vez que há um déficit quanto à consolidação dos dados disponíveis no banco de dados, e melhor distribuição dos postos pluviométricos e fluviométricos nas bacias. Também há um déficit na instalação de medidores de vazão, sob responsabilidade do usuário, e envio desses dados de monitoramento, acrescentando-se ainda a dificuldade de manutenção da condição da qualidade da água em acordo com o enquadramento que se deseja progressivamente para o corpo d'água.

Dos 19 ISHs-ZRENQUADRA definidos, 7 podem ser utilizados simultaneamente para acompanhar o “Aperfeiçoamento do enquadramento dos corpos d'água e reservatórios” e para acompanhar a “Implementação do monitoramento e do enquadramento das águas subterrâneas”

- 3 representam aspectos hidrológicos: Balanço hídrico; Índice de comprometimento hídrico e Conectividade das águas superficiais e subterrâneas, os quais se relacionam à conectividade rio-aquífero;
- 4 representam aspectos hidroquímicos: Presença de estabelecimentos Industriais, Alta taxa de ocupação urbana, Lançamento de esgoto in-natura e Distribuição de atividades agropecuárias;

Além disso, pode-se identificar na distribuição dos ISHs-ZRENQUADRA, que 8 atendem especificamente ao aspecto hidrológico e 4 especificamente ao aspecto hidroquímico, perfazendo 12 ISHs-ZRENQUADRA para representar águas superficiais.

Quadro 13 – ISH_s-ZR_{ENQUADRA} / Indicadores de Sustentabilidade Hídrica em Zonas de Recarga como apoio à efetivação dos Programas e Metas do Enquadramento dos corpos d'água (**Águas Subterrâneas**)

PROGRAMAS PARA EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO NA RPGA DO RNI						
1.1.4 Implementação do monitoramento e do enquadramento das águas subterrâneas						
INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA EM ZONAS DE RECARGA - ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	Aspecto	INDICADORES DE EFETIVIDADE - IE				
		SUB01 - Cadastramento das captações subterrâneas	SUB02 - Implementação do monitoramento qualitativo e quantitativo das águas subterrâneas	SUB03 - Caracterização hidrogeológica e hidrogeoquímica dos aquíferos	SUB04 - Caracterização do uso e ocupação do solo	SUB05 - Caracterização da vulnerabilidade e do risco de contaminação
	Hidrogeológico	Demanda de captação subterrânea para abastecimento humano (Hm ³ /ano)	Balanco hídrico (Hm ³ /ano)	Disponibilidade hídrica Subterrânea (m ³ /ano)		Conectividade das águas Superficiais e subterrâneas (% da UPGRH)
			Índice de Comprometimento hídrico (%)	Condições de contorno para recarga (mm/ano)		
				Direção de fluxo subterrâneo		
	Hidrogeoquímico	Presença de estabelecimentos industriais (Nº)	Índice de qualidade das águas subterrâneas (IQAs) (Nº)	Salinidade e salinização das águas subterrâneas (mg.L ⁻¹ de Cl ⁻)	Presença de estabelecimentos industriais (Nº)	Lançamento de esgoto <i>in-natura</i> (Nº)
		Distribuição de atividades agropecuárias (% da UPGRH)	Número de violações à Resolução Conama nº 396/2008 (Nº)		Distribuição de atividades agropecuárias (% da UPGRH)	
		Alta taxa de ocupação urbana (hab.km ⁻²)			Alta taxa de ocupação urbana (hab.km ⁻²)	

Dos **14 ISHs-ZRENQUADRA** definidos para acompanhar os programas para águas subterrâneas (já considerando as repetições), 7 se distribuíram nos aspectos hidrogeológicos e 7 nos aspectos hidrogeoquímicos, demonstrando um maior cuidado quanto ao acompanhamento das captações no aquífero (IE: SUB01), quanto ao monitoramento qualitativo e quantitativo das águas subterrâneas (IE: SUB02) e, quanto ao acompanhamento das características hidrogeológicas e hidrogeoquímicas dos aquíferos (IE: SUB03).

Percebeu-se a necessidade de distribuir 3 ISHs-ZRENQUADRA que representam aspectos hidrogeoquímicos, dentre duas categorias de indicadores de efetividade - SUB01 (Cadastramento das captações subterrâneas) e SUB04 (Caracterização do uso e ocupação do solo), ambas com referência à atividades humanas na área de recarga das bacias do Joanes e Jacuípe: i) Presença de estabelecimentos industriais, ii) Distribuição de atividades agropecuárias e iii) Alta taxa de ocupação urbana. Esses 3 ISHs-ZRENQUADRA (também sinalizados na cor verde) são de fácil acompanhamento, pois já se configuram nos estudos técnicos que são elaborados pelos órgãos gestores de recursos hídricos no estado, a exemplo do INEMA e da Secretária de Infraestrutura Hídrica e de Saneamento (SIHS).

Os 3 ISHs-ZRENQUADRA: Disponibilidade hídrica, Direção de fluxo subterrâneo e Condições de contorno para recarga possuem grande relevância, pois são indicadores habitualmente analisados em vários estudos acadêmicos (núcleos de pesquisas) e em alguns estudos técnicos de instituições públicas e privadas, na região. Para caracterização desses indicadores, faz-se necessário outros estudos mais específicos, a exemplo dos conhecimentos dos bombeamentos para captações, análise das profundidades, principalmente o nível freático, característico do aquífero local Marizal, análise da variação da carga hidráulica (nível estático, nível dinâmico), bem como o conhecimento histórico das drenagens superficiais e os índices pluviométricos, sendo condições prioritárias para conhecimento das condições de contorno no que se refere à recarga e descargas neste ambiente de estudo.

Os 3 ISHs-ZRENQUADRA - Nº de violações à Resolução Conama nº 396/2008, Salinidade e salinização das águas subterrâneas e Índice de qualidade das águas subterrâneas-IQAs, representam o conhecimento da qualidade da água que os IEs,

SUB02 e SUB03, necessitam para acompanhamento da efetividade do programa. A área de estudo já possui estudos e dados das campanhas de monitoramento realizados pela CETREL e pela EMBASA, os quais podem dar subsídio para aprimorar essas análises, assim como, existem os IQAs, a exemplo do **WQI-CCME** (Water Quality Index-Canadian Council of Ministers of the Environment) ou IQA-CCME, desenvolvido pelo Ministério do Meio Ambiente do Canada (OLIVEIRA, 2018) ou o **e-IQUAS** (Índice de Qualidade de Uso da Água Subterrânea), desenvolvido por Almeida (2012), pesquisadora da Universidade Federal da Bahia. Ambos os IQAs, podem simular todos os parâmetros mais significativos de ocorrência em águas subterrâneas, para os diversos usos da água, principalmente para evidencia de compostos orgânicos voláteis.

Reforça-se os 7 ISHS-ZRENQUADRA, já contemplados para águas superficiais, evidenciando a necessidade integrada de acompanhamento entres os subprogramas, principalmente nos IEs SUP01, 02 e SUP04 (águas superficiais) e SUB01, SUB02 e SUB05 (águas subterrâneas): Balanço hídrico, Índice de comprometimento hídrico, Conectividade das águas Superficiais e subterrâneas, Presença de estabelecimentos Industriais, Alta taxa de ocupação urbana, Lançamento de esgoto *in-natura* e Distribuição de atividades agropecuárias.

Quando se avalia o ISHS-ZRENQUADRA - Conectividade das águas superficiais e subterrâneas, a grande evidencia é a capacidade de infiltração, que viabiliza o aporte de contaminantes dos despejos nos corpos d'água superficiais que levam risco as águas subterrâneas, e já sinalizado pelos indicadores de vulnerabilidade à contaminação no relatório da WST&Embasa (2019).

Dos 14 ISHS-ZRENQUADRA definidos (águas subterrâneas), 7 podem ser utilizados simultaneamente para acompanhar o “Aperfeiçoamento do enquadramento dos corpos d'água e reservatórios” e para acompanhar a “Implementação do monitoramento e do enquadramento das águas subterrâneas”

- 3 representam aspectos hidrogeológicos: Balanço hídrico; Índice de comprometimento hídrico e Conectividade das águas superficiais e subterrâneas, os quais se relacionam à conectividade rio-aquífero;

- 4 representam aspectos hidrogeoquímicos: Presença de estabelecimentos Industriais, Distribuição de atividades agropecuárias, Alta taxa de ocupação urbana e Lançamento de esgoto in-natura.

Verificou-se na distribuição dos ISHS-ZRENQUADRA, que 4 atendem especificamente ao aspecto hidrogeológico e 3 especificamente ao aspecto hidrogeoquímico.

Considerando que 7 ISHS-ZRENQUADRA (sinalizados na cor verde) se repetem entre as categorias hídricas, a proposta metodológica passa a adotar então **26** ISHS-ZRENQUADRA:

- 12 para representar as águas superficiais
- 7 para representar as águas subterrâneas
- 7 para atender as duas matrizes simultaneamente: águas superficiais e subterrâneas.

Pode-se perceber que os **26** ISHS-ZRENQUADRA definidos para acompanhamento aos programas para efetivação do enquadramento na RPGA do RNI, especificamente nos trechos das bacias dos rios Joanes e Jacuípe, se correlacionam com as condições de qualidade da águas sinalizados, ao contemplarem indicadores que dão suporte ao monitoramento da disponibilidade de água (qualitativa e quantitativa) tanto para atender demandas de abastecimento humano, como para atender os usos voltados para o desenvolvimento econômico e preservação ambiental da região.

Além disso, podem ser considerados indicadores representativos para outras bacias litorâneas brasileiras, com liberdade de variação do nível de prioridade para um monitoramento contínuo ou com periodicidade conforme as metas progressivas do enquadramento: curto, médio e longo prazo. No estado da Bahia o prazo máximo atual tem horizonte de 15 anos, pois também acompanham o prazo de implementação das ações de um Plano de Bacia.

A maior parte dos **26** ISHS-ZRENQUADRA atendem os critérios de sustentabilidade ambiental. Os indicadores que envolvem empreendimentos de impacto econômico, como barragens e indústria, também foram adequados como de sustentabilidade social, pois possuem grande interferência na renda da população.

A indicação do critério hídrico, destaca a relevância de indicadores específicos relacionados a qualidade da água - hidroquímicos e hidrogeoquímicos, pois representam quase 50% do total.

Os indicadores hidrológicos e hidrogeológicos, com foco em disponibilidade hídrica superficial e subterrânea são de alta relevância ambiental, e também possuem um significado econômico, pois dão subsídio ao desenvolvimento de qualquer região.

Poucos indicadores Institucionais contemplados, porque para esse estudo a seleção das variáveis básicas ou aspectos, se concentraram nos estudos de diagnóstico das Bacias do Joanes e Jacuípe. Provavelmente nos estudos de Prognósticos, seriam mais facilmente identificadas as categorias relacionadas a dimensão Resposta, do FPEIR.

Assim, os **ISH_s-ZRENQUADRA** foram definidos para mensurar os reflexos do comportamento de cada ação e intervenção proposta no âmbito da bacia, avaliando-se as melhorias e falhas, bem como dando subsídio para propor medidas estruturais e não-estruturais que minimizem ou favoreçam o alcance dos objetivos e metas para o enquadramento, estabelecidas.

No **Apêndice 1** é apresentada a descrição dos Indicadores propostos organizados por matriz: superficial, subterrânea e superficial-subterrânea.

6 CONCLUSÕES

A proposta desse estudo, de definir indicadores de sustentabilidade hídrica como apoio à efetivação dos programas e metas do enquadramento dos corpos d'água, em zonas de recarga se mostrou viável, uma vez que:

- À área de estudo apresenta peculiaridades que justificam a adoção de indicadores para acompanhar as constantes alterações que ocorrem na zona de recarga, uma vez que é uma região sob interferências de atividades urbanas e industriais, com evidências de contaminação dos rios e aquíferos, e, que tendem a retardar o atendimento à metas de enquadramento, quando proposta, quanto ao alcance da condição de qualidade de água desejada, seja para consumo humano, agropecuário ou industrial;

- Embora exista o estabelecimento do enquadramento transitório em alguns trechos de rios no RNI, a implementação do mesmo só será viabilizado após a elaboração do Plano de Recursos Hídricos, elaborado concomitantemente com a proposta de enquadramento definitiva;
- Os métodos de seleção de indicadores pesquisados, e aqui adotados, se mostraram exequíveis, pois os aspectos mais relevantes como disponibilidade, demanda e qualidade de água na bacia possuem correlação com os programas e subprogramas propostos para o enquadramento, quando elaborado, contemplados no Plano de Ações Estratégicas para Gerenciamento dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Recôncavo Norte e Inhambupe Estratégico (PAE);
- Os 26 ISH_s-Z_{RENQUADRA} propostos, ainda que nesse estudo de caráter qualitativo, podem ser mensurados, o que dá a eles um caráter mais eficaz quando de sua aplicação;
- A base de dados necessária para composição dos ISH_s-Z_{RENQUADRA} já foram sinalizados preliminarmente como relevantes no PAE, elaborado em 2018 (BAHIA, 2018a);

Por fim, nesse estudo verificou-se a necessidade da participação de grupo de especialistas no âmbito das Instituições de acompanhamento da implementação das ações de gestão de recursos hídricos, inclusive os Comitês de Bacias Hidrográficas, para validar a escolha e aplicação dos ISH_s-Z_{RENQUADRA}.

O acompanhamento da implementação das metas do enquadramento não funciona de forma isolada, devendo se considerar o acompanhamento das ações dos outros instrumentos da gestão dos recursos hídricos destacando-se o monitoramento e fiscalização do uso e da qualidade da água e o sistema de informações, onde há dificuldade de integração dos vários programas e banco de dados existentes no estado em um único sistema.

Ressalta-se a existência do Programa de Monitoramento Ambiental das Águas Subterrâneas, no estado da Bahia, desenvolvido pela Embasa, no âmbito dos Planos de Monitoramento dos Mananciais do estado, o qual atende a região de Camaçari e envolve o aquífero São Sebastião, sendo que a Bacia Sedimentar do Recôncavo, é

monitorada, com a realização de análises da qualidade da água produzida nos poços tubulares que abastecem o sistema de abastecimento. Todavia, cabe maior disponibilidade e consolidação dos dados para compor o Sistema Nacional de Informações.

O procedimento metodológico adotado pode ser adequado para outras bacias hidrográficas, que apresentem similaridades físicas, sociais, econômicas e ambientais, constituindo assim uma ferramenta de apoio para planejamentos futuros de usos das águas.

Cabe mencionar os demais instrumentos de gestão integrada de recursos hídricos, mencionados na Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei nº 11.612/2009), a exemplo do Plano Estadual de Recursos Hídricos, a Outorga, o Monitoramento das águas e a Fiscalização do uso dos recursos hídricos (Art. 5º, BAHIA, 2009), os quais já preveem medidas para reverter muitas das situações críticas apontadas nesse estudo e se adotadas vão ao encontro das diretrizes da Segurança ou Sustentabilidade Hídrica, que implica na garantia ao acesso à água potável em quantidade e qualidade para atender um padrão de vida saudável e produtiva. O próprio Plano Nacional de Segurança Hídrica (<https://pnsh.ana.gov.br/home>), já contemplam ações de caráter estruturante, para pelo menos garantir a oferta de água.

Logo, os indicadores definidos podem refletir resultados na melhoria da qualidade de água para a Bacia, contribuindo para o atendimento às metas progressivas do enquadramento, sendo importante que, se implementados, fiquem disponíveis e sejam utilizados para tomada de decisão pelos comitês das bacias e pelos órgãos gestores de recursos hídricos.

A proposta metodológica para escolha e definição de aspectos e respectivos indicadores, a qual pode ser aplicada em áreas com similaridades físicas, socioeconômicas e ambientais, desenvolvida no âmbito desse trabalho, está disponibilizada no **Apêndice 2**, denominada “Proposta de Procedimentos para Acompanhamento dos Programas e Metas do Enquadramento de Corpos D’água”.

Espera-se que tanto o presente estudo desenvolvido, como o Produto gerado, possam ser utilizados pelo menos no âmbito dos Comitês de Bacias Hidrográficas,

uma vez que representam os usuários da água, no acompanhamento do atendimento às metas do enquadramento pretendido;

7 RECOMENDAÇÕES

Para aplicação da metodologia proposta, recomenda-se:

- i) Identificação de especialistas no âmbito das Instituições de acompanhamento e implementação das ações de gestão de recursos hídricos, inclusive os Comitês de bacias hidrográficas, para discussão e validação da eficácia da aplicação dos ISHS-ZR_{ENQUADRA};
- ii) Aumento de pontos de monitoramento de qualidade da água;
- iii) Definição de parâmetros de qualidade da água em função do local de estudo;
- iv) Maior consistência de análise dos dados de qualidade da água, se tornando importante estratégia para ações de proteção do corpo d'água;
- v) Maior conhecimento do manancial para subsidiar as normas de proteção, como a Resolução nº 91/2008, que trata do enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos e das Resoluções nº 357/2005 e nº 396/2008, exclusivas para enquadramento das águas superficiais e subterrâneas, respectivamente;
- vi) Ampliação e consolidação do cadastramento dos usuários.

Para aprimoramento da metodologia proposta, recomenda-se:

- i) Ampliação do estudo, com inserção de componentes não contempladas, como por exemplo, às Institucionais, uma vez que o uso de modelos já testados (FPEIR e significância de critérios hídricos), possibilita a análise com outras componentes atribuída à gestão de recursos hídricos;
- ii) Para manutenção, retirada ou acréscimo de novos indicadores que deram suporte aos resultados dessa pesquisa, avaliar a pertinência de novas denominações para a relação “aspectos x indicadores”. Essa recomendação se justifica em função do número e especificidade dos indicadores a serem avaliados, pois alguns autores, a exemplo de Feil & Schreiber (2019), consideram que os aspectos representam “dimensões”, por agregarem

grupos que podem ser delimitados em função da representatividade para os pilares do desenvolvimento sustentável: dimensões social, econômica e ecológica;

- iii) Analisar a adoção do Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE), desenvolvido por Porto & Amaro (2009), pois também permite acompanhar o comportamento do rio ao longo do tempo em relação a sua condição hídrica, tendo maior facilidade de aplicação em bacias com enquadramentos já implementados.

Para apoiar nas tomadas de decisão, recomenda-se:

- i) Ampliação, organização e disponibilização de dados de qualidade das águas superficiais e subterrâneas, nas bacias de estudo, para atender o sistema estadual e nacional de informações de recursos hídricos (SNIRH), conforme legislado;
- ii) Elaboração de relatórios que contemplem a evolução da qualidade de água, a fim de confrontar com a implementação das ações;
- iii) Melhorar articulação institucional para distribuição de responsabilidades das ações propostas para o Enquadramento e acompanhamento da efetivação dos Programas, entre o órgão gestor de recursos hídricos, seja do poder público estadual ou municipal, com instituições privadas, organizações não-governamentais, além dos comitês ou agências de bacias.

8 REFERENCIAS

ALMEIDA, Rosa A. S. de.. Índice de Qualidade de Uso da Água Subterrânea (e-IQUAS): uma Metodologia de Modelagem Numérica Flexível. Tese de Doutorado (Doutorado em Energia e Ambiente), Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, 2012. 344p.

ALVES, Jamile Evangelista. Estudo hidrogeoquímico comparativo entre os membros da formação São Sebastião, Recôncavo Norte, BA. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal da Bahia. Instituto de Geociências, Salvador, 2015, 109p.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2021. Disponível em: <https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/>. Brasília: ANA, 2022.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. ODS6. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores. Brasília: ANA, 94p. 2019.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil, e, Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. Brasília: ANA, 2007. 124 p.

AZEVEDO, Antônio E. G. de; LEÃO, Marilene R. C.. Aspectos da circulação da água no Aquífero São Sebastião. 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, p14-18, September, 2003.

BAHIA. Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. INEMA. Planos de Bacias. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/planos-de-bacias/http://>. Acesso em: maio de 2023.

BAHIA, Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. INEMA. Sistema Estadual de Informações Ambientais e de Recursos Hídrico. Disponível em: <http://monitoramento.seia.ba.gov.br/>. Acesso em: novembro 2022.

BAHIA. Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. INEMA. Plano de ações estratégicas para gerenciamento dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Recôncavo Norte e Inhambupe. PP04 - Relatório do plano de ações estratégicas (PAE) - BHRNI. Salvador: SEMA, 180p. 2018a.

BAHIA. Secretaria do Meio Ambiente. Lei nº 14.034, 19 de dezembro de 2018. Altera a Lei 11.612, de 08/10/2009 e dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado, Bahia, 2018b.

BAHIA. Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. INEMA. Plano de ações estratégicas para gerenciamento dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Recôncavo Norte e Inhambupe. PP02 – Caracterização das Bacias Hidrográficas. Salvador: SEMA, 42p. 2018c.

BAHIA. Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. INEMA. Plano de ações estratégicas para gerenciamento dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do

Recôncavo Norte e Inhambupe. Relatório Parcial 1. NT1 – Regionalização, uso e ocupação do solo. Salvador: INEMA, 49p. 2017a.

BAHIA. Secretaria do Meio Ambiente. Resolução nº 96, de 25 de fevereiro de 2014. Estabelece diretrizes e critérios gerais para a outorga do direito de uso dos recursos hídricos de domínio do Estado da Bahia, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado, Bahia, 2014.

BAHIA. Secretaria do Meio Ambiente. Resolução CONERH nº 81, de 25/08/2011. Dispõe sobre o enquadramento transitório de corpos de água considerando a outorga de lançamento de esgotos domésticos e outros efluentes líquidos. Diário Oficial do Estado, Bahia, 2011.

BAHIA. Secretaria do Meio Ambiente. Lei nº 11.612, de 08/10/2009. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado, Bahia, 2009.

BERTULE, Maija; GLENNIE, Paul; BJØRNSSEN, Peter; LLOYD, Gareth. Monitoring Water Resources Governance Progress Globally: Experiences from Monitoring SDG Indicator 6.5.1 on Integrated Water Resources Management Implementation. *Water*, 2018, 10, 1744.

BOSSSEL, H. Indicators for sustainable development: theory, methods, applications: a report to Balaton Group. International Institute for Sustainable Development. Winnipeg, Manitoba, Canada, IISD, 1999. 124p.

BRANCHI, Bruna Angela. Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas e Índices Compostos: Aplicação e Desafios. *Sociedade e Natureza*. Uberlândia, MG, v.34, 2022.

BRASIL. Comitê da bacia Hidrográfica do São Francisco (CBHSF). Plano de Recursos Hídricos 2016-2025. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/documentacao/plano-de-recursos-hidricos-2016-2025/>. Acesso em: dezembro de 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 396, 08 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2008a.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Resolução CNRH nº 91, 5 de novembro de 2008. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. Diário Oficial da União, Brasília, 2008b.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 357, 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento de corpos d'água e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Resolução CNRH nº 22, 24 de maio de 2002. Estabelece diretrizes para inserção das águas subterrâneas no instrumento Planos de Recursos Hídricos. Diário Oficial da União, Brasília, 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Resolução CNRH nº 15, de 23 de janeiro de 2001. Estabelece diretrizes gerais para a gestão de águas subterrâneas. Diário Oficial da União, Brasília, 2001a.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Resolução CNRH nº 16, de 8 de maio de 2001. Estabelece critérios gerais para a outorga de direito de uso de recursos hídricos. Diário Oficial da União, Brasília, 2001b.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Diário Oficial da União, Brasília, 1997.

CARNEIRO, A. P.; MORATO, J.; PEIXOTO, H.; BOTERO, V.; ZULUAGA, L.; FIGUEROA, A.. Sustainability Assessment of indicators for integrated water resources management. Revista Science of the Total Environment. Disponível em: www.elsevier.com/locate/scitotenv. p.139-147. 2017.

CARNEIRO, A. P.. Multi-criteria and Participatory Approach to Socio-Economic and Environmental and Institutional Indicators for Sustainable Water Use and Management at River Basin Level. Tese (Doutorado). Universidade Politécnica de Catalunya, Espanha, 2015, p279.

CARVALHO, L.B.de.T.; GARCEZ, L. R.; SANTIAGO, E. P.. Construção de uma matriz de indicadores para diagnóstico ambiental e sua aplicação em comunidade inserida em Área de Proteção Ambiental (APA). Revista Brasileira de Meio Ambiente, v.8, n.4, 225-243p, 2020.

COSTA, Celme T. F. ; RIBEIRO, Brenda de A. T.; SILVA, Francisco D. P.; SILVA, Francisco D. V. da; PAULA FILHO, Francisco J.; CORREIA, Marina de F. C.. Indicadores de sustentabilidade no gerenciamento dos Recursos hídricos no município Juazeiro do Norte – CE. XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Florianópolis, SC, 2017.

ESQUIVEL, Marcus Santos. A zona costeira dos municípios do Litoral Norte e entorno da Baía de Todos os Santos - Estado da Bahia: implicações para a gestão ambiental. Tese (Doutorado), Universidade Federal da Bahia. Instituto de Geociências, Salvador, 2016, 141p.

FEIL, Alexandre André; SCHREIBER, Dusan. Análise dialógica dos níveis, dimensões e indicadores de sustentabilidade. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade (2019): vol. 6, n. 13, p. 317-333.

FORMIGONI, Y. B. et al. Enquadramento de corpos hídricos intermitentes: a necessidade de uma abordagem específica. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 27 de novembro 01 de dezembro de 2011. Maceio, AL.

GASTMANS, Didier; GARPELLI, Lia Nogueira; SANTOS, Vinícius dos; LIMA, Camila de; QUAGGIO, Carolina Stager; SANTAROSA, Lucas Vituri; KIRCHHEIM, Roberto Eduardo. Contribuição dos isótopos estáveis da água (H e O) no conhecimento dos

Aquíferos brasileiros: estado da arte e perspectivas futuras. Revista do Instituto Geológico. Derbyana, São Paulo, 42: e734, 2021.

HANAI, F. Y.. Indicadores de sustentabilidade de gestão ambiental: análise de potencialidades, limitações e aplicabilidades no processo de gerenciamento da água no Brasil. Disponível em: <https://www.iwra.org/member/congress/resource/PAP00-5936.pdf>. Acesso em maio de 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento de recursos naturais; v.24, suplemento. Folha SD.24 Salvador: potencial dos recursos hídricos/IBGE, 1999. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Disponível em: <https://edepot.wur.nl/481095>. Acesso em novembro de 2023.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. OECD. Coord. Renato Baumann. Indicadores Quantitativos da OCDE e o Brasil: visão geral do projeto, reformas estruturais, crescimento inclusivo e aspectos procedimentais do projeto. vol. I. Publicação Preliminar. Brasil: IPEA, 255p., 2023.

LIMA, Thyago A.S.; CASTRO, Paulo de T. A.. Introdução às águas subterrâneas: conceitos e ocorrências no Brasil. Ciências exatas e da terra: teorias e princípios 2. Cap 6, Ponta Grossa: Atena Editora, p102-129, 2023.

MACHADO, E.S.; KNAPIK, H.G.; BITENCOURT, C.C.A. Considerações sobre o processo de enquadramento de corpos de água. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, vol. 24, n. 2, p. 261-269, 2019.

MESTRINHO. S. S. P. Fundamentos da classificação da qualidade das águas subterrâneas. XVII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVIII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. 23 a 26 de outubro de 2012. Bonito, MS.

ODS. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/objetivo6/indicador651>. Acesso em: agosto de 2023.

OLIVEIRA, Clélia Nobre de; MEDEIROS, Y. D. P.; NASCIMENTO, S. A. de M; CAMPOS, V. P.. Discussão sobre o uso de índice de qualidade da água no enquadramento de águas subterrâneas em região semiárida. III Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Anais...Belo Horizonte (MG). Online, 2020. Disponível em www.even3.com.br/anais/IIISBHSF.

OLIVEIRA, Clélia Nobre de. Aplicação de índice de qualidade de água subterrânea em ambiente de percolados orgânicos na região de Camaçari-BA. Tese (Doutorado - Geologia). Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, 2018, 140p.

ONU. United Nations. UN-Water. Summary Progress Update 2021: SDG 6 - water and sanitation for all. v. 1, Geneva: ONU, 58p, 2021.

PORTO, Monica Ferreira; AMARO, Cristiane Araújo. Proposta de um índice para avaliação de conformidade da qualidade dos corpos hídricos ao enquadramento. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 22 a 26 de novembro de 2009. Campo Grande, MS.

PORTO, Monica. Sistema de Gestão da Qualidade das Águas: uma proposta para o caso brasileiro. Tese (Livre Docência) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo, 2002.

ROSA, Larissa Alves da S.. Segurança Hídrica: Um olhar sobre a Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Brasília, 2019, 190p.

SANTOS, M. M.; KIANG, C. H.; CELLIGOI, A.. Índice DRASTIC: método de apoio a avaliação da vulnerabilidade natural de um aquífero local na área urbana de Londrina-PR, 2004. Disponível em: <http://C:/Users/Dell/Downloads/23503-Texto%20do%20artigo-85166-1-10-20110912.pdf>. Acesso em maio de 2021.

SANTOS, P. R. P. dos; OLIVEIRA, I. B.. Estudo da Vulnerabilidade à Poluição do Aquífero Marizal na Região de Influência do Polo Industrial de Camaçari (PIC)-Bahia. Revista Águas Subterrâneas, v.27, n.1, p.1-18, 2013.

SEIA. Sistema Estadual de Informações Ambientais e de Recursos Hídricos. Dados hidrogeológicos. Disponível em:

<http://monitoramento.seia.ba.gov.br/paginas/hidrogeologia/hidrogeologico/export.xhtml>. Acesso em: novembro de 2023. Salvador: Inema, 2023.

SICM. Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração do Estado da Bahia. Centro de Fomento Industrial de Camaçari (COFIC). Plano Diretor do Polo Industrial de Camaçari, 2013. Salvador: SICM, 2013.

TUCCI, Carlos E. Mo.. Indicador de Sustentabilidade Hídrica Urbana. REGA, Porto Alegre, v. 14, e7, 2017.

WST. Water Services and Technologies Ltda. EMBASA. Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. Relatório Técnico Final. Estudo Hidrogeológico da Borda Leste da Bacia do Recôncavo - Produto 05. Belo Horizonte: WST, 101p. 2019.

APÊNDICE 1 – DESCRIÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA PROPOSTOS

ÁGUAS SUPERFICIAIS

ISH-ZR ^{ENQUADRA} : ÁGUAS SUPERFICIAIS	Unidade	DESCRIÇÃO
Presença de grandes barragens	nº	número disponível no Inventário das Barragens do estado da Bahia (www.inema.ba.gov.br); são barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, disposição final ou temporária de rejeitos e acumulação de resíduos industriais
Demanda de captação superficial para abastecimento humano	Hm ³ /ano	parcela de água superficial consumida no ano para atender abastecimento humano (usuários outorgados para captação)
Precipitação média anual	mm/ano	expressa a altura de água de chuva (em mm) caída e acumulada sobre uma superfície plana e impermeável (bacia hidrográfica)
Evapotranspiração média anual	mm/ano	expressa a altura de perda d'água (em mm) por evaporação (fenômenos físicos nas superfícies aquáticas) e transpiração (fenômenos fisiológicos dos vegetais) no âmbito da bacia hidrográfica
Disponibilidade hídrica superficial total (m ³ /s)	m ³ .s ⁻¹	representa o somatório de três componentes: disponibilidade hídrica natural do corpo d'água (Q90), vazão regularizada em grandes reservatórios (Qreg) e do somatório das vazões transferidas (canais e adutoras); O critério utilizado no PAEPRNI corresponde à vazão garantida com permanência de 90% (Q ₉₀).
Densidade de estações pluviométricas	km ² /estação	área da bacia em km ² contemplada com estação pluviométrica; a Organização Meteorológica Mundial (OMM), recomenda densidade mínima de 1 estação pluviométrica para uma área de drenagem de 500 km ² (https://arquivos.ana.gov.br/infohidrologicas/cadastro/ManualparaElaboracaodeProjetodelInstalacaodeEstacoes.pdf)
Densidade de estações fluviométricas	km ² /estação	área da bacia em km ² contemplada com estação fluviométrica; a Organização Meteorológica Mundial (OMM), recomenda densidade mínima de 1 estação fluviométrica para uma área de drenagem de 500 km ² (https://arquivos.ana.gov.br/infohidrologicas/cadastro/ManualparaElaboracaodeProjetodelInstalacaodeEstacoes.pdf)
Área de Proteção Ambiental (APA)	% da UPGRH	percentual da área da UPGRH (Bahia) protegida por Unidades de Conservação
Vulnerabilidade a inundações (IVI)	%	percentual de trechos de rios críticos, associados a chuvas e elevação do nível do mar, classificados quanto a frequência de ocorrência e o impacto potencial em cada trecho: nula (0); baixa (1); média (2 a 4) e alta (5 a 9) trechos (https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/2cfa808b-b370-43ef-8107-5c3bfd7acf9c/attachments/Atlas_de_Vulnerabilidade_a_Inundaes.pdf)
Número de violações ao Conama 357/05	nº	número de violações verificadas ao confrontar os pontos amostrados com os padrões de referência da CONAMA 357/05
Índice do estado trófico (IET)	nº	número ponderado obtido com aplicação da fórmula do IET, que avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas; varia de 0,5 a 5 (https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/04.pdf)
Índice de qualidade das águas (IQA)	nº	número obtido com aplicação da fórmula do IQA, variando de 0 a 100; qi = qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica de qualidade; wi = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1 (https://www.cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/02.pdf)

Fonte principal: Plano de Ações Estratégicas (PAE) para Gerenciamento dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Recôncavo Norte e Inhambupe (BAHIA, 2018c)

ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

ISH-ZR ^{ENQUADRA:} ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	Unidade	DESCRIÇÃO
Demanda de captação subterrânea para abastecimento humano	Hm ³ /ano	parcela de água subterrânea consumida no ano para atender abastecimento humano (usuários outorgados para captação)
Índice de qualidade das águas subterrâneas (IQAs)	nº	número obtido com aplicação da fórmula do IQAs a ser adotado para a Bacia em estudo, variando de 0 a 100 (Almeida, 2012)
Número de violações à Resolução Conama nº 396/08	nº	violações verificadas ao confrontar os poços amostrados com os padrões de referencia da Resolução CONAMA nº 396/08
Disponibilidade hídrica Subterrânea	m ³ /ano	representa a reserva renovável (volume) oriunda da porção da água de chuva que precipita diretamente sobre o solo e permeia a zona não saturada até atingir o sistema aquífero (zona saturada) somada com a reserva permanente (volume) armazenada no sistema aquífero, e que corresponde ao volume do espaço poroso existente no aquífero.
Condições de contorno para recarga	mm/ano	representam os mecanismos de entrada e saída de água nos aquíferos (recarga por infiltração de águas de chuva; contribuição das drenagens representadas por rios e córregos; presença de poços e reservatórios; fluxo tem interferência de divisores dos aquíferos)
Direção de fluxo subterrâneo	m (carga hidráulica)	representa as direções principais de fluxo subterrâneo, representado pelos pontos de maior gradiente e entre pontos de mesma carga hidráulica (m)
Salinidade das águas subterrâneas	(mg.L ⁻¹ de Cl ⁻) ; (µS/cm)	representam a distribuição espacial dos valores de condutividade elétrica (µS/cm) ou concentrações de cloreto (mg.L ⁻¹ de Cl ⁻) na água subterrânea

Fonte principal: Relatório Técnico Final. Estudo Hidrogeológico da Borda Leste da Bacia do Recôncavo - Produto 05 (WST & EMBASA, 2019)

ÁGUAS SUPERFICIAIS-SUBTERRÂNEAS

ISH-ZR ^{ENQUADRA:} ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS	Unidade	DESCRIÇÃO
Presença de estabelecimentos Industriais	nº	número de estabelecimentos industriais distribuídos na bacia, com potencial poluidor
Distribuição de atividades agropecuárias	% da UPGRH	percentual da UPGRH (Bahia) ocupada por atividades agropecuárias
Alta taxa de ocupação urbana	hab.km ⁻²	densidade demográfica medida pela relação população por km ² de área ocupada
Lançamento de esgoto <i>in-natura</i>	nº	número de lançamento de despejos de esgoto <i>in-natura</i> identificados nos trechos d'água
Balanço hídrico	Hm ³ /ano	confronto das disponibilidades com as demandas hídricas resultando em armazenamento positivo ou negativo (Hm ³ /ano)
Índice de comprometimento hídrico (ICH)	%	razão entre a soma das demandas hídricas consuntivas (DHC) e a disponibilidade hídrica (DISP) em uma determinada Unidade de Balanço (UB). Possui 5 faixas de classificação sugeridas pela European Environment Agency e Nações Unidas, as quais são consideradas adequadas para a realidade brasileira. (< 5%): Excelente. Pouca ou nenhuma atividade de gerenciamento é necessária; (5 a 10%): A situação é confortável, podendo ocorrer necessidade de gerenciamento para solução de problemas locais de abastecimento; (10 a 20%): Preocupante. A atividade de gerenciamento é indispensável, exigindo a realização de investimentos médios; (20% a 40%): A situação é crítica, exigindo intensa atividade de gerenciamento e grandes investimentos; (> 40%): A situação é muito crítica
Conectividade das águas Superficiais e subterrâneas	% da UPGRH	percentual do aquífero com predomínio de infiltração sobre escoamento

Fonte principal: Plano de Ações Estratégicas (PAE) para Gerenciamento dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Recôncavo Norte e Inhambupe (BAHIA, 2018c)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA**

**MESTRADO PROFISSIONAL EM REDE NACIONAL EM GESTÃO E
REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS**

CLÉLIA NOBRE DE OLIVEIRA

APÊNDICE 2: PRODUTO

**PROPOSTA DE PROCEDIMENTOS PARA
ACOMPANHAMENTO DOS PROGRAMAS E METAS DO
ENQUADRAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA**

SALVADOR

2023

1. APRESENTAÇÃO

O presente documento é produto da dissertação do Mestrado de Clélia Nobre de Oliveira, no âmbito do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, intitulado *Indicadores de Sustentabilidade Hídrica como Apoio no Enquadramento de Corpos D'água em Zonas de Recarga - Bacia do Recôncavo Norte e Inhambupe, Bahia*, sob a orientação da Profa. Dra. Andrea Sousa Fontes, e co-orientação do Prof. PhD. Alex Pires Carneiro.

Este produto intitulado “PROPOSTA DE PROCEDIMENTOS PARA ACOMPANHAMENTO DOS PROGRAMAS E METAS DO ENQUADRAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA”, representa uma síntese metodológica para seleção e definição dos indicadores de sustentabilidade hídrica em zonas de recarga. Foram elaborados **Quadros** para obtenção de cada grupo de indicadores significativos para a área de estudo, assim como, **Fichas de Acompanhamento** da geração e atualização de dados, os quais são o suporte para mensurar quali-quantitativamente a evolução da efetivação dos programas para o enquadramento com base nos **ISH_s-ZRENQUADRA** (Indicadores de sustentabilidade hídrica em zonas de recarga como apoio à efetivação dos programas e metas do enquadramento de corpos d'água).

Esses procedimentos buscam facilitar a inserção de dados e consolidação da proposta metodológica de escolha e definição de indicadores, sendo que podem ser utilizados em qualquer bacia hidrográfica, desde que, com os mesmos propósitos quanto ao acompanhamento da efetivação dos programas e metas do enquadramento de corpos d'água, que envolvam zonas de recarga.

Após esse **Capítulo 1 - Apresentação**, este documento contempla o **Capítulo 2 - Procedimentos para Seleção dos Indicadores**, tendo como subcapítulos: **2.1 - Fluxogramas das etapas metodológicas**, que discorre sobre a metodologia adotada para elaboração e inserção dos dados nos Quadros; **2.2 - Fichas de acompanhamento da geração e atualização de dados**, que discorre sobre a proposta de acompanhar a efetivação dos programas e metas do enquadramento através dos **ISH_s-ZRENQUADRA**. Para finalizar, este documento contempla ainda o **Capítulo 3 – Considerações Finais**, no qual há mais contribuições sobre a aplicação da metodologia, acompanhada de algumas recomendações. Por fim, apresentam-se

o **Capítulo 4 – Referências**, somente com os autores citados neste produto, mas cabe consultar as referências completas do âmbito da dissertação mencionada e os **Anexos**, que constam mais informações pertinentes.

Importante ressaltar que o Produto apresentado neste trabalho traz como foco o Enquadramento de Corpos D'água, que é um dos instrumentos da Lei Nacional nº 9.433/1997, que se refere à Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997). O Enquadramento destaca-se como uma importante ferramenta de gestão da qualidade da água em regiões sob interferências de atividades urbanas e industriais. De acordo com as disposições do art. 9º dessa Política, o enquadramento dos corpos d'água em classes, visa assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.

Logo, espera-se que esse Produto venha apoiar na tomada de decisão quanto à definição de indicadores que se tornem estratégicos para subsidiar a efetivação dos programas e metas do enquadramento dos corpos d'água. Com isto, será possível fortalecer o Sistema Estadual de Informações Ambientais e Recursos Hídricos (SEIA) e Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos (SNIRH) a partir da identificação de áreas prioritárias para monitoramento dos corpos d'água superficiais e subterrâneos.

2. PROCEDIMENTOS PARA SELEÇÃO DOS INDICADORES

2.1 Fluxogramas das etapas metodológicas

Foi elaborado um Fluxograma que representa a seleção dos Indicadores de Sustentabilidade Hídrica para Zonas de Recarga - ISH_s-ZR, compatíveis quanto às interferências dos aspectos hidrológicos, hidrogeológicos, hidroquímicos e hidrogeoquímicos com representatividade nas Bacias, e outro Fluxograma que representa a seleção dos Indicadores de Sustentabilidade Hídrica em Zonas de Recarga como Apoio à Efetivação dos Programas e Metas do Enquadramento dos Corpos D'água - ISH_s-ZRENQUADRA.

Na etapa de elaboração dessa metodologia foram criados **códigos** e **siglas** para facilitar a sintetização das informações adotadas.

Os **Fluxogramas** apresentados nas Figuras **1A** e **2A**, representam 2 etapas denominadas de:

Etapa 1 - seleção, definição e consolidação dos indicadores, que permite visualizar o processo de análise até culminar na consolidação dos indicadores de sustentabilidade hídrica para zonas de recarga (ISH_s-ZR): **Figura 1A**;

Etapa 2 - significância e definição dos indicadores de sustentabilidade hídrica, que permite visualizar o processo de análise quanto à sustentabilidade hídrica até culminar na consolidação dos indicadores para apoio à implementação do enquadramento (ISH_s-ZRENQUADRA): **Figura 2A**.

Figura 1A: Fluxograma da 1ª etapa metodológica para análise dos **ISH_s-ZR** - seleção, definição e consolidação dos indicadores

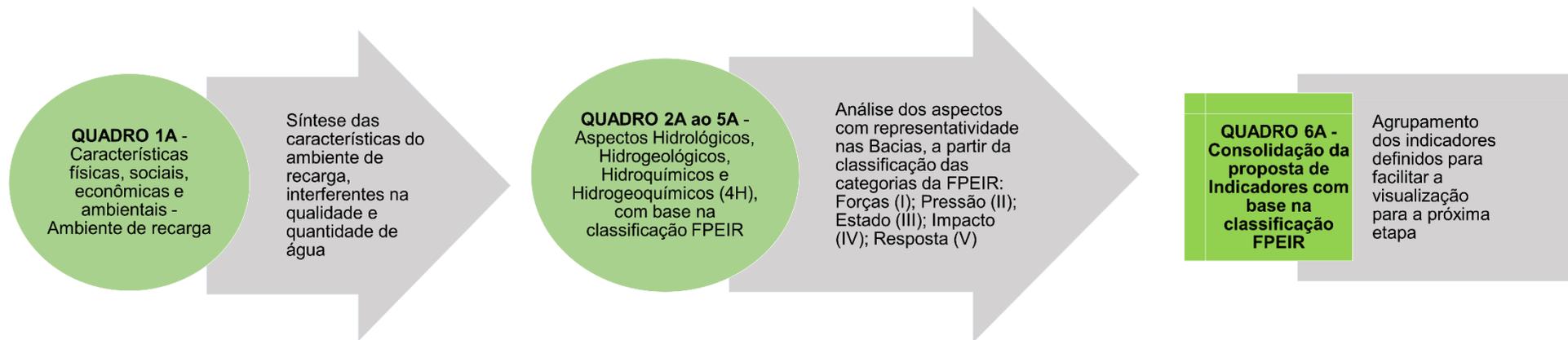


Figura 2A: Fluxograma da 2ª etapa metodológica para análise dos **ISH_s-ZR_{ENQUADRA}** - significância e definição dos indicadores de sustentabilidade hídrica



Estes Fluxogramas podem se transformar em importantes ferramentas de apoio para estabelecimentos de novas estratégias para seleção de indicadores, adotando-se que a etapa inicial e principal será a caracterização regional ou local, a qual se torna estratégica para o desenvolvimento das demais etapas.

A seguir são descritos o que deve conter nos **9 Quadros** gerados para auxiliar a implementação da metodologia proposta e como obter as informações:

Quadro 1A: representa a síntese das características do ambiente de recarga, interferentes na qualidade e quantidade de água; são dados obtidos nos Planos de Bacias, nos quais constam o diagnóstico e prognóstico.

Quadros 2A ao 5A: representam a análise dos aspectos hidrológicos, hidrogeológicos, hidroquímicos e hidrogeoquímicos com representatividade nas Bacias, a partir das categorias FPEIR: Forças (I), Pressão (II), Estado (III), Impacto (IV) e Resposta (V); que é um modelo utilizado para esta metodologia para aplicação da classificação de sustentabilidade, tendo como referências Carneiro (2015) e Carneiro et al (2017); os aspectos analisados foram extraídos após elaboração do Quadro 1A, em concordância com a análise obtida no Plano de Bacia em estudo;

Quadro 6A: representa a definição preliminar dos indicadores de sustentabilidade, agrupados com base na classificação FPEIR, sob a perspectiva dos aspectos preliminarmente analisados conforme apresentados nos Quadros 2A a 5A.

Após elaboração deste Quadro 6A, já é possível realizar a descrição dos Indicadores propostos. Como sugestão pode-se organizar por matriz: superficial, subterrânea e superficial-subterrânea. Essa descrição irá facilitar a análise posterior do nível de importância do indicador proposto, diante dos dados básicos necessários para sua composição e grau de significância para o ambiente em análise. No **Anexo 2**, é apresentado um modelo da organização dessa descrição, intitulado 'Descrição dos indicadores'.

Quadro 7A: representa os indicadores selecionados no Quadro 6A, os quais devem passar por uma verificação de correlação quanto à **classificação de significância** e por conseguinte serem definidos como Indicadores de Sustentabilidade Hídrica para Zonas de Recarga (ISH_s-ZR); Para essa etapa de verificação sugere-se a adoção dos autores a seguir:

i) Carneiro (2015): que estabeleceu uma análise de significância distribuindo os pilares de sustentabilidade em uma escala numérica de classificação, atribuindo notas 0, 7 e 10, que representam uma escala crescente de avaliação em relação à sustentabilidade hídrica:

- **0**, sinaliza que o indicador não representa uma situação de interferência muito crítica para as zonas de recarga quanto às evidências naturais no corpo hídrico ou devido à ações de uso e ocupação do solo;
- **7 ou 10**: sinaliza que pelo menos o contexto social, econômico e/ou ambiental foi contemplado na análise, sendo o indicador considerado significativo ou altamente significativo.

ii) Carneiro et al (2017): que a partir de uma vasta análise de literatura especializada, consideraram que indicadores relevantes sejam àqueles que abordem critérios que contemplam: medir o uso consuntivo e não consuntivo da água, destacar a importância ambiental dos recursos hídricos, estar relacionado à governança da água e representar o comportamento hidrológico da bacia hidrográfica.

Logo, para análise e classificação de significância, deve-se distribuir os indicadores do Quadro 6A, no Quadro 7A, buscando correlacionar cada indicador com o aspecto de sustentabilidade hídrica (hidrológico, hidrogeológico, hidroquímico ou hidrogeoquímico), associando também ao respectivo critério hídrico (Carneiro et al, 2017).

A escala numérica de classificação é lançada após a distribuição dos indicadores no Quadro 7A, conforme campo específico denominado “ES”.

Quadro 8A: representa os Indicadores de sustentabilidade hídrica em zonas de recarga (ISHs-ZR), selecionados anteriormente no Quadro 7A, os quais agora são considerados indicadores para acompanhar a efetivação dos programas e metas do enquadramento (ISHs-ZR_{ENQUADRA}) para **corpos d’água superficiais**, conforme **aspectos hidrológicos e hidroquímicos**; os indicadores podem ser distribuídos no Quadro 8A, em função de sua significância para cada programa e respectivo subprograma que se queira acompanhar.

Para auxiliar na tomada de decisão sobre qual dos **ISHs-ZR** escolher, para servir de acompanhamento aos programas para efetivação do enquadramento, adotam-se no presente trabalho os **Indicadores de Efetividade (IEs)**, os quais se referem às atividades ou procedimentos para que, em um futuro próximo (curto prazo) se estabeleça uma proposta de enquadramento para os corpos d’água superficiais.

Indicadores de efetividade (IE), é uma nomenclatura adotada no âmbito das propostas de enquadramento de corpos d’água, já elaboradas pelo órgão gestor na Bahia - Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA);

As atividades ou procedimentos ou IEs são facilmente identificados nos documentos elaborados na etapa de implementação do enquadramento, no Capítulo “Programa para Efetivação do Enquadramento”, que é um item obrigatório para implementação desse instrumento, conforme disposto no Art. 7º, da Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), nº 91/2008 (BRASIL, 2008), e que descreve os programas e respectivos subprogramas para enquadramento dos corpos d’água.

Para preenchimento do Quadro 8A, adota-se os seguintes passos:

- i) Selecionar os Indicadores de Efetividade (IEs), descritos nas propostas programas e respectivos subprogramas para enquadramento dos corpos d’água superficiais;

ii) Criar códigos para os IEs para facilitar a identificação da correlação com os ISHs-ZR, que representam as águas superficiais; sugestão: SUP01, SUP02, SUP03, SUP04 etc;

iii) Distribuir os ISHs-ZR no Quadro 8A, conforme suas correlações com os IEs e com os aspectos hidrológicos e hidroquímicos;

iv) Analisar cada ISHs-ZR quanto à forma de distribuição no Quadro 8A, quanto à sua significância para o IE correlacionado, bem como destacar o nível de concentração do ISHs-ZR para apoio à efetivação dos programas e metas do enquadramento dos corpos d'água; essa estratégia de análise pode ser consultada na dissertação mencionada na Apresentação do presente trabalho, e também no exemplo a seguir:

“Dos 19 ISHs-ZR_{ENQUADRA} definidos para acompanhar os programas para águas superficiais, 11 se distribuíram nos aspectos hidrológicos e 8 nos aspectos hidroquímicos, verificando-se uma grande concentração relacionados ao indicador de efetividade (IE) “SUP02-Aprimoramento do conhecimento sobre a quantidade e a qualidade das águas”, conforme resultados esperados.”

“O IE, SUP01, relacionado aos usos da água foi também bem representado pelos ISHs-ZR_{ENQUADRA}, uma vez que destacam as atividades com maior expansão nas bacias: indústria, agropecuária e ocupação urbana.”

“Os 3 ISHs-ZR_{ENQUADRA} - Nº de violações à Resolução Conama nº 357/2005, Índice do estado trófico-IET e Índice de qualidade das águas-IQA, representam bem a relação direta com o conhecimento da qualidade da água que o IE, SUP02, requer para acompanhamento da efetividade do programa.”

v) Após análise, pode-se selecionar quais indicadores ISHs-ZR podem ser considerados como ISHs-ZR_{ENQUADRA}, ou seja, quais podem dar subsídio para acompanhar a efetivação dos programas e metas do enquadramento;

vi) A definição final dos ISHs-ZR_{ENQUADRA} ficará bem destacada no Quadro 8A, utilizando-se os códigos pertinentes e cores para distinguir algum ISHs-ZR_{ENQUADRA} que mereça destaque, a exemplo da sua repetição em mais de um campo.

Quadro 9A: representa os Indicadores de sustentabilidade hídrica em zonas de recarga (ISHs-ZR), selecionados anteriormente no Quadro 7A, os quais agora são considerados indicadores para acompanhar a efetivação dos programas e metas do enquadramento (ISHs-ZR_{ENQUADRA}) para **corpos d'água subterrâneos**, conforme **aspectos hidrogeológicos e hidrogeoquímicos**; os indicadores podem ser distribuídos no Quadro 9A, em função de sua significância para cada programa e respectivo subprograma que se queira acompanhar.

Para auxiliar na tomada de decisão sobre qual dos **ISHs-ZR** escolher, para servir de acompanhamento aos programas para efetivação do enquadramento, adotam-se no presente trabalho os **Indicadores de Efetividade (IEs)**, os quais se referem às atividades ou procedimentos para que, em um futuro próximo (curto prazo) se estabeleça uma proposta de enquadramento para os aquíferos, que é a unidade em análise na bacia hidrográfica considerada.

Indicador de efetividade (IE), é uma nomenclatura adotada no âmbito das propostas de enquadramento de corpos d'água, já elaboradas pelo órgão gestor na Bahia - Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA);

As atividades ou procedimentos ou IEs são facilmente identificados nos documentos elaborados na etapa de implementação do enquadramento, no Capítulo "Programa para Efetivação do Enquadramento", que é um item obrigatório, conforme disposto no Art. 7º, da Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), nº 91/2008 (BRASIL, 2008), e que descreve os programas e respectivos subprogramas para enquadramento dos corpos d'água.

Para preenchimento do Quadro 9A, adota-se os seguintes passos:

- i) Selecionar os Indicadores de Efetividade (IEs), descritos nas propostas programas e respectivos subprogramas para enquadramento dos aquíferos;
- ii) Criar códigos para os IEs para facilitar a identificação da correlação com os ISHs-ZR, que representam as águas subterrâneas; sugestão: SUB01, SUB02, SUB03, SUB04, SUB05 etc;

iii) Distribuir os ISHS-ZR no Quadro 9A, conforme suas correlações com os IEs e com os aspectos hidrogeológicos e hidrogeoquímicos;

iv) Analisar cada ISHS-ZR quanto à forma de distribuição no Quadro 9A, quanto à sua significância para o IE correlacionado, bem como destacar o nível de concentração do ISHS-ZR para apoio à efetivação dos programas e metas do enquadramento dos corpos d'água; essa estratégia de análise pode ser consultada na dissertação mencionada do presente trabalho, e também no exemplo a seguir:

“Dos 14 ISHS-ZR_{ENQUADRA} definidos para acompanhar os programas para águas subterrâneas (já considerando as repetições), 7 se distribuíram nos aspectos hidrogeológicos e 7 nos aspectos hidrogeoquímicos, demonstrando um maior cuidado quanto ao acompanhamento das captações no aquífero (IE: SUB01), quanto ao monitoramento qualitativo e quantitativo das águas subterrâneas (IE: SUB02) e, quanto ao acompanhamento das características hidrogeológicas e hidrogeoquímicas dos aquíferos (IE: SUB03).

“Percebeu-se a necessidade de distribuir 3 ISHS-ZR_{ENQUADRA} que representam aspectos hidrogeoquímicos, dentre duas categorias de indicadores de efetividade - SUB01 (Cadastramento das captações subterrâneas) e SUB04 (Caracterização do uso e ocupação do solo), ambas com referência à atividades humanas na área de recarga das bacias do Joanes e Jacuípe: i) Presença de estabelecimentos industriais, ii) Distribuição de atividades agropecuárias e iii) Alta taxa de ocupação urbana.”

v) Após análise, pode-se selecionar quais indicadores ISHS-ZR podem ser considerados como ISHS-ZR_{ENQUADRA}, ou seja, quais podem dar subsídio para acompanhar a efetivação dos programas e metas do enquadramento dos aquíferos na bacia;

vi) A definição final dos ISHS-ZR_{ENQUADRA} ficará bem destacada no Quadro 9A, utilizando-se os códigos pertinentes e cores para distinguir algum ISHS-ZR_{ENQUADRA} que mereça destaque, a exemplo da sua repetição em mais de um campo.

Considerando a elaboração dos **Quadros 8A e 9A**, espera-se que os ISHs-ZRENQUADRA:

- i) Possam mensurar os reflexos do comportamento de cada ação e intervenção proposta no âmbito da bacia, avaliando-se as melhorias e falhas;
- ii) Dêem subsídio para propor medidas estruturais e não-estruturais que minimizem ou favoreçam o alcance dos objetivos e metas para o enquadramento, estabelecidos.
- iii) Sejam representativos para outras bacias brasileiras, com liberdade de variação na escolha de qual indicador é prioritário para um monitoramento contínuo ou com periodicidade definida, conforme as metas progressivas do enquadramento de curto, médio e longo prazo;
- iv) Atendam os critérios de sustentabilidade hídrica, uma vez que refletem as interferências de empreendimentos de impacto socioeconômico, estruturas de saneamento, instalações comerciais, agropecuárias e industriais;
- v) Evidenciem indicadores específicos relacionados ao comportamento hidroquímico e hidrogeoquímico, pois representam diretamente a condição de atendimento à meta de qualidade da água;
- vi) Evidenciem indicadores específicos relacionados ao comportamento hidrológico e hidrogeológico, com foco na disponibilidade hídrica da Bacia, além do significado econômico, por dar subsídio ao desenvolvimento de qualquer região.

A seguir são apresentados os modelos dos Quadros 1A ao 9A, propostos.

QUADRO 1A - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, SOCIAIS, ECONÔMICAS E AMBIENTAIS - AMBIENTE DE RECARGA

ASPECTO	CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE DE RECARGA
Físico	
Ambiental	
Social	
Econômico	

QUADRO 2A - ASPECTOS HIDROLÓGICOS COM BASE NA CLASSIFICAÇÃO FPEIR - AMBIENTE DE RECARGA

ASPECTOS HIDROLÓGICOS	REPRESENTATIVIDADE NAS BACIAS	CLASSIFICAÇÃO DA FPEIR
Inserir o indicador correspondente ao aspecto hidrológico	Preencher com descrição do aspecto hidrológico	Preencher com atribuição do modelo de classificação FPEIR, conforme a relação de sustentabilidade

Legenda:

Modelo de Classificação FPEIR: Forças (I), Pressão (II), Estado (III), Impacto (IV) e Resposta (V)

QUADRO 3A - ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS COM BASE NA CLASSIFICAÇÃO FPEIR - AMBIENTE DE RECARGA

ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS	REPRESENTATIVIDADE NAS BACIAS	CLASSIFICAÇÃO DA FPEIR
Inserir o indicador correspondente ao aspecto hidrogeológico	Preencher com descrição do aspecto hidrogeológico	Preencher com atribuição do modelo de classificação FPEIR, conforme a relação de sustentabilidade

Legenda:

Modelo de Classificação FPEIR:

Forças (I), Pressão (II), Estado (III), Impacto (IV) e Resposta (V).

QUADRO 4A - ASPECTOS HIDROQUÍMICOS COM BASE NA CLASSIFICAÇÃO FPEIR - AMBIENTE DE RECARGA

ASPECTOS HIDROQUÍMICOS	REPRESENTATIVIDADE NAS BACIAS	CLASSIFICAÇÃO DA FPEIR
Inserir o indicador correspondente ao aspecto hidroquímico	Preencher com descrição do aspecto hidroquímico	Preencher com atribuição do modelo de classificação FPEIR, conforme a relação de sustentabilidade

Legenda:

Modelo de Classificação FPEIR:

Forças (I), Pressão (II), Estado (III), Impacto (IV) e Resposta (V).

QUADRO 5A - ASPECTOS HIDROGEOQUÍMICOS COM BASE NA CLASSIFICAÇÃO FPEIR - AMBIENTE DE RECARGA

ASPECTOS HIDROGEOQUÍMICOS	REPRESENTATIVIDADE NAS BACIAS	CLASSIFICAÇÃO DA FPEIR
Inserir o indicador correspondente ao aspecto hidrogeoquímico	Preencher com descrição do aspecto hidrogeoquímico	Preencher com atribuição do modelo de classificação FPEIR, conforme a relação de sustentabilidade

Legenda:

Modelo de Classificação FPEIR: Forças (I), Pressão (II), Estado (III), Impacto (IV) e Resposta (V)

QUADRO 6A – SÍNTESE DOS INDICADORES PROPOSTOS COM BASE NA CLASSIFICAÇÃO FPEIR - ZONAS DE RECARGA

INDICADORES HIDROLÓGICOS	INDICADORES HIDROGEOLÓGICOS	INDICADORES HIDROQUÍMICOS	INDICADORES HIDROGEOQUÍMICOS
INSERIR O TOTAL DE INDICADORES			

QUADRO 7A – DEFINIÇÃO DE INDICADORES CONSIDERANDO A SIGNIFICÂNCIA PARA SUSTENTABILIDADE HÍDRICA NAS ZONAS DE RECARGA (ISH_S-ZR)

CRITÉRIOS HÍDRICOS (Carneiro et al, 2017)	INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA							
	Hidrológico	ES	Hidrogeológico	ES	Hidroquímico	ES	Hidrogeoquímico	ES
Indicadores que medem o uso consuntivo da água								
Indicadores de uso não consuntivo da água								
Indicadores relacionados ao papel ambiental dos recursos hídricos								
Indicadores relacionados à governança da água								
Indicadores hidrológicos								

Legenda:

ES – escala de significância hídrica: 0, 7 ou 10, representam uma escala crescente de avaliação associada ao contexto social, econômico e/ou ambiental na unidade de estudo.

0 Pouco significativo
 7 Significativo
 10 Altamente significativo

Fonte: Carneiro (2015); Carneiro et al (2017)

Os indicadores que obtiverem notas 7 ou 10 permanecem como prioritários, e os que obtiveram nota 0, saem da prioridade do estudo.

QUADRO 8A - ISHS-ZR_{ENQUADRA} / INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA EM ZONAS DE RECARGA COMO APOIO À EFETIVAÇÃO DOS PROGRAMAS E METAS DO ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA (ÁGUAS SUPERFICIAIS)

	Aspecto	PROGRAMAS PARA EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO NA REGIÃO DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DAS ÁGUAS (RPGA)			
		SUBPROGRAMA (águas superficiais): inserir nome do subprograma			
		INDICADORES DE EFETIVIDADE - IE			
		Preencher com o IE correspondente	Preencher com o IE correspondente	Preencher com o IE correspondente	Preencher com o IE correspondente
INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA PARA ZONAS DE RECARGA - ÁGUAS SUPERFICIAIS	Hidroológico	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}
		preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}
		preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}
		preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}
		preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}
	Hidroquímico	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}
		preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}
		preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}
		preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}
		preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}
		preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}
		preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}

QUADRO 9A - ISHS-ZR_{ENQUADRA} / INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA EM ZONAS DE RECARGA COMO APOIO À EFETIVAÇÃO DOS PROGRAMAS E METAS DO ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA (ÁGUAS SUBTERRÂNEAS)

	Aspecto	PROGRAMAS PARA EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO NA REGIÃO DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DAS ÁGUAS (RPGA)			
		SUBPROGRAMA (águas subterrâneas): inserir nome do subprograma			
		INDICADORES DE EFETIVIDADE - IE			
		Preencher com o IE correspondente	Preencher com o IE correspondente	Preencher com o IE correspondente	Preencher com o IE correspondente
INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA PARA ZONAS DE RECARGA - ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	Hidrogeológico	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}
		preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}
		preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}
	Hidrogequímico	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}
		preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}
		preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}
		preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}	preencher com os ISHS-ZR _{ENQUADRA}

Os códigos criados para os Quadros 8A e 9A, podem ser alterados em função do tipo e quantidade de programas e subprogramas elaborados para atender o enquadramento da Bacia Hidrográfica considerada.

A dissertação citada no capítulo da apresentação pode ser consultada a título de contextualização e padronização para o preenchimento desses Quadros.

2.2. Fichas de acompanhamento da geração e atualização de dados

Para dar suporte à visualização do acompanhamento da efetivação dos programas e metas do enquadramento com base nos ISH_s-ZRENQUADRA, propõe-se a adoção de **Fichas de Acompanhamento**, cujo objetivo específico é observar se houve geração e atualização de dados e estudos, na área de interesse.

A elaboração dessas **Fichas de Acompanhamento** (Ficha 1A e Ficha 2A) tomou como referência os 4 (quatro) subprogramas para efetivação do monitoramento e enquadramento na Região e Planejamento e Gestão da Água (RPGA) do Recôncavo Norte e Inhambupe (RNI), referente aos corpos d'água superficiais e subterrâneos, citados em Bahia (2018a) (Anexo 1).

Para mensurar os indicadores, propõe-se que os ISH_s-ZRENQUADRA, dos Quadros 8A e 9A, sejam avaliados definindo-se uma escala de pontuação com notas; Ou seja, conforme se identifica se houve alguma mudança ou informação importante referente à efetivação do programa ou meta de enquadramento em análise, no trecho em acompanhamento, pode-se mensurar o nível de comportamento do indicador, referente ao atendimento esperado.

A estratégia com atribuição de notas é usualmente adotada para mensurar indicadores, a exemplo do estudo de Almeida (2012) e Bertule et al (2018), base referenciais utilizadas no âmbito da dissertação. Logo, para este estudo, propõe-se a seguinte avaliação:

0: indica que não houve estudo que deem base ao ISH-ZRENQUADRA que represente o trecho;

1: reflete que não houve estudos atualizados que deem base ao ISH-ZR_{ENQUADRA}, embora exista esse estudo no trecho;

2: reflete que houve atualização de dados que dão base ao ISH-ZR_{ENQUADRA}, mas não representa condição favorável para atingir a meta final de enquadramento;

3: indica que o estudo de dados que deem base ao ISH-ZR_{ENQUADRA} é atual e representa uma condição favorável para atingir a meta final de enquadramento.

A **Ficha 1A**, Na **Ficha 1A**, a seguir, apresenta como deve ser a inserção das informações em análise, bem como a forma de adoção da escala de avaliação conforme a meta de enquadramento estabelecida para o trecho em acompanhamento.

FICHA 1A - ACOMPANHAMENTO DA GERAÇÃO E ATUALIZAÇÃO DE DADOS – PROGRAMAS E METAS PARA EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO (Águas Superficiais)

FICHA DE ACOMPANHAMENTO: AVALIAÇÃO DOS ISH _S -ZR _{ENQUADRA} CONFORME O SUBPROGRAMA AO QUAL ESTÃO INSERIDOS								
Código do trecho:			Classe atual:			Classe Meta final:		
ISH _S -ZR _{ENQUADRA}	SUP01	Avaliação / Nota (0, 1, 2 ou 3)	SUP02	Avaliação / Nota (0, 1, 2 ou 3)	SUP03	Avaliação / Nota (0, 1, 2 ou 3)	SUP04	Avaliação / Nota (0, 1, 2 ou 3)
preencher com nome do Indicador	inserir análise sintética do indicador	inserir nota	inserir análise sintética do indicador	inserir nota	inserir análise sintética do indicador	inserir nota	inserir análise sintética do indicador	inserir nota
preencher com nome do Indicador	inserir análise sintética do indicador	inserir nota	inserir análise sintética do indicador	inserir nota	inserir análise sintética do indicador	inserir nota	inserir análise sintética do indicador	inserir nota
preencher com nome do Indicador	inserir análise sintética do indicador	inserir nota	inserir análise sintética do indicador	inserir nota	inserir análise sintética do indicador	inserir nota	inserir análise sintética do indicador	inserir nota

Informações para cada campo da Ficha 1A:

ISH_S-ZR_{ENQUADRA}: preencher com nome do indicador

SUP01, 02, 03 e 04: inserir análise sintética do indicador

Avaliação/Nota: inserir nota (0, 1, 2 ou 3)

A **Ficha 2A**, a seguir, apresenta como deve ser a inserção das informações em análise, bem como a forma de adoção da escala de avaliação conforme a meta de enquadramento estabelecida para o aquífero em acompanhamento.

FICHA 02 - ACOMPANHAMENTO DA GERAÇÃO E ATUALIZAÇÃO DE DADOS – PROGRAMAS E METAS PARA EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO (Águas Subterrâneas)

FICHA DE ACOMPANHAMENTO: AVALIAÇÃO DOS IHS _S -ZRENQUADRA CONFORME O SUBPROGRAMA AO QUAL ESTÃO INSERIDOS								
Código do Aquífero:			Classe atual:			Classe Meta final:		
IHS _S -ZRENQUADRA	SUB01	Avaliação / Nota (0, 1, 2 ou 3)	SUB02	Avaliação / Nota (0, 1, 2 ou 3)	SUB03	Avaliação / Nota (0, 1, 2 ou 3)	SUB04	Avaliação / Nota (0, 1, 2 ou 3)
preencher com nome do indicador	inserir análise sintética do indicador	inserir nota	inserir análise sintética do indicador	inserir nota	inserir análise sintética do indicador	inserir nota	inserir análise sintética do indicador	inserir nota
preencher com nome do indicador	inserir análise sintética do indicador	inserir nota	inserir análise sintética do indicador	inserir nota	inserir análise sintética do indicador	inserir nota	inserir análise sintética do indicador	inserir nota
preencher com nome do indicador	inserir análise sintética do indicador	inserir nota	inserir análise sintética do indicador	inserir nota	inserir análise sintética do indicador	inserir nota	inserir análise sintética do indicador	inserir nota

Informações para cada campo da Ficha 02:

IHS_S-ZRENQUADRA: preencher com nome do indicador
 SUB01, 02, 03 e 04: inserir análise sintética do indicador
 Avaliação/Nota: inserir nota (0, 1, 2 ou 3)

Essas **Fichas de Acompanhamento** foram organizadas para receber informações por trecho ou por aquífero, por classe atual e por classe meta (final).

2.2.1 Simulação para preenchimento da Ficha de Acompanhamento

Para testar a inserção de dados, a visualização da avaliação das informações e a mensuração adotada, foi realizada uma simulação com outra bacia hidrográfica na Bahia, também localizada em zona litorânea, ao sul da Bacia do RNI, sendo que é a Bacia mais próxima da Bacia do RNI com Plano de Recursos Hídricos e Enquadramento elaborados e vigentes no Estado. Suas Resoluções de aprovação estão disponíveis em: <http://www.inema.ba.gov.br/planos-de-bacias/http>.

A simulação foi realizada na Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) denominada Rio Jaguaripe, e o subprograma identificado no relatório de implementação no capítulo “Programas para Efetivação do Enquadramento” foi “Ampliar rede de qualidade de água superficial complementar e garantir acesso aos usuários às informações coletadas”. Foi possível também identificar o trecho e a classe de enquadramento atual e a classe meta. Esses dados foram inseridos na **Ficha 1A-teste**, utilizada na simulação para analisar a efetivação de um dos programas e meta de enquadramento dos copos d’água superficiais da Bacia.

FICHA 1A-teste - ACOMPANHAMENTO DA GERAÇÃO E ATUALIZAÇÃO DE DADOS – PROGRAMAS E METAS PARA EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO – Águas Superficiais – Bacia do Recôncavo Sul

BACIA: RECONCAVO SUL	UPGRH: RIO JAGUARIFE	SUB-PROGRAMA: Ampliar rede de qualidade de água superficial complementar e garantir acesso aos usuários às informações coletadas		
Código do trecho: JG_4 / RCS-JGP-320 (Rio Jaguaripe) / zona urbana de Nazaré		Classe atual: 4 Classe Meta final: 3		
ISH_S-ZR_{ENQUADRA}	SUP01 - Disponibilização dos dados de monitoramento	Avaliação / Nota (0, 1, 2 ou 3)	SUP02 - Elaborar projeto e implementar a rede complementar de monitoramento da qualidade da água superficial	Avaliação / Nota (0, 1, 2 ou 3)
Número de violações ao Conama 357/05 (N°)	dados monitorados pelo Programa Monitora e disponibilizados no SEIA	2	Análise realizada periodicamente, com geração de gráficos, mas carece de análise consolidada do resultado para tomada de decisão quanto ao número de pontos e parâmetros a serem acrescentados ou mantidos	2
Índice de qualidade das águas (IQA) (N°)	dados monitorados pelo Programa Monitora e disponibilizados no SEIA	2	IQA calculado periodicamente, mas carece de análise consolidada do resultado para tomada de decisão quanto ao número de pontos e parâmetros a serem acrescentados ou mantidos	2
Índice do estado trófico (IET) (N°)	dados monitorados pelo Programa Monitora e disponibilizados no SEIA	2	IET calculado periodicamente, mas carece de análise consolidada do resultado para tomada de decisão quanto ao número de pontos a serem acrescentados ou mantidos	2

I) PREENCHIMENTO DA FICHA 1A-TESTE COM OS SUBPROGRMAS, OS IEs E OS ISH_S-ZR_{ENQUADRA}:

- a) A partir do subprograma identificado, identificou-se 2 (dois) indicadores de efetividade (IE):
- SUP01 - Disponibilização dos dados de monitoramento

- SUP02 - Elaborar projeto e implementar a rede complementar de monitoramento da qualidade da água superficial
- b) Em função desses 2 IEs, identificou-se quais ISHs-ZRENQUADRA poderiam servir de acompanhamento para elaboração de estudos e ou atualização das condições de qualidade da água do rio Jaguaripe, no trecho específico (código JG_4/RCS-JGP-320). Selecionou-se:
- Número de violações ao Conama 357/05 (Nº)
 - Índice de qualidade das águas (IQA) (Nº)
 - Índice do estado trófico (IET) (Nº)
- **ressalta-se que esses ISHs-ZRENQUADRA são definidos na etapa de elaboração do Quadro 8A, conforme descrito no item 2.1, deste Produto.**
- c) As análises dos dados necessários que compõem os ISHs-ZRENQUADRA foram realizadas a partir da busca de informações junto ao(s) órgãos responsável(eis) pela execução das ações. No caso em questão é o INEMA;
- d) De posse das informações, sejam obtidas em relatórios, em sites do órgão ou em consulta ao técnico responsável, pode-se identificar o status atual e preencher a coluna correspondente na Ficha de Acompanhamento.

ANÁLISE DA FICHA 1A-TESTE:

- e) O status do SUP01 “dados monitorados pelo Programa Monitora e disponibilizados no SEIA” se repete porque os 3 ISHs-ZRENQUADRA propostos para análise são gerados simultaneamente pelo órgão, quando elaborados;
- f) A **nota 2** atribuída ao SUP01 reflete que houve atualização de dados de qualidade da água, um vez que existe uma rede de monitoramento, e as campanhas são periódicas e esses dados podem ser utilizados para mensurar os 3 ISHs-ZRENQUADRA, mas não representa condição favorável para atingir a meta final de enquadramento, pois foi identificado que nem todos os dados estão consolidados e os pontos monitorados são insuficientes para análise do trecho em questão;

- g) Os status lançados nos 3 ISHs-ZR_{ENQUADRA} do SUP02, evidencia que são indicadores que possuem dados usualmente gerados, mas carece de análise consolidada do resultado para tomada de decisão quanto ao número de pontos e parâmetros a serem acrescentados ou mantidos;
- h) A **nota 2** atribuída ao SUP02 reflete que houve atualização de dados de qualidade da água, uma vez que existe uma rede de monitoramento, com campanhas periódicas e esses dados podem ser utilizados para mensurar os 3 ISHs-ZR_{ENQUADRA}, mas não representa condição favorável para atingir a meta final de enquadramento, pois foi identificado que não tem perspectiva de elaboração de Projeto e nem de ampliação e consolidação da rede de monitoramento existente, que se relacione com o trecho em questão;
- i) Outra análise importante se refere à caracterização atual do trecho em relação às prováveis interferências na condição de qualidade do rio, cuja informação não foi obtida.

Logo, verificou-se que os dados podem ser preenchidos de forma objetiva e sintética, uma vez que espera-se que essas Fichas venham compor um relatório de maior abrangência, com dados explicativos, conforme sejam demandados.

Em vista dessa análise, verifica-se que pode-se dar uma resposta aos tomadores de decisão (inclusive aos Comitês de Bacias) sobre o andamento da efetivação dos programas e metas de enquadramento, uma vez que esses dados da Ficha 1A-teste demonstram que houve avanços para atingir os usos da água pretendidos para os corpos d'água na Bacia. Outra situação que poderia ser analisada, caso as notas mensuradas fossem 0 ou 1, não sendo o caso específico, é que os órgãos responsáveis estão estagnados em relação as ações estabelecidas.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso dos Indicadores de Efetividade (IEs) também chamadas de atividades correspondes às ações propostas, foi sugerido para aplicar no presente trabalho, pois se trata de uma nomenclatura adotada no âmbito das propostas de enquadramento de corpos d'água já elaboradas pelo órgão de recursos hídricos na Bahia, INEMA.

Para outros estados cabe identificar quais atividades citadas nos programas se correlacionam aos IEs.

Na simulação não foram contemplados indicadores de cunho Institucional, porque no estudo desenvolvido no âmbito da dissertação de mestrado, indicada como referência da metodologia adotada para este Produto, a seleção das variáveis básicas ou aspectos, se concentraram nos contextos ambientais e socioeconômicos. Nos Planos de Bacias que enfoquem maior interferência de ações da gestão pública ou privada, provavelmente aspectos institucionais teriam destaque, uma vez que também se correlacionam com os critérios de sustentabilidade hídrica, sinalizados por Carneiro (2015), e seriam portanto, objeto de análise no modelo de classificação FPEIR: Forças (I), Pressão (II), Estado (III), Impacto (IV) e Resposta (V), na elaboração dos Quadros 2A ao 6A, desenvolvidos no item 2.1.

Foi criada a Ficha de Acompanhamento, para mensurar quali-quantitativamente a efetivação do enquadramento com base nos ISH_s-ZRENQUADRA, e verifica-se que é de fácil inserção de dados. A eficiência do uso dessa Ficha fica refém da disponibilidade das informações necessárias, que interferem na análise dos indicadores de sustentabilidade hídrica.

Com o alcance dos resultados o produto ora apresentado, constando dos procedimentos metodológicos pode ser considerado como um **protocolo ou regras**, a serem adotadas em bacias hidrográficas similares à da área de estudo.

Cabe avaliar se todos os ISH_s-ZRENQUADRA podem ser acompanhados baseando-se na avaliação sugerida de pontos (0 a 3). Caso contrário, pode-se criar pontuação específica para cada resultado esperado.

Sugere-se que essas Fichas sejam construídas para cada trecho d'água ou aquífero que tenha meta de qualidade (classe) estabelecida, considerando a condição atual e condição almejada (meta final). Assim como, os dados para análise dos indicadores de sustentabilidade hídrica sejam gerados periodicamente, consolidados pelos órgãos responsáveis pela gestão dessas informações e disponibilizados para os usuários interessados.

Portanto, a submissão desse Produto à um grupo de especialistas no âmbito das Instituições de acompanhamento da implementação das ações de gestão de recursos hídricos, inclusive os Comitês de bacias hidrográficas, evidenciará maior eficiência na aplicação dos ISHS-ZR_{ENQUADRA} e validação da proposta metodológica.

Logo, espera-se que os resultados desse Produto com uso das ferramentas construídas, possam:

- i) Ser utilizada no âmbito dos Comitês de Bacias Hidrográficas, os quais representam os usuários da água no acompanhamento do atendimento às metas do enquadramento pretendido;
- ii) Apoiar na tomada de decisão quanto à definição de parâmetros e indicadores para que se tornem estratégicos para subsidiar a implementação de um monitoramento das águas e fortalecer o processo de enquadramento;
- iii) Contribuir para o enriquecimento e ampliação de pesquisa, realizando investigações, e possibilitando o apoio a parcerias entre os atores interessados.

4 REFERENCIAS

ALMEIDA, Rosa A. S. de.. Índice de Qualidade de Uso da Água Subterrânea (e-IQUAS): uma Metodologia de Modelagem Numérica Flexível. Tese de Doutorado (Doutorado em Energia e Ambiente), Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, 2012. 344p

BAHIA. Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. INEMA. Plano de ações estratégicas para gerenciamento dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Recôncavo Norte e Inhambupe. PP04 - Relatório do plano de ações estratégicas (PAE) - BHRNI. Salvador: SEMA, 180p. 2018a.

BAHIA. Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. INEMA. Plano de ações estratégicas para gerenciamento dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Recôncavo Norte e Inhambupe. PP02 – Caracterização das Bacias Hidrográficas. Salvador: SEMA, 42p. 2018b.

BERTULE, Maija; GLENNIE, Paul; BJØRNSSEN, Peter; LLOYD, Gareth. Monitoring Water Resources Governance Progress Globally: Experiences from Monitoring SDG Indicator 6.5.1 on Integrated Water Resources Management Implementation. *Water*, 2018, 10, 1744.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Resolução CNRH nº 91, 5 de novembro de 2008. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. Diário Oficial da União, Brasília, 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Diário Oficial da União, Brasília, 1997.

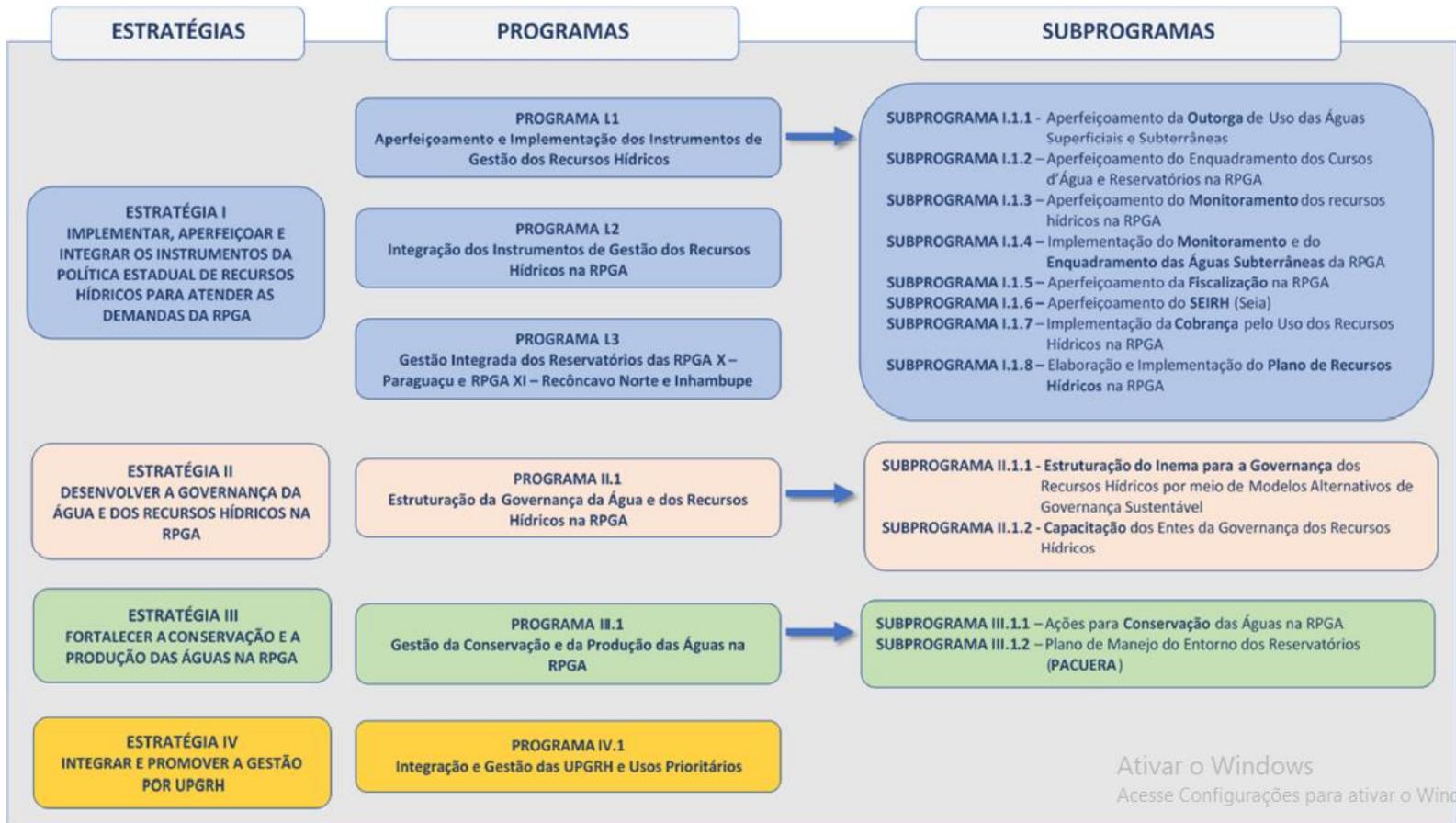
CARNEIRO, A. P.; MORATO, J.; PEIXOTO, H.; BOTERO, V.; ZULUAGA, L.; FIGUEROA, A.. Sustainability Assessment of indicators for integrated water resources management. Revista Science of the Total Environment. Disponível em: www.elsevier.com/locate/scitotenv. p.139-147. 2017.

CARNEIRO, A. P.. Multi-criteria and Participatory Approach to Socio-Economic and Environmental and Institutional Indicators for Sustainable Water Use and Management at River Basin Level. Tese (Doutorado). Universidade Politécnica de Catalunya, Espanha, 2015, p279.

WST. Water Services and Technologies Ltda. EMBASA. Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. Relatório Técnico Final. Estudo Hidrogeológico da Borda Leste da Bacia do Recôncavo - Produto 05. Belo Horizonte: WST, 101p. 2019.

ANEXO 1

DIAGRAMA DAS ESTRATÉGIAS DO PLANO DE AÇÕES ESTRAGÉGICO (PAE) – BAHIA (BAHIA, 2018a)



ANEXO 2

DESCRIÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA PROPOSTOS

MATRIZ: ÁGUAS SUPERFICIAIS

ISH-ZR ^{ENQUADRA} : ÁGUAS SUPERFICIAIS	Unidade	DESCRIÇÃO
Presença de grandes barragens	nº	número disponível no Inventário das Barragens do estado da Bahia (www.inema.ba.gov.br); são barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, disposição final ou temporária de rejeitos e acumulação de resíduos industriais
Demanda de captação superficial para abastecimento humano	Hm ³ /ano	parcela de água superficial consumida no ano para atender abastecimento humano (usuários outorgados para captação)
Precipitação média anual	mm/ano	expressa a altura de água de chuva (em mm) caída e acumulada sobre uma superfície plana e impermeável (bacia hidrográfica)
Evapotranspiração média anual	mm/ano	expressa a altura de perda d'água (em mm) por evaporação (fenômenos físicos nas superfícies aquáticas) e transpiração (fenômenos fisiológicos dos vegetais) no âmbito da bacia hidrográfica
Disponibilidade hídrica superficial total (m ³ /s)	m ³ .s ⁻¹	representa o somatório de três componentes: disponibilidade hídrica natural do corpo d'água (Q90), vazão regularizada em grandes reservatórios (Qreg) e do somatório das vazões transferidas (canais e adutoras); O critério utilizado no PAEPRNI corresponde à vazão garantida com permanência de 90% (Q90).
Densidade de estações pluviométricas	km ² /estação	área da bacia em km ² contemplada com estação pluviométrica; a Organização Meteorológica Mundial (OMM), recomenda densidade mínima de 1 estação pluviométrica para uma área de drenagem de 500 km ² (https://arquivos.ana.gov.br/infohidrologicas/cadastro/ManualparaElaboracaodeProjetodeInstalacaodeEstacoes.pdf)
Densidade de estações fluviométricas	km ² /estação	área da bacia em km ² contemplada com estação fluviométrica; a Organização Meteorológica Mundial (OMM), recomenda densidade mínima de 1 estação fluviométrica para uma área de drenagem de 500 km ² (https://arquivos.ana.gov.br/infohidrologicas/cadastro/ManualparaElaboracaodeProjetodeInstalacaodeEstacoes.pdf)
Área de Proteção Ambiental (APA)	% da UPGRH	percentual da área da UPGRH (Bahia) protegida por Unidades de Conservação
Vulnerabilidade a inundações (IVI)	%	percentual de trechos de rios críticos, associados a chuvas e elevação do nível do mar, classificados quanto a frequência de ocorrência e o impacto potencial em cada trecho: nula (0); baixa (1); média (2 a 4) e alta (5 a 9) trechos (https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/2cfa808b-b370-43ef-8107-5c3bfd7acf9c/attachments/Atlas_de_Vulnerabilidade_a_Inundaes.pdf)
Número de violações ao Conama 357/05	nº	número de violações verificadas ao confrontar os pontos amostrados com os padrões de referência da CONAMA 357/05
Índice do estado trófico (IET)	nº	número ponderado obtido com aplicação da fórmula do IET, que avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas; varia de 0,5 a 5 (https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/04.pdf)
Índice de qualidade das águas (IQA)	nº	número obtido com aplicação da fórmula do IQA, variando de 0 a 100; qi = qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica de qualidade; wi = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1 (https://www.cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/02.pdf)

Fonte principal: Plano de Ações Estratégicas (PAE) para Gerenciamento dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Recôncavo Norte e Inhambupe (BAHIA, 2018b)

MATRIZ: ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

ISH-ZR <small>ENQUADRA:</small> ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	Unidade	DESCRIÇÃO
Demanda de captação subterrânea para abastecimento humano	Hm ³ /ano	parcela de água subterrânea consumida no ano para atender abastecimento humano (usuários outorgados para captação)
Índice de qualidade das águas subterrâneas (IQAs)	nº	número obtido com aplicação da fórmula do IQAs a ser adotado para a Bacia em estudo, variando de 0 a 100 (Almeida, 2012)
Número de violações à Resolução Conama nº 396/08	nº	violações verificadas ao confrontar os poços amostrados com os padrões de referencia da Resolução CONAMA nº 396/08
Disponibilidade hídrica Subterrânea	m ³ /ano	representa a reserva renovável (volume) oriunda da porção da água de chuva que precipita diretamente sobre o solo e permeia a zona não saturada até atingir o sistema aquífero (zona saturada) somada com a reserva permanente (volume) armazenada no sistema aquífero, e que corresponde ao volume do espaço poroso existente no aquífero.
Condições de contorno para recarga	mm/ano	representam os mecanismos de entrada e saída de água nos aquíferos (recarga por infiltração de águas de chuva; contribuição das drenagens representadas por rios e córregos; presença de poços e reservatórios; fluxo tem interferência de divisores dos aquíferos)
Direção de fluxo subterrâneo	m (carga hidráulica)	representa as direções principais de fluxo subterrâneo, representado pelos pontos de maior gradiente e entre pontos de mesma carga hidráulica (m)
Salinidade das águas subterrâneas	(mg.L ⁻¹ de Cl ⁻) ; (µS/cm)	representam a distribuição espacial dos valores de condutividade elétrica (µS/cm) ou concentrações de cloreto (mg.L ⁻¹ de Cl ⁻) na água subterrânea

Fonte principal: Relatório Técnico Final. Estudo Hidrogeológico da Borda Leste da Bacia do Recôncavo - Produto 05 (WST & EMBASA, 2019)

MATRIZ: ÁGUAS SUPERFICIAIS-SUBTERRÂNEAS

ISH-ZR ^{ENQUADRA} : ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS	Unidade	DESCRIÇÃO
Presença de estabelecimentos Industriais	nº	número de estabelecimentos industriais distribuídos na bacia, com potencial poluidor
Distribuição de atividades agropecuárias	% da UPGRH	percentual da UPGRH (Bahia) ocupada por atividades agropecuárias
Alta taxa de ocupação urbana	hab.km ⁻²	densidade demográfica medida pela relação população por km ² de área ocupada
Lançamento de esgoto <i>in-natura</i>	nº	número de lançamento de despejos de esgoto <i>in-natura</i> identificados nos trechos d'água
Balanço hídrico	Hm ³ /ano	confronto das disponibilidades com as demandas hídricas resultando em armazenamento positivo ou negativo (Hm ³ /ano)
Índice de comprometimento hídrico (ICH)	%	razão entre A soma das demandas hídricas consuntivas (DHC) e a disponibilidade hídrica (DISP) em uma determinada Unidade de Balanço (UB). Possui 5 faixas de classificação sugeridas pela European Environment Agency e Nações Unidas, as quais são consideradas adequadas para a realidade brasileira. (< 5%): Excelente. Pouca ou nenhuma atividade de gerenciamento é necessária; (5 a 10%): A situação é confortável, podendo ocorrer necessidade de gerenciamento para solução de problemas locais de abastecimento; (10 a 20%): Preocupante. A atividade de gerenciamento é indispensável, exigindo a realização de investimentos médios; (20% a 40%): A situação é crítica, exigindo intensa atividade de gerenciamento e grandes investimentos; (> 40%): A situação é muito crítica
Conectividade das águas Superficiais e subterrâneas	% da UPGRH	percentual do aquífero com predomínio de infiltração sobre escoamento

Fonte principal: Plano de Ações Estratégicas (PAE) para Gerenciamento dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Recôncavo Norte e Inhambuê (BAHIA, 2018b)