



**Projeto CAPES/ANA AUXPE nº 2717/2015**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA – UFBA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**  
**Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos -**  
**PROFÁGUA**

**TIAGO DA FRANÇA NUNES**

**PROCEDIMENTO METODOLÓGICO DE**  
**DEFINIÇÃO DE AÇÕES PRIORITÁRIAS PARA SEGURANÇA HÍDRICA LOCAL.**  
**APLICAÇÃO: BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS CONTAS - BAHIA**

Salvador

2021

**TIAGO DA FRANÇA NUNES**

**PROCEDIMENTO METODOLÓGICO DE  
DEFINIÇÃO DE AÇÕES PRIORITÁRIAS PARA SEGURANÇA HÍDRICA LOCAL  
APLICAÇÃO: BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS CONTAS-BAHIA**

**NOTA TÉCNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua da Universidade Federal da Bahia, como requisito para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Área de Concentração: Regulação e Governança de Recursos Hídricos

Linha de Pesquisa: Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Andrea Sousa Fontes

Salvador

2021

---

N972 Nunes, Tiago da França.

Procedimento metodológico de definição de ações prioritárias para segurança hídrica local. Aplicação: bacia hidrográfica do Rio das Contas - Bahia / Tiago da França Nunes. – Salvador, 2021.

113f.: il. color.

Orientadora: Profa. Dra. Andrea Sousa Fontes.

Trabalho de Conclusão de Curso (mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, 2021.

1. Recursos hídricos – Segurança. 2. Bacia Hidrográfica do Rio das Contas - Bahia. 3. Procedimento metodológico. I. Fontes, Andrea Sousa. II. Universidade Federal da Bahia. III. Título.

CDD: 628.1

---



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

---

**Tiago da França Nunes**

**“PROCEDIMENTO METODOLÓGICO DE DEFINIÇÃO DE AÇÕES PRIORITÁRIAS  
PARA SEGURANÇA HÍDRICA LOCAL. APLICAÇÃO: BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
DAS CONTAS - BAHIA”**

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Andrea Sousa Fontes   
Universidade Federal da Bahia/UFBA (Orientadora)

Profa. Dra. Yvonilde Dantas Pinto Medeiros   
Universidade Federal da Bahia/UFBA (Examinada Interno)

Prof. Dr. Hugo Morais de Alcântara   
Universidade Federal de Campina Grande/UFCG (Examinador externo)

Salvador,  
22 de março de 2021.

## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, agradeço também 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.

Ao polo do ProfÁgua da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e seus professores, em especial às professoras Yvonilde Medeiros e Andrea Sousa.

Aos colegas do ProfÁgua, em especial a Rita Braga, presidenta do Comitê de Bacia do Contas e que eu posso hoje chamar de amiga.

Á minha família, principalmente as minhas tias Fátima e Rosa que sempre acreditaram em mim e aos meus amigos, em especial a Caio por ter me ajudado com o projeto de inscrição e aos Diegos pelo apoio psicológico e fraternal.

## RESUMO

Esta pesquisa buscou propor um procedimento metodológico que subsidie o comitê de bacia na definição de ações prioritárias para segurança hídrica de áreas críticas da bacia hidrográfica. Para se atingir um patamar de segurança hídrica, o planejamento dos recursos hídricos deve levar em conta suas 4 dimensões: humana, econômica, ecossistêmica e de resiliência. Apesar do tópico ter sido incluído no planejamento nacional com a publicação do Plano de Segurança Hídrica, o debate nos comitês de bacia ainda é incipiente. A Bacia Hidrográfica do Rio das Contas, na Bahia, apresenta alta variabilidade hidrológica e possui grande extensão inserida no polígono das secas, com seus recursos hídricos muito utilizados para produção agropecuária, abastecimento urbano, industrial e como receptor de efluentes. Seu comitê foi instituído em 2008 e, desde então, está em amadurecimento do seu processo de tomada de decisão, debatendo com sensibilidade as questões que envolvem deliberações, pareceres técnicos e mais recentemente, a segurança hídrica do Contas. Neste contexto, esta pesquisa buscou desenvolver um procedimento que, primordialmente, promovesse a discussão do conceito, o engajamento das partes e por fim, a definição de ações prioritárias para segurança hídrica, no comitê de bacia, contribuindo com o processo de apropriação e agendamento do tema no Comitê. Desta maneira, buscou-se criar, primeiramente, um Atlas da segurança hídrica da Bacia, por meio de recorte dos dados secundários do PNSH. Posteriormente, buscou-se identificar áreas críticas que requerem intervenção imediata, para o direcionamento de ações, alinhando dados espaciais do PNSH (Prognóstico - 2035) e do Plano de Bacia do Contas (Cenário tendencial – 2030), por meio de geoprocessamento. Uma vez definida a área crítica de trabalho, as ações prioritárias foram sugeridas com base em dois diagnósticos, ambos utilizando a ferramenta de suporte a decisão “Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta (FPEIR)”. O primeiro diagnóstico buscou priorizá-las com base na análise de indicadores de segurança hídrica e o segundo, através da análise participativa, com base na visão dos usuários e membros do comitê de bacia. Os resultados indicam que os mapas resultantes do alinhamento entre os dados do PNSH e do plano de bacia, constituem uma base visual importante para identificação de áreas críticas e para o direcionamento do foco do planejamento da segurança hídrica na bacia, desde que se leve em consideração a periodicidade de atualização dos dados. Pode-se concluir que a ferramenta de suporte a decisão FPEIR, auxiliou na formalização do entendimento dos processos atuais e da dinâmica do sistema da bacia, além de incluir a visão dos membros do comitê, bem como ajudou na comunicação entre eles. No entanto, observou-se um forte viés de subjetividade nos resultados do diagnóstico participativo, decorrente da presença majoritária dos usuários irrigantes na reunião do comitê. Quanto as ações prioritárias definidas para a Bacia do Contas, os resultados apontaram 3 eixos norteadores: Ações Emergenciais em Gestão da Demanda, com a criação de um Plano Emergencial de Controle de Quantidade dos Recursos Hídricos para regulação do uso local; Ações Estruturais em Gestão da Oferta com foco na inserção de fontes alternativas na matriz hídrica local e Ações Prioritárias que promovam o Uso Racional e Sustentável com a implantação do Tripé (Cobrança pelo Uso da Água, Soluções Baseadas na Natureza, Pagamentos por Serviços Ambientais).

Palavras-Chave: Segurança Hídrica. Procedimento Metodológico. Ações Prioritárias

## CONSIDERAÇÕES PARA O SINGREH

O Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (Profágua) tem em seu escopo desenvolver metodologias que ofereçam suporte ao planejamento das águas no país. Observa-se, no entanto, que apesar dos avanços do Brasil desde a instauração da PNRH em 1997, o setor ainda requer ajustes de governança.

No tocante ao planejamento, cita-se, por exemplo, os diversos planos de recursos hídricos: nacional, estadual e de bacia, que de acordo com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OCDE, em geral, apresentam dois problemas: são mal administrados e há lacunas entre o planejamento e a implementação. Dentre as causas, é possível citar, a limitação institucional para o devido acompanhamento, a ausência de representatividade de alguns grupos nos comitês, a ausência de dados e informações confiáveis para auxiliar a tomada de decisão e o enfraquecimento da atuação dos comitês de bacia, que apesar de seu forte viés deliberativo, possuem limitada capacidade de implementação e planejamento.

Neste contexto, observou-se que o Comitê de Bacia do Rio das Contas – CBRC, um organismo do sistema que inclui diferentes grupos e objetivos, não dispõe de ferramentas de suporte a tomada de decisão que o auxiliem durante as deliberações em reuniões ordinárias e extraordinárias, na organização e estruturação das informações e na priorização de ações que leve em conta as contribuições das partes interessadas em seu processo.

Do ponto de vista do planejamento da segurança hídrica e do fortalecimento deste e de outros comitês de bacia, buscou-se um método que: i) facilitasse a sugestão de ações em complemento as medidas regionais, definidas nos planos de macro escala; ii) facilitasse o entendimento das questões discutidas; iii) formalizasse o debate sobre segurança hídrica; iv) considerasse as peculiaridades e problemas locais; v) e levasse em conta as contribuições das partes interessadas em seu processo de definição.

Assim, buscou-se com este produto, o desenvolvimento de um procedimento metodológico que pudesse estruturar e organizar dados e informações de forma simples e de modo que estruturasse e fortalecesse o processo de tomada de decisão, sobre questões mais complexas como a segurança hídrica, de baixo para cima. Tal abordagem metodológica, atua ainda diretamente no processo de empoderamento do comitê enquanto instituição do Sistema de gerenciamento de Recursos Hídricos, a medida que baliza estudos, planos, projetos e obras, sob a perspectiva e liderança desta entidade.

## ABSTRACT

This research sought to propose an experimental methodological procedure that supports the basin committee in the definition of priority actions for water security in critical areas of the watershed. To achieve a level of water security, the water resources planning must take into account its 4 dimensions: human, economic, ecosystem and resilience. Although the topic was included in the national planning with the publication of the Water Security Plan - WSP, the debate in the basin committees is still incipient. The Rio das Contas Hydrographic Basin, in Bahia, has high hydrological variability and has a large extension inserted in a drought-prone area, with its water resources widely used for agricultural production, urban, industrial supply and as an effluent receiver. Its committee was established in 2008 and since then, its decision-making process has matured, sensitively debating issues involving deliberations, the parties involved and, more recently, the Contas water security. In this context, this research sought to develop a procedure that, primarily, would promote the discussion of the concept, the engagement of the parties and finally, the definition of priority actions for water security, in the basin committee, contributing to the process of appropriation and scheduling of the debate at the Committee. Therefore, firstly, it was produced an Atlas of water security in the Basin, by clipping the secondary data of the water security plan. Subsequently, we sought to identify the critical areas that required immediate intervention, to direct actions, aligning spatial data from the WSP (Prognostic - 2035) and the Contas Basin Plan (Scenario trend - 2030), through geoprocessing. Once a critical area of work was defined, the priority actions were suggested based on two diagnoses, both using the decision support tool DPSIR - Driving Force-Pressure-State-Impact-Response. The first diagnosis prioritize the actions based on the analysis of water security indicators and the second, through participatory analysis, based on the view of users and members of the basin committee. Regarding the methodological procedure, the results indicate that the maps fit the alignment between the WSP data and the basin plan, determining an important visual basis for identifying critical areas and for directing the water security planning focus in the basin, since take into account the periodicity of data update. It can be concluded that the DPSIR decision support tool helped to formalize the understanding of the current processes and the dynamics of the basin system, in addition to including the vision of the committee members, as well as helping in communication between them. However, there was a strong subjectivity bias in the results of the participatory diagnosis, due to the majority presence of irrigating users in the committee meeting. As for the priority actions defined for the Contas Basin, the results indicated 3 guiding axes: Emergency Actions in Demand Management, with the creation of an Emergency Plan for the Control of the Water Resources Quantity, to regulate local use; Structural Actions in Supply Management focusing on the insertion of alternative sources in the local water matrix and Priority Actions that promote Rational and Sustainable Use with the implementation of the Tripod (Charging for Water Use + Nature Based Solutions + Payment for environmental Services).



## CONSIDERATIONS FOR SINGREH

The Professional Master in Water Resources Management and Regulation (Profágua) aims to develop methodologies that support water planning in the country. It is observed, however, that despite Brazil's progress since the establishment of the PNRH in 1997, the sector still requires governance adjustments.

With regard to planning, mention is made, for example, of the various water resource plans: national, state and basin, which according to the OECD, in general, present two problems: they are poorly managed and there are gaps between planning and Implementation. Among the causes, it is possible to mention, the institutional limitation for the due, the lack of representation of some groups in the committees, the absence of data and information necessary to assist decision making and the weakening of the performance of the basin committees, which despite their strong deliberative bias, they have limited capacity for implementation and planning.

In this context, it was observed that the Rio das Contas Basin Committee - CBRC, an organism of the system that includes different groups and objectives, does not have tools to support decision making that assist during the deliberations in ordinary and extraordinary meetings, in organizing and structuring information and prioritizing actions that take into account the contributions of the parties in its process.

From the point of view of water security planning and the strengthening of this and other basin committees, a method was sought that: i) facilitate the suggestion of complementary actions as regional measures, defined in the macro scale plans; ii) facilitating the understanding of the issues discussed; iii) formalization of the debate on water security; iv) consider local peculiarities and problems; v) and take into account as contributions from the parties involved in its definition process.

Thus, it was sought with this product, the development of a methodological procedure that can structure and organize data and information in a simple way and in order to structure and strengthen the decision-making process, on more complex issues such as water security, bottom up. Such a methodological approach also acts directly in the committee's empowerment process as an institution of the Water Resources Management System, as it guides studies, plans, projects and works, under the perspective and leadership of this entity.

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b> - EIXOS CONCEITUAIS DA SEGURANÇA HÍDRICA .....	17
<b>FIGURA 2</b> – ÍNDICE DE SEGURANÇA HÍDRICA – ISH BRASIL – PROJEÇÃO DE 2035 .....	28
<b>FIGURA 3</b> - RECORTE DO ÍNDICE DE SEGURANÇA HÍDRICA - ISH DO ESTADO DA BAHIA.....	29
<b>FIGURA 4</b> - ESTRUTURA DO MÉTODO FPEIR .....	32
<b>FIGURA 5</b> -LIMITES DA RPGA DO CONTAS E OS 76 MUNICÍPIOS DA DIVISÃO POLÍTICO-ADMINISTRATIVA COM MAIS DE 5% DE ÁREA CONTIDA NA BACIA .....	43
<b>FIGURA 6</b> - UNIDADES DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS.....	44
<b>FIGURA 7</b> – CENÁRIO PROSPECTIVO DA BACIA DO CONTAS ANO DE 2030 .....	50
<b>FIGURA 8</b> – DETALHE PARA MUNICÍPIO DE RIO DE CONTAS NO TRECHO ALTO DO CONTAS, ONDE FOI REALIZADO A PROPOSIÇÃO PARTICIPATIVA DAS AÇÕES PRIORITÁRIAS.....	54
<b>FIGURA 9</b> – FLUXOGRAMA DE ETAPAS PARA DEFINIÇÃO DO ATLAS DE SEGURANÇA HÍDRICA PARA BHRC .....	56
<b>FIGURA 10</b> -REPRESENTAÇÃO TOPOGRÁFICA DAS OTTOBACIAS E DOS TRECHOS DE RIOS.....	58
<b>FIGURA 11</b> – FLUXOGRAMA DO MÉTODO DE MAPEAMENTO DAS ÁREAS CRÍTICAS A PARTIR DO ALINHAMENTO ENTRE PNSH E PLANO DE BACIA .....	60
<b>FIGURA 12</b> – FLUXOGRAMA DE MÉTODO DE IDENTIFICAÇÃO DAS AÇÕES ESTRATÉGICAS PLANEJADAS E POTENCIAIS PARA A BACIA DO CONTAS .....	61
<b>FIGURA 13</b> – FLUXOGRAMA DO MÉTODO DE DIAGNÓSTICO DE SEGURANÇA HÍDRICA DAS AIES.....	64
<b>FIGURA 14</b> - REPRESENTAÇÃO VISUAL DO ISH HUMANO NOS MUNICÍPIOS DA BHRC .....	65
<b>FIGURA 15</b> – REPRESENTAÇÃO VISUAL DO ISH ECONÔMICO NOS MUNICÍPIOS DA BHRC.....	67
<b>FIGURA 16</b> – REPRESENTAÇÃO VISUAL DO ISH ECOSISTÊMICO E SEUS INDICADORES NA BHRC .....	68
<b>FIGURA 17</b> – REPRESENTAÇÃO VISUAL DO ISH RESILIÊNCIA E SEUS INDICADORES NA BHRC .....	69
<b>FIGURA 18</b> – REPRESENTAÇÃO VISUAL DOS 4 EIXOS CONCEITUAIS DA SEGURANÇA HÍDRICA NA BHRC.....	71
<b>FIGURA 19</b> – REPRESENTAÇÃO VISUAL DA SEGURANÇA HÍDRICA GERAL DA BHRC - 2035.....	71
<b>FIGURA 20</b> - PNSH E PLANO DE BACIA DO CONTAS, BAHIA.....	73
<b>FIGURA 21</b> – ÁREAS DE INTERESSE ESPECIAL PARA SEGURANÇA HÍDRICA DA BHRC: ALINHAMENTO ENTRE OS CENÁRIOS PNSH (2035) E O PLANO DE BACIA (2030).....	74
<b>FIGURA 22</b> - ÁREA CRÍTICA DE INTERESSE ESPECIAL 1.....	78
<b>FIGURA 23</b> - GRAU DE INFLUÊNCIA DOS EIXOS NO ISH DAS ÁREAS CRÍTICAS DA AIE 1 .....	79
<b>FIGURA 24</b> -EIXO HUMANO DA ÁREA CRÍTICA DA AIE 1 .....	80
<b>FIGURA 25</b> - EIXO ECONÔMICO DA ÁREA CRÍTICA DA AIE 1 .....	81
<b>FIGURA 26</b> - EIXO ECOSISTÊMICO DA ÁREA CRÍTICA DA AIE 1.....	82
<b>FIGURA 27</b> - EIXO RESILIÊNCIA DA ÁREA CRÍTICA DA AIE 1.....	84
<b>FIGURA 28</b> - MAPA CONCEITUAL DA AIE 1, LOCALIZADA NA BACIA DO RIO DAS CONTAS-BA.....	100
<b>FIGURA 29</b> - MAPA CONCEITUAL REALIZADO JUNTO AO COMITÊ NO PROCESSO DE PROPOSIÇÃO PARTICIPATIVA DAS AÇÕES PRIORITÁRIAS PARA AIE1-UPGRH ALTO CONTAS E RIO BRUMADO E RIO DO PAULO.....	102

## LISTA DE QUADROS

<b>QUADRO 1</b> - LISTA DE INDICADORES E METODOLOGIA DO ÍNDICE DE SEGURANÇA HÍDRICA .....	27
<b>QUADRO 2</b> – OPÇÕES DE RESPOSTA NO ESCOPO DA ESCASSEZ HÍDRICA E DESTAQUE PARA O SETOR AGRÍCOLA .....	35
<b>QUADRO 3</b> - CASES INTERNACIONAIS DE IMPLEMENTAÇÃO DAS SBN'S E SEUS RESULTADOS .....	37
<b>QUADRO 4</b> - ESTRATÉGIAS DE CONSERVAÇÃO DA ÁGUA COM FOCO EM MITIGAÇÃO DE RISCOS ASSOCIADOS A DESASTRES NATURAIS HÍDRICOS E ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS .....	40
<b>QUADRO 5</b> - RESUMO DAS AÇÕES ESTRATÉGICAS PARA GARANTIA DA SEGURANÇA HÍDRICA.....	41
<b>QUADRO 6</b> – STATUS DE IMPLEMENTAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DA PNRH NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS CONTAS EM MARÇO DE 2020 .....	45
<b>QUADRO 7</b> – PRINCIPAIS BARRAGENS DA BACIA DO CONTAS.....	46
<b>QUADRO 8</b> – PRINCIPAIS PRESSÕES SOBRE A SEGURANÇA HÍDRICA DO TRECHO ALTO DA BACIA DO CONTAS .....	48
<b>QUADRO 9</b> - BARRAGENS DE REJEITO DE MINÉRIO NA BHRC .....	49
<b>QUADRO 10</b> - ÍNDICE DE COMPROMETIMENTO HÍDRICO- ICH.....	49
<b>QUADRO 11</b> – ETAPAS GERAIS, MÉTODOS PRINCIPAIS E PRODUTOS ESPERADOS PARA SE ATINGIR O OBJETIVO GERAL.....	51
<b>QUADRO 12</b> – CARACTERÍSTICAS DA ETAPA DIAGNÓSTICO E A RELAÇÃO DE MUNICÍPIOS ANALISADOS.....	53
<b>QUADRO 13</b> - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO .....	58
<b>QUADRO 14</b> – AIES E SUAS UPGRHS CORRESPONDENTES.....	74
<b>QUADRO 15</b> - AÇÕES ESTRATÉGICAS PLANEJADAS E POTENCIAIS (AEPPs) PARA GARANTIA DA SEGURANÇA HÍDRICA DA BACIA DO CONTAS .....	76
<b>QUADRO 16</b> - QUADRO RESUMO DO DIAGNÓSTICO DE SEGURANÇA HÍDRICA PARA OS EIXOS HUMANO E ECONÔMICO .....	81
<b>QUADRO 17</b> - QUADRO RESUMO DO DIAGNÓSTICO DE SEGURANÇA HÍDRICA PARA OS EIXOS ECOSISTÊMICO E RESILIÊNCIA .....	85
<b>QUADRO 18</b> - AÇÕES PRIORITÁRIAS LEVANTADAS NA REUNIÃO DO COMITÊ REALIZADO COM FOCO NAS UPGRHS: ALTO CONTAS E RIO BRUMADO E RIO PAULO .....	91
<b>QUADRO 19</b> - MAPA CONCEITUAL DA BHRC .....	101
<b>QUADRO 20</b> - RELAÇÕES DE CAUSA E EFEITO NA AIE 1 .....	102

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1</b> - PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL (1980-2013), DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA POR UPGRHS DA BACIA DO CONTAS.....	46
<b>TABELA 2</b> – CARGA REMANESCENTE URBANA DE DBO 5,20 POR UPGRH .....	48
<b>TABELA 3</b> – DADOS DE SEGURANÇA HÍDRICA NA BHRC: EIXO HUMANO.....	65
<b>TABELA 4</b> - DADOS DE SEGURANÇA HÍDRICA NA BHRC: EIXO ECONÔMICO.....	66

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEPP	Ações Estratégicas Planejadas e Potenciais
AIE	Áreas de Interesse Especial
ANA	Agência Nacional de Águas
BRM	Barragem de Rejeito de Mineração
BHRC	Bacia Hidrográfica do Rio das Contas
CONERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
EEA	<i>European Environmental Agency</i>
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
FPEIR	Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto, Resposta
GWP	<i>Global Water Partnership</i>
ICH	Índice de Comprometimento Hídrico
INEMA	Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
ISH	Índice de Segurança Hídrica
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis
ONU	Organizações das Nações Unidas
PSA	Pagamentos por Serviços Ambientais
PBH	Plano de Bacia Hidrográfica
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Bahia
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PNB	Política Nacional de Barragens
PRH	Planos de Recursos Hídricos
PNSH	Plano Nacional de Segurança Hídrica
RH	Regiões Hidrográficas
SEGREH	Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SIN	Sistema Interligado Nacional
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SBN	Soluções Baseadas na Natureza
RPGA	Regiões de Planejamento e Gestão das Águas
UNU-INWEH	Instituto para Água, Meio Ambiente e Saúde da Universidade das Organização das Nações Unidas - do inglês
UPGRH	Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	14
2	OBJETIVO .....	16
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3.1	Segurança Hídrica.....	17
3.2	Governança Hídrica .....	18
3.2.1	Os Comitês e a Governança Participativa.....	19
3.3	A Bacia Hidrográfica .....	21
3.3.1	Atividades modificadoras de paisagem .....	22
3.3.2	Demanda .....	23
3.3.3	Poluição.....	24
3.3.4	Eventos Hidrológicos Extremos .....	25
3.4	Mapeamento de Áreas Críticas para Segurança Hídrica na Bacia.....	25
3.4.1	Planos de Bacia Hidrográfica.....	26
3.4.2	Plano Nacional de Segurança Hídrica - PNSH .....	27
3.5	Procedimentos Metodológicos de Suporte a Decisão.....	30
3.5.1	Modelo Conceitual Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta - FPEIR .....	31
3.6	Ações Estratégicas para Garantia da Segurança Hídrica.....	33
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	43
4.1	Área de Estudo: Bacia Hidrográfica do Rio das Contas – BHRC.....	43
4.2	Base de dados e Informações.....	51
4.3	Metodologia de Desenvolvimento do Projeto .....	52
5	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO PROPOSTO .....	56
5.1	Criação do Atlas de Segurança Hídrica da Bacia Hidrográfica .....	56
5.2	Definição de Áreas Críticas na Bacia Hidrográfica.....	58
5.3	Levantamento de Ações Estratégicas Planejadas e Potenciais para Segurança Hídrica.....	61
5.4	Diagnóstico e Definição de Ações Prioritárias para aumento da Segurança Hídrica.....	63
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	65
6.1	Atlas de Segurança Hídrica .....	65
6.2	Áreas de Interesse Especial (AIEs) para Segurança Hídrica.....	73
6.3	Ações Estratégicas Planejadas e Potenciais - AEPPs .....	76
6.4	Diagnóstico de Segurança Hídrica – Análise de Indicadores.....	79
6.5	Diagnóstico de Segurança Hídrica – Análise Participativa.....	90
7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	94
8	REFERÊNCIAS .....	96
9	APÊNDICE I .....	101
10	APÊNDICE II.....	103
11	ANEXOS .....	104

## 1 INTRODUÇÃO

A formalização do conceito de segurança hídrica no campo da gestão dos recursos hídricos no país aconteceu em 2019, com a publicação do Plano Nacional de Segurança Hídrica – [PNSH](#) pela Agência Nacional de Águas – [ANA](#). O plano tem foco em projetos de indução de desenvolvimento e investimento em infraestrutura, possui abrangência regional e traz o Índice de Segurança Hídrica – [ISH](#), baseado em 4 eixos conceituais: humano, econômico, ecossistêmico e de resiliência (PNSH, 2019a).

O [ISH](#) quantifica o percentual de população e o valor de produção agropecuária e industrial em risco de desabastecimento, ao mesmo tempo que mapeia as vulnerabilidades nos eixos ecossistêmicos e de resiliência (PNSH, 2019a). Isto é, revela de forma qualiquantitativa o status da segurança hídrica no país a partir de uma série de indicadores que estão agrupados de acordo com suas 4 dimensões.

Até então, no Brasil, sintetizar informações da área de recursos hídricos e definir ações estratégicas estavam apenas no escopo dos Planos de Recursos Hídricos - [PRH](#). A Política Nacional de Recursos Hídricos- [PNRH](#) estabeleceu que os planos devem ser feitos para bacia hidrográfica, considerando os diversos fatores que influenciam o balanço entre disponibilidade e demanda. Os planos incluem medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, necessitando da aprovação dos comitês de bacia (BRASIL, 1997; CAMPOS e SOUZA, 2001).

O comitê ou parlamento das águas tem também em seu escopo, a função de suporte no planejamento dos recursos hídricos da bacia, discutir os temas relativos aos usos dos recursos hídricos localmente e atuar na interlocução com a Agência Nacional de Águas e com os órgãos gestores estaduais, levando as demandas e os consensos estabelecidos nestas discussões.

De acordo com a ANA (2011), para temas mais abrangentes, são realizados oficinas ou consultas públicas que buscam envolver maior número de pessoas da bacia, além dos integrantes do comitê. Tal procedimento objetiva não apenas disseminar informações com a sociedade, esclarecer dúvidas e apontar direcionamentos, mas também coletar dados e informações que subsidiem as suas discussões e o posicionamento final do plenário, em relação a tais temas.

Em 2008, a Bacia Hidrográfica do Rio das Contas, na Bahia, teve seu comitê instituído por meio do Decreto Nº 11.245 de 17 de outubro de 2008. Desde então, o comitê está em processo de amadurecimento do seu fluxo de tomada de decisão, debatendo com sensibilidade as questões que envolvem pareceres técnicos, as partes interessadas e a comunidade em geral.

No entanto, questões mais complexas como a segurança hídrica, que envolve uma perspectiva multidimensional, foram gradativamente sendo inseridas nas pautas das discussões do referido Comitê e ganhou maior projeção com uma deliberação de 2013, que solicitava intervenção do órgão gestor sobre tais questões, no trecho do alto curso do Rio das Contas, principalmente referente a

pressões da agricultura irrigada, conflitos na região e degradação da qualidade dos recursos hídricos (CBHRC, 2013).

A deliberação do comitê deflagrou uma série de questionamentos sobre a criticidade do Alto Contas, sobre os impactos ecossistêmicos, humanos, econômicos e principalmente sobre quais ações poderiam ser priorizadas, com o objetivo de melhorar a segurança hídrica nos trechos críticos da bacia. Embora discutir segurança hídrica esteja na agenda do planejamento hídrico nacional, o tema ainda é pouco debatido a nível local. Além disso, o entendimento sobre este tópico é comumente associado apenas a garantia de água para população, o que expressa uma falta de clareza sobre o tópico.

Com isso surge a necessidade de se buscar, identificar ou desenvolver procedimentos que prestem suporte na priorização de ações para segurança hídrica da bacia e, ao mesmo tempo, que integrem as contribuições das partes interessadas de modo simples e estruturado, favorecendo a assimilação das informações de modo que subsidie a tomada de decisão. Estes aspectos direcionaram a seguinte questão central: *Como definir ações prioritárias para segurança hídrica local em áreas críticas da bacia?*

Para responder à pergunta central e atingir um conjunto de resultados positivos em termos de gestão integrada dos recursos hídricos, objetivou-se desenvolver um procedimento metodológico que trabalhasse continuamente o processo de cooperação entre os atores envolvidos e integrasse procedimentos e instrumentos de gestão. Assim, uma série de outras questões precisaram ser respondidas: *Qual área deve ser priorizada? Quais ferramentas de suporte a decisão utilizar?*

Para responder tais perguntas, observou-se na literatura que a utilização de Sistemas de Informações Geográficas – [SIG](#) no planejamento dos recursos hídricos têm melhorado a perspectiva sobre as questões hídricoambientais e desempenhado um papel importante no processo de tomada de decisão. Tal ferramenta presta um importante papel no fluxo decisório, uma vez que apresenta dados visuais que podem ser atualizados periodicamente. Deste modo, utilizou-se a publicação dos dados do Plano Nacional de Segurança Hídrica e do Plano de Bacia que estão espacializados a nível de Ottobacia, para definição das áreas críticas que merecem especial atenção para priorização das ações. Adicionalmente, criou-se um Atlas de segurança hídrica com vistas a dar suporte ao comitê, nas etapas de planejamento dos recursos hídricos da bacia.

Já a definição de ações prioritária para bacia foi realizada por meio de dois métodos. No primeiro, as ações prioritárias foram obtidas por meio da análise de indicadores de segurança hídrica do PNSH e dos dados constantes no Plano de Bacia. No segundo, buscou-se definir ações prioritárias com base na visão dos usuários e membros do comitê de bacia e, para tal, diversos estudos têm utilizado a abordagem sistêmica para lidar com as questões hídricas em ambiente que convergem

usuários com diferentes objetivos, como o comitê de bacia. O método Força Motriz→Pressão→Estado→Impacto→Resposta – [FPEIR](#) é amplamente utilizado e difundido na literatura, constituindo um modelo conceitual desenvolvido pela Agência Ambiental Europeia ([EEA, 1999](#)) e aperfeiçoado pela Agência Ambiental Americana ([EPA, 2015](#)). O modelo identifica relações de causa e efeito entre as componentes dos sistemas ambientais, econômicos e sociais da questão em consideração. Além disso, fornece um mecanismo para planejamento e organização da informação, identificando possíveis falhas, links, métricas e indicadores de monitoramento.

O caso de estudo foi a Bacia Hidrográfica do Rio das Contas - [BHRC](#), maior bacia estadual da Bahia, que apresenta alta variabilidade hidrológica e possui grande extensão inserida no polígono das secas. De acordo com o plano de bacia, o Contas apresenta trechos colapsados, isto é, trechos em que a demanda supera a disponibilidade. O Rio das Contas é muito utilizado para produção agropecuária, abastecimento urbano, industrial e como receptor de efluentes de naturezas diversas, sejam estes tratados ou não (INEMA, 2019, no prelo).

Neste contexto, este projeto objetiva propor uma metodologia de definição de ações prioritárias, em Áreas Críticas de Interesse Especial para o planejamento da segurança hídrica em bacias, por meio do alinhamento entre o [PNSH](#) e o Plano de Bacia Hidrográfica - [PBH](#). Para tal, utilizou-se uma abordagem integrada de modelagem conceitual e análise de indicadores. Constituem produtos finais, o procedimento analítico, contendo as sugestões de ações prioritárias para a Bacia Hidrográfica do Rio das Contas e o Atlas de Segurança Hídrica, que podem servir de suporte ao processo de tomada de decisão, no comitê de bacia e fortalecer o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bahia, podendo ser replicado em outras bacias do Estado.

## 2 OBJETIVO

Propor procedimento metodológico de definição de ações prioritárias para o planejamento da segurança hídrica em áreas críticas de bacias hidrográficas. Para tanto, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Revisar metodologias e ferramentas de definição de ações para segurança hídrica;
- b) Propor etapas metodológicas para mapeamento de área críticas e definição de áreas prioritárias;
- c) Avaliar a aplicabilidade da metodologia através de um estudo de caso na Bacia Hidrográfica do Rio das Contas.



### 3 REVISÃO DE LITERATURA

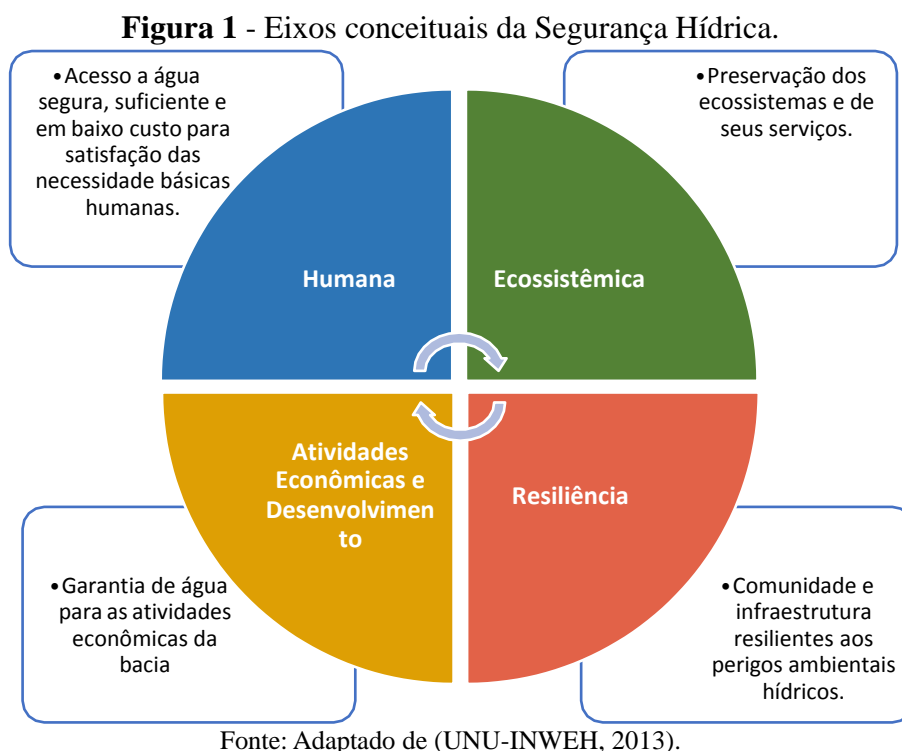
#### 3.1 Segurança Hídrica

Segurança hídrica é um conceito multidimensional que engloba o gerenciamento dos recursos hídricos e está no centro dos processos políticos e econômicos para atingir um patamar de desenvolvimento sustentável nacional (GREY & SADOFF, 2007). O tema se conecta a relevantes questões dinâmicas globais como o nexos água-alimento-energia, desenvolvimento humano e econômico, alterações climáticas e conflitos (UNU-INWEH, 2013).

Apesar dos vários conceitos na literatura, a definição mais amplamente aceita é das Organização das Nações Unidas (ONU) que a caracteriza como:

garantia de acesso sustentável a água de qualidade, em quantidades adequadas para manutenção dos meios de vida, bem estar humano e desenvolvimento socioeconômico, assegurando proteção contra poluição, doenças de veiculação hídrica, desastres relacionados com a água, e a preservação de ecossistemas em um clima de paz e estabilidade política (UNU-INWEH, 2013, p. 1).

Tal definição reflete os 4 eixos conceituais da segurança hídrica: humano, ecossistêmico, econômico e resiliência (UNU-INWEH, 2013) (**Figura 1**). Conforme a ONU, os eixos devem ser trabalhados em conjunto para se alcançá-la, requerendo, para tal, o fornecimento de água de forma sustentável e acessível em termos de custo para os usuários do setor social e econômico; mitigação dos riscos relacionados à água como seca, inundações e poluição; e a adoção de mecanismos justos e eficazes para gerenciar conflitos que possam surgir.



O conceito é multinível e ganhou visibilidade na agenda política global por encapsular e interconectar múltiplos desafios, colocando a água como base para se atingir desenvolvimento socioeconômico, bem-estar humano e segurança nacional. (VAN BEEK & ARRIENS, 2013; UNU-INWEH, 2013).

Nos últimos 10 anos, tem ocorrido uma mudança de paradigma em políticas de gerenciamento dos recursos hídricos e isto está relacionado com a inserção do conceito de segurança hídrica no escopo de planejamento, trazendo um senso de urgência e prioridade estratégica acerca dos problemas relacionados a água (UNU-INWEH, 2013).

No Brasil, o Plano Nacional de Segurança Hídrica foi publicado em 2019, orientado por meio da avaliação dos níveis de segurança hídrica em todo o país (ANA, 2019a). No entanto, apesar do novo termo ter sido inserido no contexto nacional, seu debate ainda é incipiente nos comitês de bacia e está erroneamente associado apenas a garantia de água para população.

### 3.2 Governança Hídrica

Pode-se dizer que o alicerce da segurança hídrica está na gestão adequada dos recursos hídricos e foi com a instituição da [PNRH](#) em 1997, que se criou um arcabouço legal mais sólido para o gerenciamento deste bem, num processo democrático, sistemático e descentralizado no país, com sua gestão orientada aos uso múltiplo das águas (BRASIL, 1997).

De acordo com a OCDE (2015), apesar dos avanços do Brasil desde a instauração da Política Nacional, o país ainda não colheu os benefícios econômicos, sociais e ambientais esperados. Isso se deve principalmente as falhas de governança multinível, evidenciadas, por exemplo, através dos

diversos planos de recursos hídricos, que em geral apresentam dois problemas: são mal administrados e há lacunas entre o planejamento e a implementação.

Para Atanzio (2019), isso é corroborado em suas análises dos planos de bacia dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá - PCJ, que por sua natureza muito ampla e teórica, prevê uma série de ações que não são executadas na prática. Enquanto, Junior (2017) avaliou que a maioria dos planos dos rios afluentes do São Francisco apresentam propostas com divergências regionais em suas diferentes escalas de planejamento e apresentam falhas na sinergia entre as ações dos diversos planos.

De modo geral, dentre as possíveis causas, observa-se a falta de investimento, a limitação institucional para o devido acompanhamento, a ausência de dados e informações confiáveis para auxiliar a tomada de decisão e o enfraquecimento da atuação dos organismos de bacia, que apesar de seu forte viés deliberativo, possuem limitada capacidade de implementação e planejamento (OCDE, 2015).

### **3.2.1 Os Comitês e a Governança Participativa**

Enquanto organismo de bacia, os comitês representam a instituição mais próxima dos problemas locais da bacia hidrográfica e, portanto, seu enfraquecimento no sistema de gestão de recursos hídricos reflete diretamente na interlocução entre os problemas da bacia e os outros entes do sistema.

Esperava-se que o comitê, enquanto elemento primordial de materialização do modelo de gestão descentralizado e participativo, apresentasse maiores avanços desde a institucionalização da Lei das águas. Todavia, de acordo com Fadul *et al* (2017), salvo algumas exceções, pesquisas tem apontado as fragilidades, dificuldades e a incipiência da maior parte desses comitês, sobretudo aqueles localizados na região nordeste.

Fadul *et al* (2017) avaliou os mecanismos do processo participativo no âmbito desses organismos no estado da Bahia e concluiu que, apesar das mudanças positivas trazidas pela Lei, os comitês ainda apresentam dificuldades operacionais e de exercício da governança participativa, arguindo que apesar do arcabouço legal hídrico garantir a discussão participativa, o mesmo não garante a sua aplicação.

No tocante a participação e representação do poder público, usuários e sociedade civil nos comitês, Fadul *et al* (2017) cita os diversos problemas que levam a certos percentuais serem mais baixos nos comitês do Nordeste, dentre eles: a falta de recursos dos representantes da sociedade para o deslocamento até os locais das reuniões; a predominância de grupos em áreas onde se encontram a maior concentração dos usuários; divulgação e mobilização ineficiente; falta de entendimento do que é o comitê de bacia hidrográfica, por parte da população e falta de interesse.

O autor ainda frisa que a participação nos comitês objetiva primariamente a neutralização e inibição de tomadas de decisão apoiadas em motivos puramente economicistas e o fato de que muitos ignoram a assimetria de poder econômico, de conhecimento técnico-científico, eloquência e poder de argumentação entre os grupos presentes nas reuniões.

Neste contexto, Milani (2008) traz que os instrumentos participativos devem ser questionados sob, pelo menos, duas óticas críticas principais: 1) quem participa e que desigualdades subsistem na participação? 2) Como se dá o processo de construção do interesse coletivo no âmbito dos dispositivos de participação?

A inação dos organismos de bacia enquanto instância deliberativa e o seu enfraquecimento enquanto instituição fica mais evidenciado no seguinte trecho sobre os comitês do estado da Bahia:

No caso dos comitês de bacias hidrográficas na Bahia ainda é o Estado que determina a política hídrica e os comitês não são envolvidos em etapa alguma, nem mesmo para que sejam discutidos os ditames desta política. Não foi possível observar que o comitê seja atuante enquanto arena de poder compartilhado, visto que não constam em atas discussões sobre aspectos e competências dos comitês de bacias, apenas mediações sobre processos administrativos internos (FADUL *et al*, 2017, p. 10)

Neste contexto, A WWF (2005) levantou uma série de recomendações operacionais direcionados aos comitês de bacia, para auxiliar a implementação dos sistemas de gestão de recursos hídricos no Brasil, dentre elas:

- Os organismos de Bacia deverão assumir papel protagonista diante de novos temas/ novas abordagens que contribuam para atender os objetivos da política e do sistema de gestão de recursos hídricos;
- Incentivar o desenvolvimento e o uso de sistema de suporte para tomada de decisão;
- Fortalecer a capacidade de cooperação entre as estruturas sociais (capital social);
- Aumentar a interlocução dos comitês com a sociedade;
- Construção de diretrizes metodológicas para a implementação dos planos de bacia.

Entre outras recomendações, observa-se principalmente: a necessidade de articulação entre as pautas dos conselhos e suas câmaras técnicas que não refletem as discussões locais realizadas nos comitês, evidenciando, assim, uma falha na comunicação entre os entes do sistema; a necessária adoção de mecanismos que assegurem a agilidade e a participação dos atores no processo de tomada de decisão e a geração de informação desenhada de acordo com as prioridades de gestão (WWF, 2005; OCDE, 2015).

### 3.3 A Bacia Hidrográfica

No Brasil, a Lei 9433/1997 instituiu a bacia hidrográfica como a unidade territorial para implementação da [PNRH](#) e de atuação dos entes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – [SINGREH](#) (BRASIL, 1997). A bacia é considerada um ente sistêmico de planejamento e design hidrológico, por ser possível a realização do balanço hídrico, isto é, do equacionamento de suas entradas e saídas (PORTO E PORTO, 2008; KARAMOUZ *et al.*, 2003).

Logo, a identificação das principais pressões no sistema da bacia e suas relações de causa-efeito na segurança hídrica, tornam-se essenciais para o planejamento da segurança hídrica, que por sua multidimensionalidade, pode ser afetada por múltiplas cadeias de interação. Tais relações são produtos de forças antrópicas e naturais na bacia e mapeá-las, permite a identificação das vulnerabilidades inerentes e ajuda na priorização das medidas com maior potencial de ação sobre suas causas.

No Brasil, o relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos (ANA, 2019c) ressalta que as barreiras postas pelas características naturais do semiárido contribuem para o reduzido valor de disponibilidade hídrica, mas por outro lado destaca como as altas demandas tem influência sobre o stress hídrico e como o lançamento de efluentes e o manejos dos solos desempenham um papel importante na manutenção da qualidade hídrica em todo país.

A seca do semiárido brasileiro é considerada uma condição natural cíclica (MARENGO, 2010; LUCENA, 2018). Diversas variáveis envolvem seu complexo sistema hidroclimático: Baixas precipitações (inferiores a 800mm anuais) mal distribuídas no tempo, elevadas horas de exposição solar (3.000 horas de sol por ano) e índices acentuados de evapotranspiração: em média, cerca de 2.000 mm/ano (BEZERRA, 2002; SUASSUNA, 2007; MARENGO, 2010).

Geologicamente, a região é formada por 70% de embasamento cristalino, de solos rasos e com a água sendo armazenada de forma descontínua em aquíferos fissurais, em sua maioria de qualidade inferior por conta da mineralização acentuada decorrente do contato com o substrato, servindo para usos menos nobres como consumo animal, as vezes para consumo humano e raramente para irrigação (SUASSUNA, 2007).

No entanto, a expansão das atividades agropastoris e dos perímetros irrigados, somados ao adensamento populacional e desmatamento resultaram nos impactos negativos sobre as características hídricas e edáficas da região. Esta pressão no sistema hídricoambiental do semiárido implicou no aumento da vulnerabilidade à seca (SUASSUNA, 2007; DE NYS *et al.*, 2016).

Marengo (2017) ressalta que, embora a seca seja um fenômeno recorrente no Nordeste, percebe-se que o risco e a vulnerabilidade ainda são elevados, principalmente nas áreas rurais semiáridas, por conta dos vetores antrópicos. Há uma necessidade de ações nas quais as comunidades científicas e de

tomadores de decisão trabalhem juntas em questões de seca, com foco na redução da vulnerabilidade e construção de resiliência.

De modo geral, o gerenciamento dos recursos hídricos está no cerne de dois tipos de **escassez: a física e a econômica**. Estes conceitos se manifestam de acordo com disponibilidade e acesso a recursos hídricos de cada bacia, enquanto o primeiro é uma estimativa baseada em disponibilidade versus demanda de água, isto é, baixa disponibilidade do recurso natural para atender os usuários, a escassez econômica é limitada por capital institucional, financeiro e/ou humano, em outras palavras, a região apresenta disponibilidade de água, mas tais fatores impedem o acesso a este bem (WATER, 2012; FAO, 2012; ROSA, 2020).

De acordo com o disposto em De Melo (2016), a relatividade neste conceito demonstra a importância de se realizar uma avaliação local e identificar os fatores que exercem pressão sobre o sistema da bacia. Uma das premissas básicas que norteou sua pesquisa sobre segurança hídrica de sistemas urbanos de abastecimento de água potável, é o fato de que a segurança hídrica depende, de forma intrínseca, dos resultados da gestão dos recursos hídricos e do controle dos estressores da bacia, uma vez que deles resultarão os aspectos de quantidade e a qualidade da água bruta no ponto de captação.

Desse modo, as pressões da bacia, segundo De Melo (2016) podem ser agrupados em 4 categoriais abrangentes e serão abordadas aqui como estressores da segurança hídrica, sendo divididas em: i) as atividades modificadoras da paisagem da bacia, inclui-se aí desmatamento e mudanças no uso e ocupação do solo; ii) demanda pela água; iii) poluição e iv) pressão oriunda de eventos hidrológicos extremos.

### **3.3.1 Atividades modificadoras de paisagem**

A regulação da qualidade e da oferta da água dependem de formas de vegetação em estado natural. A conservação da água não pode ser alcançada sem a conservação dos outros recursos naturais, já que a água proveniente da fase terrestre do ciclo hidrológico reflete diretamente seu estado de degradação (ex. usos e a cobertura do terreno), existindo uma relação estreita entre a cobertura vegetal nativa e as condições hídricas (REIS, 2004; BOSSIO et al., 2010; TUNDISI & TUNDISI, 2010; HARRISSON et. al., 2016; MAGALHÃES E BARBOSA JUNIOR, 2019).

Além disso, segundo Magalhães e Barbosa Junior (2019) e Tundisi & Tundisi (2010), a remoção da vegetação e o uso intensivo das bacias hidrográficas comprometem substancialmente os custos do tratamento para abastecimento público. Tundisi & Tundisi (2010), avalia que áreas protegidas com mananciais de boa qualidade possui custos de tratamento que chegam no máximo, a R\$ 2 ou R\$ 3 por 1.000 m<sup>3</sup>, enquanto em áreas degradadas o custo do tratamento pode chegar a R\$

250,00 ou R\$ 300,00 por 1.000 m<sup>3</sup>, comprometendo a segurança hídrica em uma cadeia de impactos que vai desde os ecossistemas da bacia até os usuários.

### 3.3.2 Demanda

De acordo com a ANA (2019a), fatores demográficos e o crescimento da urbanização tendem exercer mais pressão sobre os recursos hídricos nas dimensões humana, econômica e ecossistêmica, uma vez que influenciam na demanda. Um fator importante que se deve levar em conta no balanço hídrico urbano é o índice de perdas na distribuição no sistema de abastecimento de água. Os resultados do SNIS (BRASIL, 2018) apontam a média brasileira (38,5%), do Nordeste (46%) e da Bahia (37,5%).

Considerando as demandas por finalidade, a irrigação constitui a principal atividade consuntiva no país, seguida do abastecimento urbano e industrial (ANA, 2019c). Para ANA (2017), a expansão da agricultura para regiões com clima desfavorável e estímulos governamentais de desenvolvimento regional são alguns dos fatores que tem favorecido o crescimento da irrigação no Brasil. Um fator importante, o distingue dos demais setores no que se refere ao tratamento do tema, por conta da sua importância para segurança alimentar da bacia. A produção de alimentos, é absolutamente prioritária para a sociedade, tanto do ponto de vista fisiológico e nutricional quanto do estratégico e político (PLANO ABC, 2012).

Espera-se que 60% a mais de alimentos sejam necessários entre agora e 2050 para satisfazer a demanda de uma população projetada para mais de 9 bilhões de pessoas. Mundialmente, a agricultura é o maior usuário de água em muitos países e é responsável por 70% da retirada de água total e mais de 90% do uso consuntivo (FAO, 2012; ANA, 2017). No Brasil, a retirada de água para este fim é responsável por uma média de 46% da retirada e 67% da vazão de consumo total (ANA, 2017). Na Bahia, o PERH (2005) aponta que as demandas hídricas consuntivas no Estado são da ordem de 205 m<sup>3</sup>/s, sendo que destas 170 m<sup>3</sup>/s são devidas à irrigação, 21 m<sup>3</sup>/s para abastecimento urbano e os restantes 14 m<sup>3</sup>/s divididos entre abastecimento das populações rurais, indústrias e rebanhos.

Comparando-se a necessidade de água para satisfação humana e a quantidade necessária para produção de alimento diário, tem-se que uma pessoa requer de 2 a 4 litros de água por dia, porém é necessário de 2000 a 5000 litros de água para produzir sua dieta por dia (SONNEVELD et al, 2018).

De acordo com o Atlas de Irrigação (ANA, 2017, p. 59):

a maior parte das bacias com indicadores de criticidade quantitativa no Brasil tem como maior uso consuntivo a agricultura irrigada. Os conflitos ocorrem de forma intrassetorial (entre os irrigantes) ou com outros setores tais como o abastecimento urbano e a geração de energia. A criticidade ocorre devido às altas demandas da irrigação, mas também em regiões com demandas moderadas, mas com baixa disponibilidade hídrica, a exemplo do

Semiárido. Com a perspectiva de aumento do uso em até 42% no horizonte 2030, é necessário um esforço crescente de planejamento e gestão

Embora a intensificação do uso das águas subterrâneas tenha contribuído para melhorar os meios de subsistência de milhões de pessoas, também resultou em esgotamento de aquíferos a longo prazo (FAO, 2012). Do ponto de vista quantitativo, a alta demanda pode diminuir os níveis dos rios e das águas subterrâneas, que por sua vez podem influenciar negativamente os ecossistemas aquáticos e ribeirinhos (EEA, 2006; ANA, 2017).

### 3.3.3 Poluição

De Melo (2016) cita dois tipos de poluentes: os ordinários e os acidentais. Os primeiros são considerados aqueles continuamente lançados na bacia, advindos de lançamentos, pontuais e difusos, de carga poluidora proveniente principalmente de efluentes sanitários, agrícolas, industriais, na aplicação de agrotóxicos e na disposição inadequada de resíduos sólidos. Enquanto os poluentes acidentais é resultado de um evento anormal, indesejado ou inesperado, podem ser provenientes de fontes móveis, a exemplo de cargas poluidoras liberadas em acidentes com meios de transporte ou fontes fixas, como é o caso do lançamento irregular, proposital ou não, de efluentes industriais, minerários.

Sobre os poluentes ordinários, aquelas de origem urbana apresentam grande potencial de contaminação de águas superficiais decorrente da disposição inadequada de rejeitos sólidos urbanos, lançamento de efluentes sanitário sem tratamento prévio adequado e *runoff: a lixiviação por águas da chuva de superfícies urbanizadas*. Em áreas rurais, atividades agropecuárias também são importantes fontes de poluentes, presentes em resíduos de fertilizantes e dos resíduos de fezes e urina dos animais, revelando mesmo em áreas de baixo desenvolvimento industrial e urbano, ameaças potenciais à biodiversidade e à qualidade dos recursos hídricos e biológicos da região (DE PAULA, 2010).

Na agricultura, a parcela das perdas dos sistema de irrigação que não é evapotranspirada e retida no solo pode contaminar corpos hídricos superficiais e subterrâneos de forma pontual ou difusa, carreando sais, sedimentos, matéria orgânica e poluentes. O processo de salinização do solo assola áreas irrigadas de todo o mundo, ocasionando redução da produtividade, abandono de terras e a salinização dos curso d'água, impactando não só a própria agricultura, mas também outros usos e a biodiversidade (ANA, 2017).

No caso de poluição acidental, um exemplo da pressão nos ecossistemas da bacia é o rompimento de uma Barragem de Rejeito de Mineração - [BRM](#) e seus impactos na segurança hídrica e nos meio de vida da população. Recentemente, dois exemplos marcaram o estado de Minas Gerais: o primeiro em 05/11/2015 na bacia do Rio doce, no município de Mariana (BORGES, 2018; ANA,



2019c); e o segundo em 25/01/2019 na Bacia do Rio Paraopeba afluente do Rio São Francisco, em Brumadinho (ANA, 2019c; PEREIRA et al, 2019). Segundo Pereira et al (2019), existem no Brasil 769 BRM e apenas 425 estão sobre a regulação da Política Nacional de Barragens - [PNB](#). Borges (2018) relata que o rejeito provocou assoreamento de rios e riachos, a mortandade de peixes e outras espécies da biota, além de afetar a segurança hídrica e alimentar da população que subsiste da terra, incluindo povos indígenas.

### **3.3.4 Eventos Hidrológicos Extremos**

Esse tipo de pressão tem sido altamente debatido na literatura, muito por conta da influência das alterações climáticas, que origina eventos hidrológicos extremos, como seca acentuada ou chuvas intensas (DE MELO, 2016), carreando através da água, ou da ausência dela, muitos dos seus impactos para o ecossistema natural e artificial da bacia (FIELD, 2014).

Um exemplo de região que têm lidado com ambos, é a região sudeste de Queensland na Austrália. Os desafios de abastecer uma população em crescimento e uma região altamente urbanizada, ganharam maior visibilidade depois da seca prolongada de 2001 a 2008, o que levou a uma total mudança de percepção sobre os aspectos hídricos regionais, que tinham um histórico constante de inundação em suas bacias (TROY, 2008; HEAD, 2014).

Lidar com os extremos hidrológicos requer mecanismos de adaptação e um design de sistema a prova de falhas. Em 2011, após a seca sem precedentes e a necessária implementação de uma série de ações para garantia da segurança hídrica, uma inundação contaminou alguns dos reservatórios de água potável de Queensland-Austrália, porém a região utilizou as plantas de dessalinização para suprir sua rede de abastecimento (HEAD, 2014). Esta situação evidencia o conceito de redundância, que requer uma alta diversidade de respostas aos estressores do ecossistema e, neste caso, evitou a perda de resiliência hídrica pela ação de um evento hidrológico extremo.

## **3.4 Mapeamento de Áreas Críticas para Segurança Hídrica na Bacia**

No contexto nacional, um ponto a ser considerado, é o fato de o Brasil apresentar fatores socioeconômicos e hidro climáticos que podem variar fortemente entre regiões, dando origem a problemas de segurança hídrica que podem ser distintos espacialmente e em muitos casos tais diferenças estão presentes dentro da bacia, da montante para jusante. Isto ressalta as particularidades da gestão hídrica no país, com aspectos que podem variar de acordo com a região em que se inserem e realçando a importância de se promover uma análise espacial da segurança hídrica na bacia.

Por facilitar o processo de tomada de decisão, os Sistema de Informações Geográficas - SIG tem sido largamente utilizado por órgãos administrativos públicos e pesquisadores como ferramenta para apontar áreas críticas da bacia. A análise espacial, portanto, serve como subsídio aos gestores de

recursos hídricos, seja através do mapeamento das vulnerabilidades, para direcionar aspectos de controle, ou através do mapeamento de características únicas que demonstrem a necessidade de conservação ou proteção de áreas-chaves.

Para se definir os níveis de criticidade de certos trechos de rios no país, a ANA criou a Nota Técnica conjunta nº2/2012/SPR/SER da ANA, que estabeleceu um método de definição de trechos críticos em corpos d'água de bacias federais e algumas bacias estaduais, para subsidiar as ações de gestão de recursos hídricos. Os resultados foram mapas das Regiões Hidrográficas com seus respectivos trechos críticos, um sistema de classificação ordenando-os por níveis de criticidade e uma matriz de ações prioritárias correspondentes.

Boori & Vooren (2014) sugerem uma metodologia combinando indicadores biogeofísicos, sociais e hidrológicos, SIG e sensoriamento remoto, para mapear a vulnerabilidade sóciohidrológica de regiões áridas e semiáridas. Em geral, a vulnerabilidade é expressa em função da exposição, sensibilidade e capacidade de adaptação de uma região a desastres naturais e efeitos das mudanças climáticas. A pesquisa de vulnerabilidade sóciohidrológica garante que as decisões tomadas sobre os recursos hídricos incorporem uma gama de valores e perspectivas sobre os impactos humanos e o valor e uso da água.

Por outro lado, XIE et al. (2014), no estudo de caso da cidade de Lanzhou, China, mapeou áreas de importante segurança ecológica com base em um índice. Com a aceleração da urbanização, o aumento das atividades humanas promoveu maiores impactos nos espaços ecológicos e nos serviços ecossistêmicos comprometendo a segurança dos recursos hídricos, conservação da biodiversidade, proteção e prevenção de desastres e recreação natural. Desse modo, foi estabelecido um índice integrado de importância do espaço ecológico e um método para identificar estes principais espaços usando GIS.

Ao se tratar do aproveitamento de recursos hídricos de bacias hidrográficas, torna-se imprescindível considerar as condições naturais de disponibilidade hídrica - e sua distribuição espacial e temporal. Luijten et al. (2003) demonstra como simulações baseada em [SIG](#) podem facilitar a análise destes cenários em bacias hidrográficas da América Latina. Desse modo, no escopo do planejamento multiescala, os planos de recursos hídricos e outros planos direcionadores, como o Plano Nacional de Segurança Hídrica, constituem instrumentos importantes para o mapeamento de áreas críticas na bacia.

### **3.4.1 Planos de Bacia Hidrográfica**

De acordo com a ANA (2013), a Lei das Águas definiu os planos de recursos hídricos como instrumentos de planejamento para orientar a tomada de decisão sobre uso racional deste bem no país.

No seu escopo está a tarefa de avaliar as vulnerabilidades hídricoambientais da bacia e criar programas de aumento da disponibilidade e redução da demanda.

A PNRH estabelece que os planos serão elaborados por bacia hidrográfica, por estado e para o país (BRASIL, 1997). Logo, são documentos diretores que visam fundamentar e orientar a implementação dos objetivos da política nacional e/ou estadual na bacia e seu processo de elaboração, constitui uma etapa crucial do planejamento.

Neste contexto, o diagnóstico e o mapeamento das áreas críticas levam em consideração o stress hídrico de trechos de rios da bacia, a partir da relação entre uso e disponibilidade da água. Vanhanm (2018) reitera que esta relação é um dos indicadores sugerido para se monitorar escassez e atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis – [ODS](#) em água e Saneamento (ODS 6).

$$\text{Stress Hídrico (\%)} = \frac{\text{Demanda}}{\text{Disponibilidade-Vazão Ecológica}} \times 100$$

De acordo com Vanham, (2018), em uma estimativa aproximada, o nível crítico de utilização dos recursos hídricos tem um limite de stress de 40% e bacias que apresentem valores acima desse limiar apresentam um alto índice de stress hídrico. Em diversas bacias hidrográficas brasileiras, o balanço hídrico revela um alto grau de comprometido já na situação atual ou em um futuro próximo, demonstrando o estabelecimento de conflitos reais ou potenciais entre os principais usos da água.

Na Bahia, o Plano Estadual de Recursos Hídricos - [PERH](#) revelou regiões com déficits hídricos consideráveis distribuídos nas regiões semiáridas, principalmente nas bacias do Rio das Contas e Verde Grande e conclui que se for considerado a tendência de crescimento da demanda e que o aumento das disponibilidades, em grande parte, depende de obras de ativação, fica evidente a necessidade de fortes investimentos em ações estratégicas para segurança hídrica no estado (BAHIA, 2005).

### 3.4.2 Plano Nacional de Segurança Hídrica - PNSH

Em 2019, acompanhando a necessidade de criação um plano estruturante para aumento da disponibilidade hídrica e controle de cheias em regiões críticas do país, foi publicado o PNSH (ANA, 2019a; 2019c). O plano adapta a definição da ONU para Segurança Hídrica, incluindo o conceito de risco associado às secas e cheias:

(...) existe quando há disponibilidade de água em quantidade e qualidade suficientes para o atendimento às necessidades humanas, à prática das atividades econômicas e à conservação dos ecossistemas aquáticos, acompanhada de um nível aceitável de risco relacionado a secas e cheias, devendo ser consideradas as suas quatro dimensões como balizadoras do planejamento da oferta e do uso da água em um país (ANA, 2019a, p. 13).

Para dar suporte ao plano, criou-se o [ISH](#), um sistema de medição com indicadores e métricas que sintetizam as suas quatro dimensões (ANA, 2019a). De acordo com o Manual Metodológico do ISH (2019d), uma vez que o conceito o associa ao risco, foi necessário definir algumas premissas:

- Dimensão humana: entende-se que a população é o ativo em risco, isto é, o número de habitantes que estará em situação de desabastecimento.
- Dimensão econômica: valores monetários foram associados à produção (irrigada, pecuária e industrial para quantificar o possível prejuízo por não suprimento das demandas hídricas relacionadas à produção econômica.

Desse modo, essas duas dimensões são baseadas no cálculo do **risco hídrico**, parâmetro derivado do inverso do balanço. Sua função é dividida da seguinte forma:

$$FR (total) = FR (Pós déficit) + FR (Iminente)$$

Onde:

- Risco pós-déficit: corresponde ao valor em risco quando uma parcela da demanda não está sendo suprida, isto é, relação entre disponibilidade e demanda hídrica superior a 100%.
- Risco iminente: corresponde ao valor em risco que pode ocorrer no limiar do déficit, porém, ainda antes de sua ocorrência. É progressivamente maior à medida que o resultado da relação entre demanda e disponibilidade hídrica se aproxima de 100%. Após se concretizar o déficit, uma parte da população ainda permanece em risco iminente enquanto outra parte se encontra no risco pós déficit. Nesse caso, o risco iminente decresce à medida que aumenta o risco pós-déficit.

O **Quadro 1** apresenta uma síntese da metodologia de cálculo do ISH, incluindo os indicadores que o compõe:

**Quadro 1** - Lista de Indicadores e metodologia do Índice de Segurança Hídrica

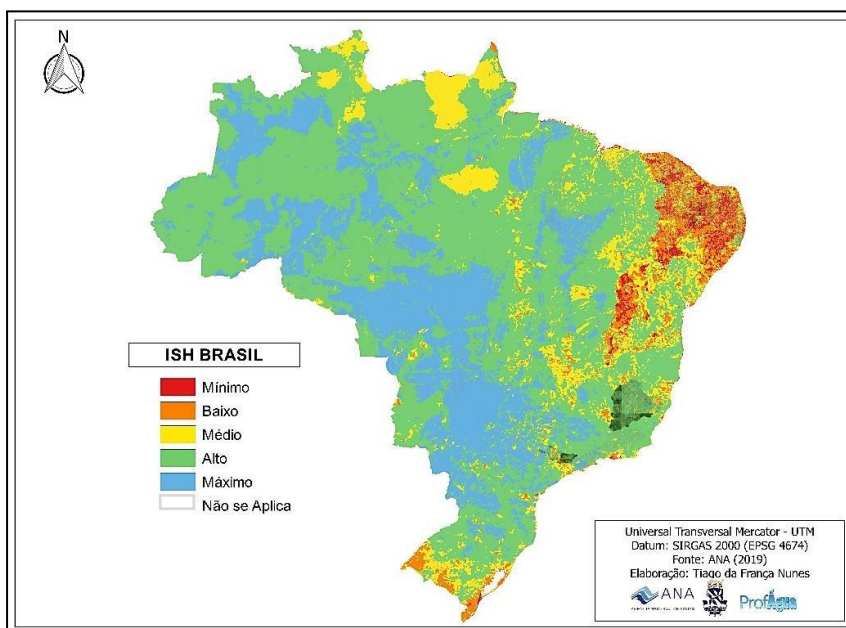
	Peso ISH	Dimensão	Peso na Dimensão		Indicador	Observações do Eixo
ISH	25%	Humano	70%		Garantia de água para Abastecimento Urbano	População Urbana em risco de desabastecimento
			30%		Cobertura da rede de Abastecimento Urbano	Utilizado apenas como fator penalizante para segurança hídrica local
	25%	Econômico	50%	70%	Garantia de água para Irrigação	Dano Potencial a produção por desabastecimento
				30%	Garantia de água para Pecuária	
	50%		Garantia de água para atividades Industriais			
25%	Ecológico	33,3%		Quantidade adequada de água para usos naturais	O Ativo em risco é o ecossistema e	

			33,3%	Qualidade adequada de água para usos naturais	identifica vulnerabilidades
			33,3%	Segurança de barragens de rejeito de mineração	
	25%	Resiliência	50%	Reservação artificial	Utilizado apenas quando a condição artificial contribuir para segurança hídrica local
			50%	Reservação natural	Condição Natural da bacia
Potencial de armazenamento Subterrâneo					
Variabilidade pluviométrica					

Fonte: Adaptado de ANA (2019d)

O resultado final revela o status da segurança hídrica no país a partir de alguns indicadores chave que estão agrupados de acordo com seus 4 eixos conceituais e especializado por Ottobacia: “áreas de contribuição hídrica codificadas segundo a metodologia de Otto Pfafstetter, tal que é possível guardar as relações de fluxo (montante-jusante) entre os trechos” (ANA, 2019d). O índice final é apresentado na **Figura 2**, em uma escala qualitativa (máximo-alto-médio-baixo-mínimo).

**Figura 2** – Índice de Segurança Hídrica – ISH Brasil – Projeção de 2035.

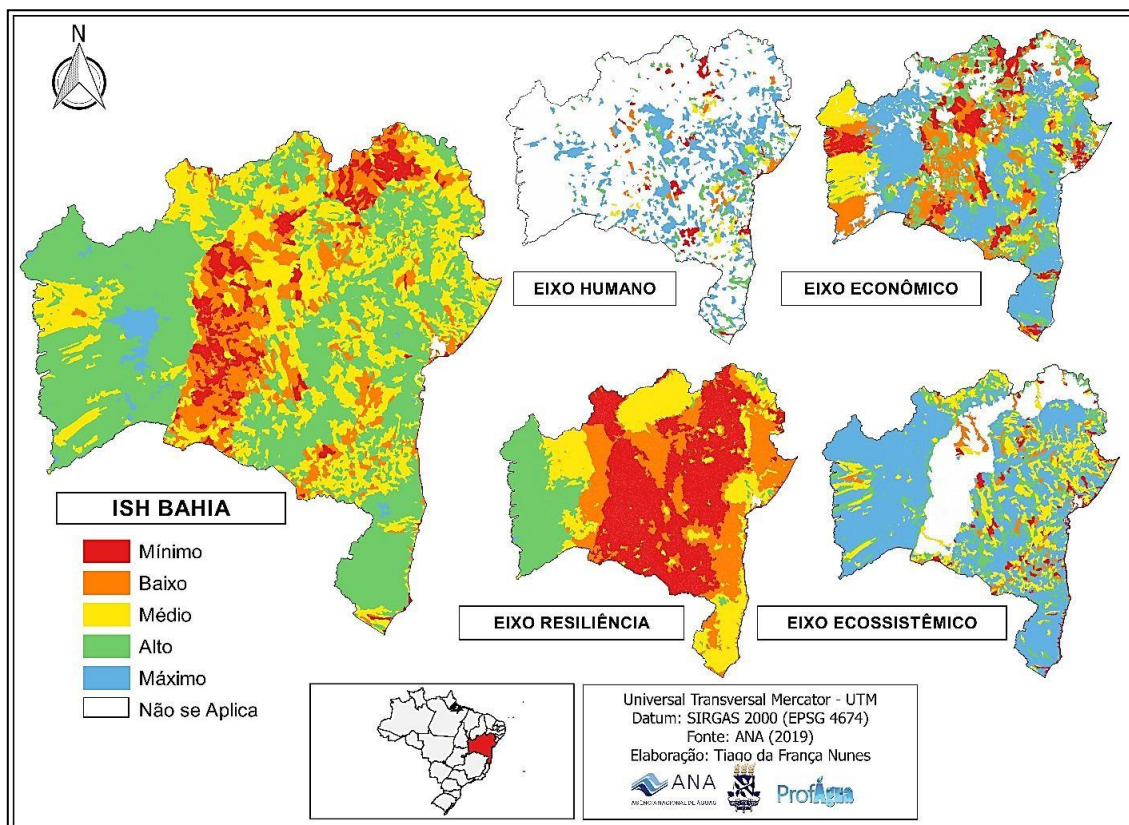


Fonte: O autor (2020)

Na **Figura 3** é possível observar o cenário da segurança hídrica de 2035 na Bahia. O resultado revela áreas com menor segurança hídrica na região Nordeste, em que se verifica o impacto do clima semiárido, caracterizado por cursos d’água intermitentes, grande variabilidade pluviométrica inter e intra-anual e déficit hídrico com reflexos principalmente nos indicadores das dimensões ecossistêmica e de resiliência.



**Figura 3 - Recorte do Índice de Segurança Hídrica - ISH do Estado da Bahia**



Fonte: O autor (2020)

Assim como o PERH, o PNSH também aponta problemas de comprometimento hídrico que afetam a segurança hídrica da Bacia do Contas. De acordo com a ANA (2019a)

Em particular na bacia do rio de Contas, no que se refere a eventos críticos associados à estiagem, a escassez de água deixou de ser uma hipótese de planos de contingência para se tornar realidade, sobretudo em regiões de elevadas demandas humanas, industriais ou de dessedentação animal. Notadamente, as análises (...) mapearam uma área específica na bacia do rio de Contas com problemas de segurança hídrica relativa à oferta de água, e para a qual não foi identificada nenhuma intervenção na análise integrada do inventário com vistas à compatibilização entre oferta e demanda, caracterizando problemas sem indicativo de solução.

### 3.5 Procedimentos Metodológicos de Suporte a Decisão

É inegável que o debate sobre segurança hídrica alcançou camadas mais profundas em termos de gestão e planejamento, sendo inserido paulatinamente na definição de estratégias mundialmente. Neste campo, por conta de sua multidimensionalidade, o processo de tomada de decisão requer ferramentas ou procedimentos analíticos que forneçam suporte na definição de tais ações.

De Melo (2016) e Dos Reis Filho (2018) analisaram a severidade do impacto, ocorrência e detectabilidade dos estressores sobre o sistema de água bruta em bacias urbanas com o auxílio da ferramenta *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Dessa forma, avaliou-se a escala do risco oferecida a segurança hídrica da bacia e como este afeta a vulnerabilidade do sistema de água tratada a partir das suas principais relações de causa e efeito. A priorização das ações foi baseada na

hierarquização dos riscos estudados e consequente identificação daqueles que apresentam maior ameaça ao sistema de abastecimento público.

No entanto, Bojovic et al. (2012), aplicou a metodologia Análise Multicritério (AM) para avaliação de estratégias de adaptação contra os efeitos das alterações climáticas no Sul Europeu. A pesquisa utilizou questionários eletrônicos como modo de consulta as percepções a respeito das mudanças climáticas, dados socioeconômicos, técnicas de irrigação usada e o que poderia ser feito para melhorar as práticas agrícolas na região. As estratégias identificadas foram posteriormente analisadas com um painel de especialistas e governantes. Os resultados serviram para que os tomadores de decisão da região de Veneto tivesse um direcionamento ao priorizar investimentos.

Rosa (2019) em sua dissertação de mestrado, propôs o delineamento de estratégias prioritárias para segurança hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, por meio da utilização do método Delphi, onde o painel de especialistas consultados, são membros do Comitê de bacia do São Francisco. Além disso, adotou a ferramenta de mapas conceituais para efeito comparativo das implicações de revitalização e segurança hídrica da bacia.

A ANA em sua nota técnica conjunta nº2/2012/SPR/SER, identificou trechos críticos em corpos d'água federais, por meio de classes de criticidade que vão de (1 a 6), desenhados com base em: indicadores de balanço qualiquantitativo, áreas de baixa disponibilidade hídrica e conflitos em potenciais estabelecidos por metodologia própria. Os resultados serviram para criar uma matriz de ações de gestão prioritárias compatíveis com os níveis de criticidade definidos por trecho.

Por outro lado, Harrisson et. al. (2016), avaliou a importância de habitats protegidos para o fornecimento de água doce e definiu ações para garantia de segurança hídrica com base em um índice de ameaça hídrica dessas áreas. O estudo mediu a quantidade de água que está sendo fornecida e o quão ameaçadas tais áreas estão em termos de seu fornecimento de água, comparando isso com o número de pessoas que vivem a jusante do ponto de pesquisa. A partir dessas análises foi possível recomendar estratégias que poderiam otimizar os pontos de estudo, conservando áreas de baixa ameaça e mitigando os efeitos de alta ameaça aos ecossistemas que fornecem água doce.

### **3.5.1 Modelo Conceitual Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta - FPEIR**

A OCDE (1993) desenvolveu o modelo Pressão-Estado-Resposta, que destaca as relações de causa e efeito e ajuda os tomadores de decisão e usuários a observar como as questões ambientais, sociais e econômicas estão interconectadas. O modelo é baseado na premissa que: as atividades humanas exercem pressão sobre o meio ambiente e afetam sua qualidade e a quantidade de recursos naturais (“estado”); a sociedade responde a essas mudanças por meio de políticas ou programas ambientais, econômicas e setoriais e por mudanças na consciência e no comportamento (OCDE, 2001).

O modelo P-E-R foi sendo trabalhado e conta hoje com diversas adaptações. Uma delas é a estrutura Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta - FPEIR proposta pela Agência Europeia do Meio Ambiente (EEA, 1999) e aperfeiçoada pela Agência Ambiental Americana EPA (2015). De acordo com a EPA (2015), o pensamento sistêmico aborda a resolução de um problema através da desagregação das componentes de um sistema e o estudo do relacionamento ou interação entre as partes que o compõe e com outros sistemas.

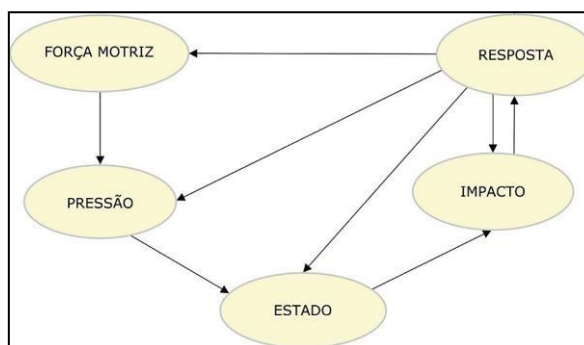
A abordagem sistêmica FPEIR (Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto, Resposta), consiste em um modelo que identifica relações de causa e efeito entre as componentes dos sistemas ambientais, econômicos e sociais da questão em consideração, além disso, fornece um mecanismo para planejamento e organização da informação, identificando possíveis falhas, links, métricas, indicadores de avaliação e pode ser base conceitual para modelos matemáticos (EPA, 2015).

O método [FPEIR](#) é baseado na teoria dos mapas conceituais: ferramentas gráficas para organizar e representar o conhecimento de maneira organizada (NOVAK & CAÑAS, 2008), consistem de diagramas e narrativas de acompanhamento que são desenvolvidos com o objetivo de visualizar, capturar e organizar conexões entre fatores considerados chaves em um sistema complexo como em um sistema de suporte a decisão (EPA, 2015). Seu processo de criação conceitual envolve:

- Formalizar o entendimento atual dos processos e da dinâmica do sistema
- Identificar conexões através de limites disciplinares
- Identificar os limites e o escopo do sistema de interesse
- Contribuir para a comunicação entre os tomadores de decisão, entre cientistas e profissionais, entre cientistas e tomadores de decisão, com o público em geral

A metodologia é largamente utilizada em diversas áreas ambientais para contextualização de problemas e identificação de indicadores de monitoramento. A estrutura lógica, ilustrada na **Figura 4**, possibilita a formalização dos processos de formulação de políticas e gerenciamento, identificando as ligações de causa e efeito entre os elementos da cadeia de interação entre homem (atividades humanas de impacto na bacia hidrográfica) e meio ambiente, na gestão integrada da bacia hidrográfica (EPA, 2015).



**Figura 4-** Estrutura do Método FPEIR.

Fonte: (EEA, 1999, p. 6)

De acordo com essa visão de análise de sistemas, o desenvolvimento socioeconômico e suas atividades relacionadas exercem pressão sobre o meio ambiente e, como resultado, o estado do meio ambiente muda, alterando a provisão de condições adequadas para saúde, disponibilidade de recursos e biodiversidade. Finalmente, isso leva a impactos na saúde humana, ecossistemas e materiais que podem provocar uma resposta de retorno da sociedade através de medidas corretivas, mitigadoras de controle ou de adaptação (EEA, 1999).

A ferramenta tem ampla aplicação em questões associadas com segurança hídrica, desenvolvimento sustentável, mudanças climáticas, gerenciamento de recursos hídricos, costeiro e de bacias hidrográficas, como evidenciado em: Hoekstra et al. 2018 e Rosa (2019), utilizando a estrutura pressão-estado-impacto-resposta como modelo analítico no contexto da segurança hídrica; Giupponi (2007; 2008), em sistemas de suporte a decisão para o uso sustentável dos recursos hídricos na bacia no intuito de aplicar as diretivas comuns da política de água da Comunidade Europeia e para auxiliar o desenvolvimento dos planos de bacia; Giupponi e Vladimirova (2006); Bastian e Luëtz, (2006); EEA, (2006), para representar o nexo de causalidade entre atividades agrícolas e seus efeitos nos ecossistemas e paisagens; La jeunesse et al. (2003); Faysse et al. (2004); Mysiak et al. (2005); Benini et al. (2010) em estudos de gestão de bacias hidrográficas.

Apesar de ter sido frequentemente empregado na área ambiental, para Song e Frostell (2012), a ferramenta atrai algumas críticas, dentre elas: (i) forma um conjunto de indicadores estáticos e não pode levar em consideração a dinâmica do sistema em discussão; (ii) fornece relações de causa-efeito pouco claras de problemas ambientais complexos e um entendimento limitado dos fatores que levam a mudanças ambientais; (iii) sugere cadeias causais unidirecionais lineares de problemas ambientais; e (iv) analisa tendências ambientais apenas repetindo os relatórios de indicadores em intervalos regulares.

### 3.6 Ações Estratégicas para Garantia da Segurança Hídrica

Há uma urgência em se encontrar soluções práticas para as crises e conflitos atuais e iminentes, devido à complexidade em se gerenciar os recursos hídricos sob as pressões antrópicas na bacia e dos

efeitos crescentes das alterações climáticas. De acordo com Head (2014), o desenvolvimento e gestão de recursos hídricos em resposta à falta de resiliência local, geralmente se inicia com a abordagem tecnocrática que direciona grandes obras hidráulicas na bacia. Tais medidas, essencialmente de cunho estrutural, são importantes para definição de uma infraestrutura hídrica básica necessária, porém são mais custosas que as medidas não-estruturais e sofrem forte influência do setor “político”.

A construção de reservatórios, por exemplo, além de impactar a saúde e resiliência dos ecossistemas da bacia, consome parte expressiva dos recursos hídricos através da evaporação líquida (LUCENA, 2018), figurando entre os maiores usos consuntivos no país. De acordo com o Manual de usos Consuntivos da Água no Brasil (ANA, 2019b), em um estudo feito nos 148 reservatórios do Sistema Interligado Nacional – SIN, o Nordeste, que conta com apenas 10 desses reservatórios, é responsável pela maior evaporação líquida no país correspondendo a 33% do total.

Medidas estritamente tecnocrática têm se revelado pouco efetiva em resolver os problemas relacionados à segurança hídrica e devem ser combinadas com a abordagem não-estrutural do lado da demanda (políticas, regulamentos e incentivos que visam a transformação do comportamento) (HEAD, 2014; GREEN et al., 2015; HARRISSON et al., 2016). De acordo com Green et al. (2016), as medidas em demanda têm efeito enfático sobre a redução da ameaça a nível de usuário. Harrison et al., (2016) conclui que sólidos investimentos em medidas não-estruturais, incluindo, mais recentemente, abordagens em infraestruturas naturais estão entre as principais estratégias implementadas para garantir o abastecimento de água doce e reduzir as ameaças ao seu fornecimento.

Do ponto de vista do direcionamento das ações, a GWP (2009) e a FAO (2012) ressaltam que, a nível local, as melhores opções de gerenciamento devem ser direcionadas ao comportamento e procedimento dos usuários: comunidades, agricultores, organizações de produtores, órgãos gestores, indústrias extrativistas e de transformação, gestores ambientais e de turismo, afim de reduzir a pressão sobre o ciclo hidrológico. GWP (2009) determinam que as mesmas precisam complementar os planos existentes, sendo necessário a existência de diretivas nacionais, como a PNRH e o PNSH, para vincular as abordagens *top-down* à *bottom-up* de planejamento.

Do ponto de vista da classificação, as estratégias para garantia de segurança hídrica podem ser divididas de diversas maneiras: intervenções estruturais ou não-estruturais (GWP, 2009); gerenciamento da oferta ou da demanda (FAO (2012); construção de infraestrutura cinza ou verde (SONNEVELD et al, 2018). No escopo desse projeto, as classificações integram todas as abordagens citadas e serão apresentadas abaixo com base nos 4 eixos conceituais da segurança hídrica, considerando a necessidade de estudo de alternativas, a nível local, com a função de complementar a infraestrutura existente. Desse modo, apresenta-se a seguinte divisão: i) eixo humano: considerando a necessidade de preparação da população e infraestrutura urbana, a fim de se evitar crises hídricas; iii) eixo econômico: com foco no uso sustentável da água no setor agrícola, visto sua notável

influência sobre os recursos hídricos no país; iii) eixo ecossistêmico: abordando medidas de incentivo a preservação/conservação dos serviços prestados pelo meio ambiente e iv) eixo resiliência: discutindo a adoção de medidas para diminuição da vulnerabilidade aos eventos hidroclimáticos extremos.

### **Eixo Humano: Segurança Hídrica Urbana**

Devido as altas taxas de urbanização no Brasil (~90%) (PNSH, 2019a) e seus efeitos sobre a demanda e crise hídrica, faz-se necessário a busca de medidas que considere o elevado metabolismo urbano. Neste contexto, é importante observar a linearidade no gerenciamento dos recursos hídricos que deve migrar para uma abordagem mais circular, levando em conta a reciclagem de água e considerado o controle da poluição como um elemento importante no sistema de abastecimento de água FAO (2012).

Em seu estudo, Hoekstra et al. (2018) define que as ações mais eficazes para segurança hídrica nesse âmbito serão com objetivo de reduzir as pressões: controle da urbanização, diminuição da demanda hídrica por meio da cobrança de água, melhorar a infraestrutura do sistemas de abastecimento ou reduzir impactos através de gestão de riscos e planejamento de desastres naturais. Larsen, (2016) enumera três estratégias que podem ser adotadas orientadas a aumentar a produtividade da água: redução do desperdício de água, a reciclagem ou a reutilização de água de qualidade inferior e a regeneração de água de alta qualidade a partir da água usada.

O uso de fontes não-convencionais na matriz de água local está na vanguarda das ações em segurança hídrica. De acordo com a UNU-INWEH (2013), a água de reuso para usos múltiplos, inclusive humano, tem o poder de transformar o lançamento de efluentes *in natura*, um problema sanitário que interfere na saúde coletiva e ambiental, em um potencial econômico. Globalmente, cerca 1,7% do abastecimento municipal de água é tratado para reutilização e a maior parte é usada para irrigação. Na Califórnia 61% da água de reuso é aplicada no setor irrigado, e o restante é usado principalmente para recarregar águas subterrâneas ou para lançamento em águas superficiais. Existem comparativamente poucos esquemas de reutilização direta potável em larga escala, e eles competem em termos de consumo de energia e custos com a tecnologia de dessalinização. Sua desvantagem está no fator de que requer estrutura adicional para tratamento e redistribuição, aumentando assim a carga energética, financeira e institucional (LARSEN, 2016).

Nunes et al., (2019), enumerou uma série de ações estratégicas utilizadas na região sudeste de Queensland na Austrália para lidar com a seca milenar. Ele pontua ações em infraestrutura que envolve a inclusão de fontes alternativas: reuso e dessalinização em um esquema de reutilização de larga escala, que conferiram aumento da resiliência para região, por diminuir a vulnerabilidade da comunidade e infraestrutura a seca e inundações e a adoção de medidas voltadas a redução da

demanda, que foram tão importantes quanto as ações de infraestrutura, uma vez que a baixa demanda se manteve mesmo após o período de crise.

### Eixo Econômico: Segurança Hídrica no Setor Agrícola

Considerando a pressão da irrigação sobre os recursos hídricos no país e sua influência na segurança hídrica e alimentar da bacia, buscou-se revisar ações com foco neste setor. O relatório da divisão de alimento e agricultura das Organizações das Nações Unidas - [ONU](#), do inglês FAO (2012), delineia uma série de opções de resposta para situações de escassez, discriminando as do setor agrícola. O **Quadro 2** exibe a síntese dessas medidas.

**Quadro 2** – Opções de resposta no escopo da escassez hídrica e destaque para o setor agrícola.

Opções de Resposta	Setor	Orientado à	Medida
<b>AUMENTO DA OFERTA</b>	Hídrico	Redução da variabilidade hidrológica anual	1. Reservatórios de usos múltiplos; 2. Conservação de água na unidade rural (infiltração, e armazenamento de água no solo)
		Aumento da capacidade de oferta subterrânea	1. Gerenciamento de recursos hídricos subterrâneos 2. Recarga artificial de aquífero
		Recirculação e Reuso de água	1. Sistema de água de reuso (loop fechado) 2. Utilização de água de drenagem na unidade rural; 3. Reuso da água urbana na produção agrícola
		Controle de Poluição	1. Controle de poluição pontual (indústrias e cidades) 2. Controle da poluição oriunda da agricultura (incluindo Pagamento por Serviços Ambientais)
		Importação de água	1. Transposição, dessalinização
<b>REDUÇÃO DA DEMANDA</b>	Hídrico	Redução de perdas hídricas	1. Monitoramento, controle de vazamentos 2. Implantação de sistemas de irrigação pressurizados (gotejamento), melhorar a programação dos esquemas de irrigação, revestimento de canais.
		Melhoria da relação produção / volume de água utilizada	1. Melhoria no gerenciamento hídrico, previsão de oferta e sistemas de alerta; 2. Modernização de infraestrutura e gerenciamento), irrigação de precisão, irrigação de déficit, drenagem na irrigação. 3. Melhoria das práticas agrícolas (gerenciamento da fertilidade, controle de pragas, material genético)
		Realocação de Água	1. Alocação Hídrica tradicional entre setores e restrição de demanda intrasetorial; 2. Direcionar água para plantações de maior valor ou limitando evapotranspiração reduzindo as áreas irrigadas
	Fora do setor	Redução de perdas na cadeia de valor	1. Controle de perdas, melhoria na cadeia de processamento e distribuição; 2. Redução de perdas na pós-colheita: armazenamento, processamento, consumo final

Fonte: Adaptado de (FAO, 2012, p.35)

No setor hídrico, as medidas orientadas à oferta são: redução da variabilidade hidrológica anual; aumento da capacidade de oferta subterrânea; controle de poluição; importação de água entre bacias e recirculação e reuso de água (FAO, 2012). Considerando os cenários de escassez no país, tem-se recorrido ao estudo de fontes alternativas para usos não potáveis. Araújo (2012) e Lucena (2018) defendem a adoção da tecnologia como uma questão prioritária em uma região que apresenta taxas

anuais de evaporação em média cinco vezes maiores que a de precipitação como o semiárido, levantando benefícios principalmente para o setor agrícola.

Uma pesquisa feita por Schaer-Barbosa (2014) identificou uma inclinação no público que envolvia produtores rurais e membros do poder público em aceitar o reúso com meio de mitigar os efeitos da seca no semiárido baiano. Eles avaliaram o reúso como uma prática que pode contribuir para melhorias ambientais, embora estivessem reticentes quanto aos riscos da prática. Segundo a Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, em seu Art. 8º, cabe ao comitês de bacia hidrográfica considerar na proposição de mecanismos de cobrança, a criação de incentivos para a prática de reúso, além da integração de tal prática nos [PRHs](#) associada a ações de saneamento ambiental e de uso e ocupação do solo (BRASIL, 2005).

No escopo das opções orientadas à demanda, o relatório da FAO (2012) traz a necessidade de garantir que o uso da água seja feito de modo otimizado servindo como benefício para um determinado fim. Logo, os usuários são incentivados a: reduzir as perdas e desperdício de água no processo e maximizar o valor (monetário ou não) obtido do volume remanescente no sistema; aumentar a relação – produção agrícola por quantidade de água utilizada (produtividade da água – kg/m<sup>3</sup>), isto é, produzir mais ou produzir elementos de maior valor agregado, reduzindo o volume de água para tal; e realocar água, isto significa, por exemplo, redirecionar água para plantações de maior valor em detrimento de outras (FAO, 2012).

Na maioria dos casos, a opção mais importante para gerenciar a demanda de água na agricultura é através do aumento da produtividade da água. De modo geral, em sistemas irrigados, isso é obtido por meio de medidas agronômicas que aumentem a parte da água que é utilizada para algum benefício: transpiração ou absorção das culturas e minimizam a parte não benéfica – vazamentos e evaporação. Para exemplificar, medidas com foco em controle da água e gestão da terra, proteção das plantas com uso prudente de químicos, incluindo uso de biotecnologia para: escolha do material genético, cruzamento de espécies, aumento da resistência a pragas/doenças e redução da susceptibilidade à seca, promovendo a rápida cobertura vegetal para diminuir a evaporação da água verde: parcela do ciclo da água que fica retida/disponível no solo (FAO, 2012).

Dentre as opções destacadas para lidar com a escassez de água fora do escopo de gestão dos recursos hídricos, o relatório orienta a redução das perdas na cadeia de valor como perdas durante colheita, armazenamento, processamento ou consumo final.

### **Eixo Ecosistêmico: Medidas de Incentivo a Preservação/Conservação**

No intuito de identificar possíveis alternativas funcionais com foco no eixo ecosistêmico, selecionou-se opções que estão no eixo de medidas de preservação e conservação que zelam pela infraestrutura verde, que no âmbito dos recursos hídricos usa sistemas naturais ou seminaturais, como

as Soluções Baseadas na Natureza, para oferecer benefícios que são equivalentes ou complementares à tradicional infraestrutura hídrica cinza (construída/física) (KOCANGUL et al., 2018) e os Pagamentos por Serviços ambientais, como incentivo econômico a adoção e manutenção das SBNs.

### Soluções Baseadas na Natureza - [SBNs](#)

Kocangul et al. (2018) e Sonneveld et al. (2018) dividem as SBNs em 2 grupos: aumento da disponibilidade e qualidade da água. As primeiras configuram-se como medidas de gestão sobre a precipitação, umidade, armazenamento, infiltração e transporte de água, que afetem o ciclo da água em termos de distribuição no espaço, tempo e quantidade disponível para as atividades humanas. Inclui-se aí: a proteção das zonas úmidas naturais, melhoria na umidade do solo e recarga mais eficiente das águas subterrâneas. Comparativamente, podem ser mais custo-efetivas do que as tradicionais infraestruturas cinzas (ex.: construção de novos reservatórios), que geram impactos negativos em diversos sistemas da bacia.

SBNs com foco na qualidade da água, contribuem para o acesso a água segura em comunidades rurais, com grande efeito sobre captura, retenção de poluentes e ciclagem de nutrientes através da melhoria dos serviços ecossistêmicos relativos ao solo (SONNEVELD et al., 2018). Nas circunstâncias atuais, a qual a infraestrutura cinza se encontra envelhecida ou opera de forma ineficiente no mundo, as SBNs surgem como soluções inovadoras que atuam simultaneamente na disponibilidade, qualidade e nos riscos hídricos.

As SBNs integram um pacote de soluções com objetivo de contribuir para a melhoria da qualidade e aumento da disponibilidade hídrica e simultaneamente preservando a integridade e o valor intrínseco dos ecossistemas. De acordo com Vörösmarty et al. (2010), tem ocorrido um crescimento na apreciação de investimento no capital natural e nos recursos fornecidos por ecossistemas intactos (ou pelo menos relativamente intactos). O **Quadro 3** apresenta 3 *cases* internacionais de sucesso ao adotar as SBNs.

**Quadro 3** - Cases internacionais de implementação das SBN's e seus resultados

Case	Problema	Estratégia	Resultado
New York - EUA	Qualidade da água exigindo expansão e adequação do sistema de abastecimento	Incentivo à adoção de boas práticas do uso do solo em propriedades rurais	US\$ 1 investido – US\$ 7 economia.
Medford - EUA	Poluição e aumento da temperatura da água por descargas de águas residuais	Incentivo econômico a 100 proprietários de terras para restauração da vegetação das margens dos rios	US\$ 1 investido – US\$ 4,5 economia
Portland, Maine - EUA	Conversão da floresta para usos diversos do solo diminuiu a capacidade de filtração natural da água	Aquisição de áreas e adoção de programas de incentivo a boas práticas de uso do solo.	Economia de US\$ 111 milhões em 20 anos para atingir níveis exigidos de qualidade com tratamento de água, representando 83% de economia

Fonte: Fonte (ATANAZIO et al., 2019, p.32)

As SBNs atuam como suporte para economia circular, contribuindo para o alcance dos [ODSs](#): uso sustentável dos ecossistemas terrestres, redução da pobreza e da fome, produção de água doce, manutenção de serviços sanitários e mitigação dos efeitos negativos das mudanças climáticas (SONNEVELD et al., 2018).

### **Pagamentos por Serviços Ambientais - [PSA](#)**

De acordo com Atanazio et al. (2019), a abordagem pressupõe uma visão complexa, multidimensional e interdisciplinar, que considera os rios e as áreas de mananciais como sistemas prestadores de serviços ecossistêmicos: *“contribuições que os ecossistemas fornecem ao bem-estar humano, resultado de processos e interações ecológicas e geofísicas, seja em ambientes naturais, seminaturais ou altamente modificados”* (HAINES-YOUNG & POTSCHIN, 2018).

Pagiola (2010) define o [PSA](#) como uma abordagem baseada no mercado para o financiamento da conservação, com base nos princípios de que aqueles que se beneficiam dos serviços ambientais (como usuários de água potável) devem pagar por eles, e que aqueles que contribuem para gerar esses serviços (como usuários da terra a montante) devem ser compensados por fornecê-los.

O autor ainda define os dois tipos principais de programas: aqueles financiados pelo governo (ou terceiros), estes geralmente cobrem grandes áreas, porém tendem a ser menos eficientes e aqueles financiados pelo próprio usuário (usuários à jusante pagam pelos serviços ambientais à usuários à montante), os mais eficientes. Pagiola (2010), ressalta que um exemplo de usuário pouco explorado a jusante e que pode ser um usuário-chave para financiar programas de PSA, é o turismo, através de um adicional sobre os serviços recreacionais locais, além desse podem ser explorados municípios, indústrias e o setor de geração de energia elétrica.

Essa abordagem montante-jusante no PSA, justifica-se principalmente no efeito cascata que pode ocorrer na bacia. Pittocl et al. (2015) observou em seu estudo que diferentes sub-bacias à montante podem se agravar conforme a água se move a jusante. Isso pode incluir múltiplos impactos adversos sendo agravados, mas também pode haver casos em que um afluente protegido ou bem gerenciado dilui a poluição presente em um rio mais significativamente perturbado no ponto de confluência.

O programa de PSA oferece as seguintes vantagens: i) geram uma nova fonte de financiamento para conservação; ii) se ampara na sustentabilidade econômica e ambiental, uma vez que depende do interesse de usuários e fornecedores do serviço; iii) são eficientes, por conservar serviços para quem os benefícios excedem o custo de fornecê-los (PAGIOLA, 2010).

No Brasil, um exemplo de programa com foco na melhoria das práticas agrícolas e conservação de água na unidade rural é o programa produtor de água da ANA, voltado à implementação de práticas conservacionistas na cadeia produtiva do agricultor, incentivando à adequação ambiental das

propriedades rurais e melhoria das condições hidrológicas da bacia, numa parceria entre instituições públicas e privadas e produtores rurais, envolvendo incentivo econômico através de PSA, no qual a gestão é baseada na valoração econômica dos serviços prestados pelo meio ambiente, conseqüentemente, na distribuição de incentivos financeiros aos responsáveis pela preservação ambiental. (ANA, 2019c).

Considerando a influência antrópica sobre o meio, diversos autores salientam as vantagens de aplicação de mecanismos econômicos de gestão ambiental visando orientar o mercado de modo que as diversas atividades econômicas sejam realizadas de forma sustentável (GJORUP et al., 2016). Peralta (2014) destaca que a sustentabilidade dos recursos naturais depende de uma série de ações que envolvam tais mecanismos, de forma que as pessoas sejam orientadas a tomar decisões e desenvolver estilos de vida sustentáveis. Pagiola (2010) ainda ressalta como os pagamentos por serviços hídricos (PSA com foco em recursos hídricos) servem como uma espécie de mecanismos de conservação da bacia, relacionando com os benefícios para biodiversidade local.

Desta forma, a restauração e conservação das áreas de florestas associada ao manejo conservacionista de solos passa a ser entendido como investimento em infraestrutura (natural) para segurança hídrica, até então pouco priorizado pelos investimento majoritariamente direcionados a infraestrutura cinza (ATANAZIO et al., 2019)

### **Eixo Resiliência: Redução de Vulnerabilidades**

Uma vez que a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos podem desempenhar um papel importante na resposta aos desafios relacionados aos eventos hidroclimáticos extremos, as estratégias de mitigação e adaptação devem levar em consideração uma variedade de medidas de infraestrutura e adaptação com base no ecossistema como meios eficazes para responder ao risco de desastres presente e futuro (RUANGPAN et al., 2020).

Kocangul et al (2018) ressalta o papel da infraestrutura verde na redução da vulnerabilidade a eventos extremos, desempenhando importante função relacionada à redução de riscos. A combinação de abordagens de infraestrutura verde e cinza pode levar à redução de custos e a uma redução geral dos riscos em relação a secas e inundações.

A GWP (2009), definiu algumas estratégias (**Quadro 4**) passíveis de serem utilizadas na minimização dos riscos associados com os desastres naturais hídricos e as alterações climáticas na bacia, em duas áreas principais: respostas que abordam questões estruturais, incluindo aquisição de dados, infraestrutura e operações e manutenção; e respostas institucionais, frequentemente chamadas de intervenções não-estruturais, que cobrem questões como políticas e preços, ou conhecimento e informações. Ambos os tipos de respostas são importantes e inter-relacionado. As intervenções estruturais, porque prestam serviços, tendem a ser visíveis, atraentes politicamente e de alto custo. As



intervenções não-estruturais, em geral, são de baixo custo, por vezes política ou socialmente controversas e muitas vezes menos tangível. Estas estão no centro da abordagem da Gestão Integrada de Recursos Hídricos - GIRH e permitem que os gestores contribuam significativamente para gerenciar os recursos de maneira equitativa e de forma sustentável (GWP, 2009).

**Quadro 4** - Estratégias de Conservação da Água com foco em mitigação de riscos associados a desastres naturais hídricos e alterações climáticas.

<b>Estratégias Estruturais Infraestrutura e Tecnologia</b>	<b>Estratégias Não-Estruturais Institucionais, Tecnologias e Sistemas de Gerenciamento</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas tradicionais de armazenamento de água;</li> <li>• Proteção contra Inundação;</li> <li>• Alocação de Água;</li> <li>• Sistemas de alerta precoce;</li> <li>• Sistemas de água integrados e segurança de abastecimento;</li> <li>• Reutilização e dessalinização da água.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gerenciamento de demanda;</li> <li>• Tecnologias eficientes;</li> <li>• Estabelecer uma cultura de conservação;</li> <li>• Gerenciar a escassez de água através da precificação;</li> <li>• Gerenciamento de inundações integrado;</li> <li>• Planejamento do uso da terra;</li> <li>• Educação e comunicação.</li> </ul>

Fonte: (GWP, 2009, p. 73).

### **Resumo de Ações para Garantia da Segurança Hídrica**

Levando em consideração o quadro resumo das ações estratégicas para garantia de segurança hídrica dispostas em De Melo (2016) e a revisão de ações promovida neste capítulo, o qual levantou ações de (RUANGPAN et al., 2020), (KOCANGUL et al, 2018; SONNEVELD et al, 2018), (FAO, 2012, p.35); (PAGIOLA, 2010); (GWP, 2009, p. 73), produziu-se o Quadro 5. Este quadro posteriormente servirá como base para definir as Ações Estratégicas Planejadas e Potenciais para a bacia de estudo:

Quadro 5 - Resumo das ações estratégicas para garantia da segurança hídrica

CATEGORIA	TIPOS		FOCO	AÇÕES/ATIVIDADE/PROGRAMA	
AÇÕES PREVENTIVAS E PERMANENTES	ORIENTADO À OFERTA	ESTRUTURAL	Redução da variabilidade hidrológica anual	Reservatórios de Usos Múltiplos e canais para armazenamento de água na superfície; Transposição de água entre bacias;	
			Aumento da capacidade de oferta subterrânea	Barragens subterrâneas; Recarga artificial de aquífero.	
			Aproveitamento de Fontes Alternativas/Reuso	Aproveitamento de águas pluviais e reservatórios temporários e/ou privados; Sistema de água de reuso (loop fechado); Utilização de água de drenagem na unidade rural; Reuso da água urbana na produção agrícola; Dessalinização;	
			NÃO-ESTRUTURAL	Conservação	Medidas de conservação em ambientes degradados nas bacias hidrográficas; Conservação florestal; Soluções Baseadas na Natureza – SBNs: Conservação de água na unidade rural (infiltração, e armazenamento de água no solo);
				Controle de Poluição	Soluções Baseadas na Natureza – SBNs: Práticas de gestão da terra para reduzir fontes difusas de nutrientes; Controle de poluição pontual (indústrias e cidades); Controle da poluição oriunda da agricultura;
				Produtividade da Água	Melhoria no gerenciamento hídrico, previsão de oferta de água e sistemas de alerta; Modernização de infraestrutura e gerenciamento, irrigação de precisão, irrigação de déficit, drenagem na irrigação; Melhoria das práticas agrícolas (gerenciamento da fertilidade, controle de pragas, material genético).
		Redução do Consumo			Racionalização do uso de acordo com os padrões eficientes; Uso de chuveiros e sanitários de menor consumo.
		ORIENTADO A DEMANDA	Realocação Hídrica	Sistema de alocação de água tradicional entre setores e restrição de demanda intrasetorial; Direcionamento de água para plantações de maior valor ou limitando evapotranspiração reduzindo as áreas irrigadas.	
				Redução de Perdas/Operacional	Melhoria da performance de componentes dos sistemas de água; Inspeção completa e auditoria; Reabilitação e manutenção de infraestruturas; Eficiência no uso da água em todos os setores; Monitoramento; Controle de vazamentos; Implantação de sistemas de irrigação pressurizados (gotejamento); Melhoria da programação dos esquemas de irrigação; Revestimento de canais.
			ESTRUTURAIIS		Proteção contra Desastres Naturais/Ambientais e Alterações Climáticas
	NÃO-ESTRUTURAIIS				Proteção contra Desastres Naturais/Ambientais e Alterações Climáticas
			Políticas/Instrumentos e Gerenciamento		Integração do ordenamento do território e da gestão dos recursos hídricos; Integração das políticas de recursos hídricos, saneamento, conservação e ordenamento do solo; Instrumentos econômicos de racionalização do consumo (cobrança pelo uso da água); Instrumentos econômicos de incentivo: Pagamento por Serviços Ambientais -PSA Categorização dos recursos naturais e estabelecimento de mecanismos econômicos diferenciados para valorar o recurso e gerar receita aos investimentos necessários; Planejamento abrangente para melhorar o processo de decisão
					Emergência
	INSTITUCIONAIS/GOVERNANÇA				
	AÇÕES DE CONTINGÊNCIA	ESTRUTURAIIS E NÃO-ESTRUTURAIIS		Emergência	Resposta à emergência; Estratégias de resposta a desastres naturais

Fonte: O autor (2020), adaptado de (DE MELO, 2016, p.82) incluindo contribuições de (RUANGPAN et al., 2020), (KOCANGUL et al., 2018; SONNEVELD et al., 2018); (FAO, 2012, p.35); (PAGIOLA, 2010); (GWP, 2009, p. 73)

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

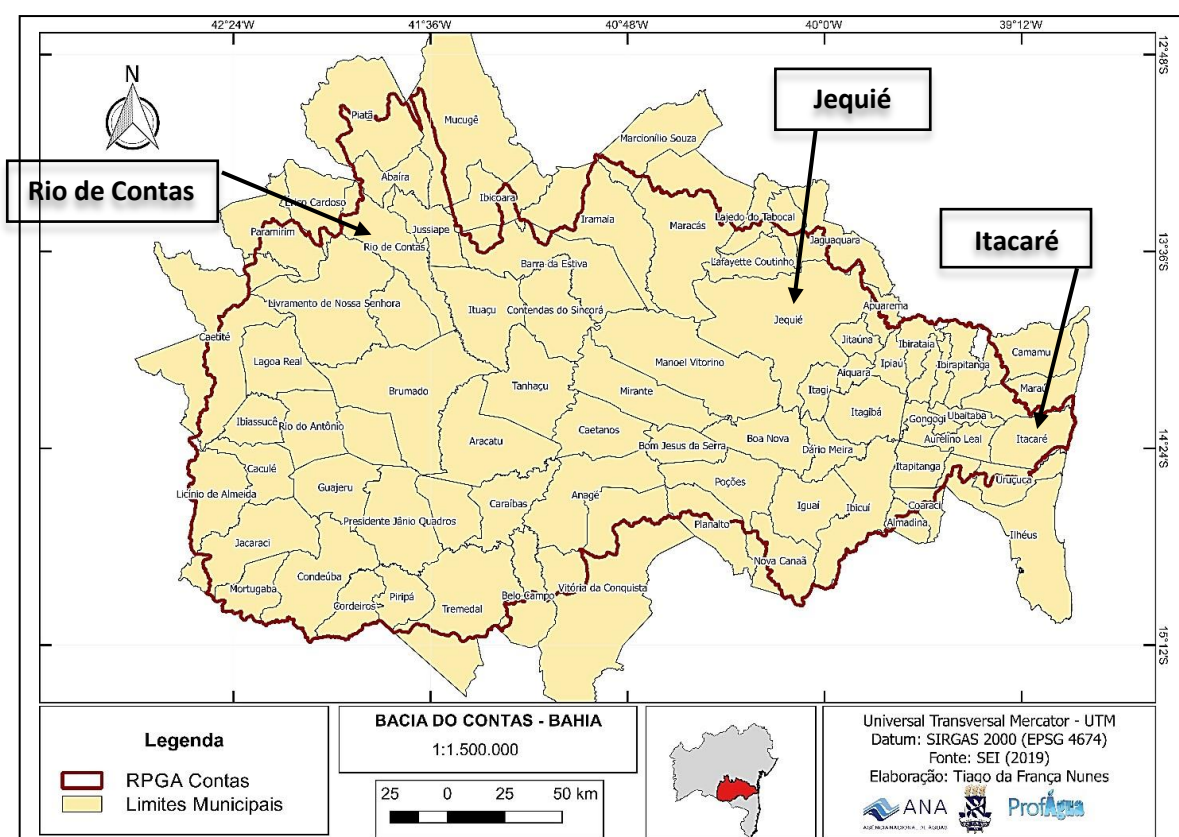
Para o desenvolvimento deste projeto foi imprescindível as contribuições do Comitê de Bacia do Contas, que deu suporte e apoio ao desenvolvimento, disponibilizando dados e informações necessárias à proposição de ações prioritárias e a elaboração dos produtos finais desta pesquisa. Posteriormente, tais produtos serão disponibilizados ao Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Contas e ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bahia, como contribuição para enfrentamento da crise hídrica em áreas críticas da bacia, podendo ser utilizado também como base para aplicação em outras áreas de baixo grau de segurança hídrica no Estado, inclusive para atualizações dos planos de bacia e estadual.

### 4.1 Área de Estudo: Bacia Hidrográfica do Rio das Contas – BHRC

De acordo com o INEMA (2019, no prelo), a BHRC é a maior bacia inteiramente contida no estado da Bahia. Esta abrange uma área total de 55.334 km<sup>2</sup>, correspondendo a aproximadamente 10,2% do território do estado. Dados demográficos do censo de 2010, estimou a população em torno de 1.274.327 habitantes distribuídos em 81 municípios.

No entanto, ao considerar apenas os municípios que possuem mais de 5% de área dentro da bacia, o plano de bacia contabiliza os 76 municípios observados na **Figura 5**. Observa-se no mapa, três municípios importantes do ponto de vista histórico e econômico para bacia: Rio de Contas, no trecho alto; Jequié no trecho médio e Itacaré localizada na foz do rio das Contas.

**Figura 5** - Limites da RPGA do Contas e os 76 Municípios da Divisão Político-Administrativa com mais de 5% de Área Contida na Bacia



Fonte: O autor (2020)

Do ponto de vista hidroclimático, a bacia apresenta alta variabilidade hidrológica e déficits hídricos devido a um conjunto de fatores: hidrogeologia, clima semiárido predominante, altas temperaturas (com médias mínimas acima de 25 °C) e baixas precipitações (BAHIA, 2005). O solo da região em geral, apresentam alto potencial agrícola e são predominantemente latossolos e argissolos. Os domínios hidrogeológicos mais característicos da região são os metassedimentos e embasamento cristalino (INEMA, 2019, no prelo).

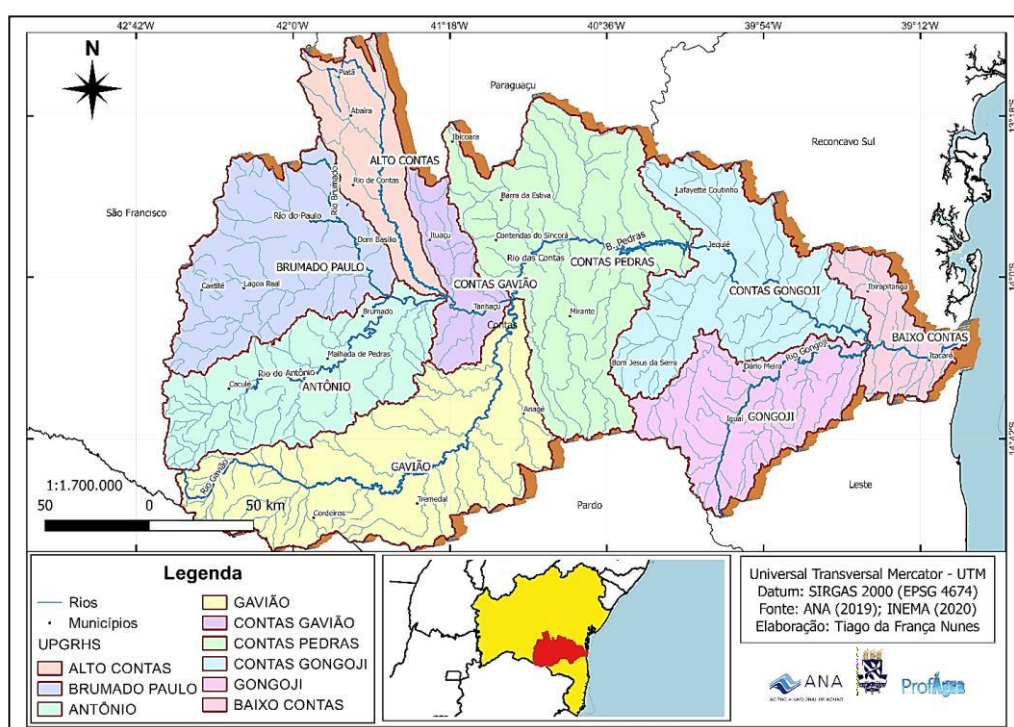
Conforme a Lei Estadual nº 11.612, de 8 de outubro de 2009, que dispõe sobre a política de recursos hídricos do estado da Bahia, a implementação de seus instrumentos de gestão e a atuação do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos - [SEGREH](#), orientar-se-á pela Divisão Hidrográfica Estadual. Tal divisão estabeleceu as Regiões de Planejamento e Gestão das Águas – [RPGAs](#) como referência, dividindo o estado em 25 RPGAs e, com base nesta divisão hidrológica, a Bacia do Contas está inserida na RPGA VIII (BAHIA, 2009).

### Unidades de Planejamento e Gestão e os Principais Afluentes

O Rio das Contas nasce entre os municípios de Piatã e Abaíra, na UPGRH Alto Contas, têm seu sentido de fluxo na direção Oeste-Leste, desaguando no Oceano Atlântico no município de Itacaré. Seus principais afluentes são os rios: Brumado, do Paulo, do Antônio, Gavião e Gongoji.

Através do processo de regionalização territorial o plano de bacia dividiu a RPGA do Contas em bacias menores denominadas Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos – **UPGRHs** (**Figura 6**), conforme o plano estadual de recursos hídricos em vigência (INEMA, 2019, no prelo). Estas UPGRHs foram utilizadas como referência territoriais para a aplicação do procedimento metodológico e estão destacadas no mapa abaixo:

**Figura 6 - Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos**



Fonte: O autor (2020).

Conforme **Figura 6**, as 9 UPGRHs são: Alto Contas; Rios Brumado e Rio do Paulo; Rio do Antônio; Rio Gavião; Incremental do Rio das Contas - Rio Gavião; Incremental do Rio das Contas-Barragem de Pedras; Incremental do Rio das Contas-Rio Gongoji; Rio Gongoji; Baixo Contas.

### Governança Hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio das Contas

O comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Contas, integrante do **SEGREH** e vinculado ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos – **CONERH**, foi instituído pelo Decreto Estadual nº 11.245 de 17 de outubro de 2008 (BRASIL, 2008).

Juntamente com o órgão gestor (**INEMA**) e os outros integrantes do **SEGREH**, desempenham um papel importante na aplicação dos instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos constantes na política estadual e federal das águas. No **Quadro 6** é possível verificar o status de implementação de quatro deles na BHRC.

**Quadro 6** – Status de implementação dos instrumentos da PNRH na Bacia Hidrográfica do Rio das Contas em março de 2020.

INSTRUMENTO	STATUS DE IMPLEMENTAÇÃO
OUTORGA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação do Instrumento não é uniforme na bacia.</li> <li>• Cadastro de Usuários desatualizado.</li> </ul>
PLANO DE BACIA	Aprovado pelo comitê através da <b>Deliberação N° 65/2019</b> , em 12 de novembro de 2019 (CBHRC, 2019b).
ENQUADRAMENTO	Aprovado cenário prospectivo pelo comitê através da <b>Deliberação N° 64/2019</b> , em 12 de novembro de 2019 e segue para apreciação e aprovação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CBHRC, 2019a).
COBRANÇA	Não há cobrança instituída pelo usos dos recursos hídricos.

Fonte: O autor (2020)

### Vegetação e Unidades de Conservação

A [BHRC](#) se estende por 400km de Leste a Oeste conectando dois biomas Mata Atlântica (15%) e Caatinga (85% da RPGA), com ecótonos que formam ecossistemas raros e de grande importância para conservação da biodiversidade. De modo geral, sua cobertura vegetal é formada por vegetação tipo:

- Cerrado em áreas de altitudes superiores a 1.000 m no alto dos maiores picos da Chapada Diamantina, de solos mais arenosos e campos rupestres;
- Caatinga, em áreas abaixo dos 1.000 m, que corresponde a parte do sertão baiano e área majoritária da bacia;
- Mata Atlântica em sua porção leste, com remanescentes formações pioneiras de floresta ombrófila densa (INEMA, 2019, no prelo).

O [PBH](#) localizou 11 Unidades de Conservação estaduais e federais (proteção integral ou uso sustentável) correspondendo a 4% de área protegida na bacia.

### Clima

As estatísticas sugerem um padrão climático de período seco (maio a outubro) e chuvoso (novembro a abril). O clima predominantemente semiárido abrange a maior parte da porção central da bacia e apresenta um regime pluviométrico anual com período de estiagem bem marcante, que varia de 5 a 9 meses por ano, quando as chuvas se reduzem a 500 mm - 600 mm nos anos normais e a 300 mm - 400 mm nos anos secos.

O clima se torna mais úmido a medida que se aproxima do litoral (1700 - 1800 mm anuais), embora duas estações pluviométricas a montante, localizadas nas [UPGRHs](#) Rio Brumado e do Paulo e Alto Contas, apresentem valores distintos e mais elevados: estação Caetitê (900mm) e estação de Piatã na região da nascente (1255mm) respectivamente (INEMA, 2019, no prelo).

### Precipitação e Disponibilidade Hídrica

Na **Tabela 1**, apresentam-se os dados sobre precipitação, disponibilidade hídrica superficial e subterrânea por UPGRH.

**Tabela 1** - Precipitação média anual (1980-2013), disponibilidade hídrica superficial e subterrânea por UPGRHs da Bacia do Contas.

UPGRH	PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL (MM)	DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL (hmt/ano)	DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUBTERRÂNEA (hmt/ano)
Alto Contas	804	20,1	117,3
Rio Brumado E Rio Do Paulo	685	75,3	30,1
Rio Do Antônio	659	92	27,7
Rio Gavião	704	69,4	136,2
Incremental Contas-Gavião	595	112,4	15,8
Incremental Contas-Pedras	618	662,3	209,6
Incremental Contas-Gongoji	859	746	189,1
Rio Gongoji	1.012	212,6	689,7
Baixo Contas	1.265	1.031	57,6

Fonte: (INEMA, 2019, no prelo).

Os trechos mais áridos: [UPGRHs](#) dos Rios Brumado e do Paulo, Rio do Gavião, Incremental Contas - Gavião, Incremental Contas-Pedras, apresentam precipitação pluviométrica inferior a 800mm na média anual e déficits agrícolas em todas as estações do ano (INEMA, 2019, no prelo).

Apesar das potencialidades favoráveis no exutório da bacia, a maior parte de seus territórios se encontram na zona semiárida e apresenta baixas disponibilidades e, portanto, demandam elevados investimentos em aproveitamento hídrico (BAHIA, 2005).

### Resiliência Artificial

O **Quadro 7** mostra um resumo dos principais reservatórios da bacia do Contas, que regularizam em média uma vazão de 27,5m<sup>3</sup>/s, dos quais 21 m<sup>3</sup>/s é proveniente da barragem de Pedras (usos múltiplos), localizada no município de Jequié, atendendo ao setor elétrico, abastecimento humano, controle de cheias e irrigação (INEMA, 2019, no prelo).

**Quadro 7** – Principais barragens da Bacia do Contas

Barragem/Açude	Utilidade	Volume	UPGRH
Anagé	Usos Múltiplos	255,6 hm <sup>3</sup>	Gavião
Catiboaba	Abastecimento Industrial	28,6 hm <sup>3</sup>	Rio do Antônio
Champrão	Usos Múltiplos	6,0 hm <sup>3</sup>	Gavião
Cristalândia	Abastecimento humano	16,7 hm <sup>3</sup>	Alto Contas
Funil (UHE)	Geração de Energia/regularização de vazão	46,4 hm <sup>3</sup>	Rio das Contas
Luíz Vieira (Brumado)	Usos Múltiplos	105 hm <sup>3</sup>	Rio Brumado e Rio do Paulo
Morrinhos (P)	Abastecimento humano, irrigação	4,5 hm <sup>3</sup>	Rio Gavião
Pedra (UHE)	Usos Múltiplos	1640,0 hm <sup>3</sup>	Rio das Contas
Riacho do Paulo	Usos Múltiplos	53,8 hm <sup>3</sup>	Rio Brumado e Rio do Paulo
Tremendal	Abastecimento humano, irrigação, piscicultura	23,7 hm <sup>3</sup>	Rio Gavião
Truvisco	Usos Múltiplos	39,0 hm <sup>3</sup>	Rio do Antônio

Fonte: Adaptado de INEMA (2019, no prelo)



## **Demanda Hídrica**

De acordo com o INEMA (2019, no prelo), a irrigação figura como o principal usuário de águas superficiais da bacia, seguido do abastecimento urbano e indústrias. Quando avaliado a proporção da demanda hídrica de forma comparativa entre as UPGRHS da bacia, nota-se que as porcentagens mais expressivas de uso para irrigação ocorrem na UPGRH Rio Brumado e do Paulo, seguido das UPGRHS Rio Gavião e Alto Contas INEMA (2019, no prelo).

Referente a demanda hídrica subterrânea, os maiores usuários são os setores econômicos: industrial e irrigação. A proporção entre UPGRHs revela que a UPGRH Rio Brumado e do Paulo concentra o maior consumo industrial, seguido da UPGRH Rio do Antônio e quanto a irrigação, a UPGRH Rio Brumado e Rio do Paulo, Rio do Antônio e Alto Contas são as unidades de maior uso.

## **Pressões Ambientais na BHRC**

Conforme o diagnóstico do INEMA (2019, no prelo), na região semiárida, a vegetação nativa tem sido substituída, principalmente pela pecuária, de bovinos e caprinos, e pela agricultura tanto de sequeiro como a irrigada, ocorrendo também a contaminação dos recursos hídricos pelo uso indiscriminado de defensivos agrícolas e fertilizantes.

Algumas das pressões da BHRC já haviam sido levantadas em deliberação do comitê (CBHRC N°07/2013 de 22 de março de 2013), principalmente no trecho alto, no qual foi solicitado ao órgão gestor: fiscalização nas nascentes dos Rios Brumado, Paramirim, Quati e Taquari; restrição à implantação de um projeto intitulado “Projeto dos Franceses” de plantação de oliveiras e o fim do perímetro irrigado do Brumado, constituído pelo DNOCS, funcionando há mais de 20 anos e irrigando cerca de 5000 hectares de terra.

O comitê, na ocasião, ressaltava que o empreendimento constituía grave risco ao agravar o quadro de insegurança hídrica da região, representando uma ameaça ao meio ambiente e à economia regional, pois naquelas circunstâncias, já havia um comprometimento hídrico de vários municípios, incluindo Rio de Contas, Livramento de Nossa Senhora, Dom Basílio e Paramirim. O cenário se tornava ainda mais crítico devido à estiagem prolongada na região e ao uso de agroquímicos nas lavouras, resultando na poluição das águas das barragens (CBHRC, 2013).

O **Quadro 8** apresenta o resumo das principais pressões ambientais identificadas no trecho alto do Rio das Contas (UPGRH Alto Contas e UPGRH Rio Brumado e Rio do Paulo) e cruzadas com as seguintes pressões ambientais: modificação da paisagem, demanda hídrica, poluição, eventos extremos, conforme De Melo (2016).



**Quadro 8** – Principais Pressões sobre a segurança Hídrica do trecho alto da Bacia do Contas.

<b>Pressão Ambiental</b>	<b>UPGRHs</b>	<b>Pressão/Estressor</b>
<b>Modificação da Paisagem (Desmatamento, uso do solo)</b>	<b>Rio Brumado e Rio do Paulo</b>	“retirada da mata ciliar para fins agrícolas” “Degradação do meio ambiente e das nascentes”
<b>Demanda Hídrica</b>	<b>Alto Contas</b>	“Comprometimento hídrico devido a irrigação e conflito intermunicipal pelo uso da água”
	<b>Rio Brumado e Rio do Paulo</b>	“Conflitos entre os usos de irrigação e abastecimento humano, devido às altas demandas e a baixa disponibilidade” “Sistemas de reservatórios colapsados apresentando uma concentração de vários pontos de captação de irrigação”
<b>Poluição</b>	<b>Alto Contas</b>	“Carga oriunda de drenagem de áreas agrícolas tem afetado a qualidade dos recursos hídricos locais”
	<b>Rio Brumado e Rio do Paulo</b>	“Poluição dos recursos hídricos”
<b>Eventos Extremos</b>	<b>UPGRHS Trecho Alto e Médio</b>	“O clima da bacia é predominantemente semiárido e há histórico de estiagens severas principalmente no seu trecho médio na Incremental Contas-Gavião”

Fonte: Adaptado de (INEMA, 2019, no prelo)

Sobre os eventos hidrológicos extremos, apesar da predominância do semiárido e dos eventos cíclicos de seca, há relatos também de cidades afetadas pelas inundações localizadas no trecho inferior, destacando-se as cidades de Jequié, Ipiaú, Ubatã e Ubaitaba. No entanto, a construção das barragens de Pedras e Funil permitiu o amortecimento das cheias nestes locais. Conforme o PERH (2005), outras cidades susceptíveis a enchentes na bacia são: Jussiape, Brumado, Maetinga e Ibiassucê.

No tocante a carga de poluição de esgotos domésticos urbanos, na **Tabela 2** pode-se observar a carga remanescente de DBO<sub>5,20</sub> por UPGRH.

**Tabela 2** – Carga Remanescente Urbana de DBO 5,20 por UPGRH

<b>UPGRH</b>	<b>DBO (Kg/dia)</b>
<b>ALTO CONTAS</b>	183,8
<b>RIO BRUMADO E RIO DO PAULO</b>	950,6
<b>RIO DO ANTÔNIO</b>	604,6
<b>RIO GAVIÃO</b>	701,3
<b>INCREMENTAL CONTAS-GAVIÃO</b>	602,1
<b>INCREMENTAL CONTAS-PEDRAS</b>	342,2
<b>INCREMENTAL CONTAS-GONGOJI</b>	5.296,3
<b>RIO GONGOJI</b>	2.531,3
<b>BAIXO CONTAS</b>	1.030,7

Fonte: INEMA (2019, no prelo)

A UPGRH Incremental Contas-Gongoji, no trecho médio, onde está localizada a cidade de Jequié, apresenta a maior contribuição, seguida da UPGRH Rio Gongoji. Estas UPGRHs apresentem os índices mais elevados de população atendida com serviços de esgotamento sanitário e são as mais

populosas da bacia, fatores que contribuem diretamente para estes resultados (INEMA, 2019, no prelo).

Outra pressão importante mapeada na bacia, é a presença das barragens de rejeito de mineração, exibidas no **Quadro 9**, evidenciando o risco estrutural e o dano potencial para a população e ecossistemas de jusante.

**Quadro 9 - Barragens de Rejeito de Minério na BHRC**

Nome	Município	Risco Estrutural	Dano Potencial
Barragem Santa Rita	ITAGIBÁ	Baixo	Alto
Barragem de Rejeito Não Magnético 04	MARACÁS	Baixo	Alto
Barragem de rejeito não magnético 01	MARACÁS	Baixo	Alto
Barragem de rejeito não magnético 02	MARACÁS	Baixo	Alto
Barragem Santa Helena	ANAGÉ	Não se aplica	Baixo
Barragem de rejeito não magnético 03	MARACÁS	Baixo	Alto
Bacia de sedimento da usina de tratamento	BRUMADO	Não se aplica	Baixo
Barragem de deposição de lama	BRUMADO	Não se aplica	Baixo
Dique Santa Rita	ITAGIBÁ	Não se aplica	Baixo

Fonte: ANA (2018)

### Cenário Prospectivo - Tendencial (2030)

Com base no balanço hídrico, que avaliou os impactos das demandas sobre as disponibilidades referente ao ano de 2017, o plano utilizou o índice de comprometimento hídrico (**Quadro 10**), definido como a razão entre a soma das demandas consuntivas (consumo) de montante até determinado trecho de rio e a disponibilidade hídrica com 90% de garantia (Q90) neste trecho, com o objetivo de traçar um cenário tendencial para o ano de 2030 (INEMA, 2019, no prelo).

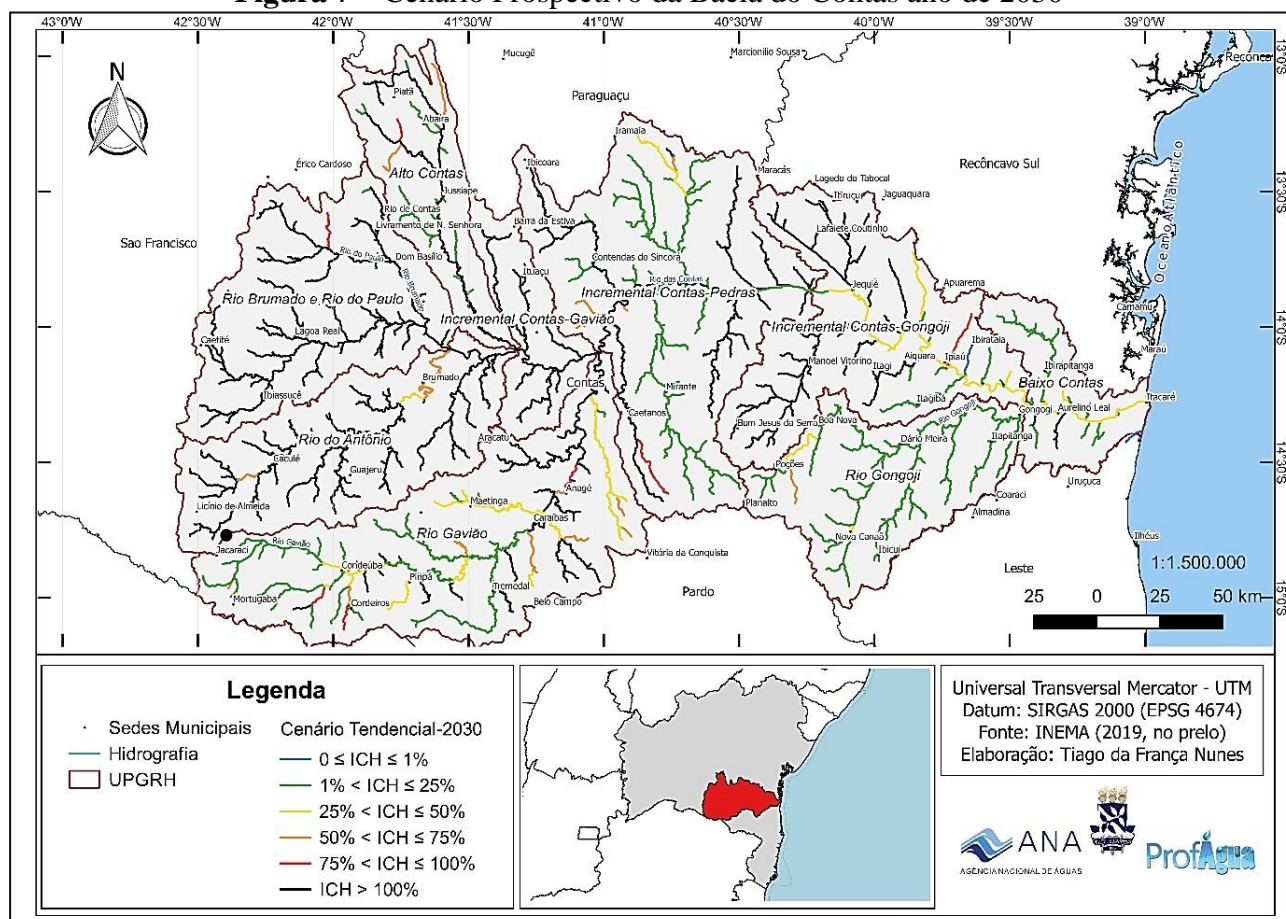
**Quadro 10 - Índice de Comprometimento Hídrico- ICH**

Classificação	Faixa
Comprometimento muito baixo $0 < ICH \leq 1\%$	$0 < ICH \leq 1\%$
Comprometimento baixo $1\% < ICH \leq 25\%$	$1\% < ICH \leq 25\%$
Comprometimento médio $25\% < ICH \leq 50\%$	$25\% < ICH \leq 50\%$
Comprometimento de alerta $50\% < ICH \leq 75\%$	$50\% < ICH \leq 75\%$
Comprometimento crítico $75\% < ICH \leq 100\%$	$75\% < ICH \leq 100\%$
Colapso	$ICH \leq 100\%$

Fonte: INEMA (2019, no prelo)

De acordo com o INEMA (2019, no prelo) este cenário acompanha o crescimento demográfico da série histórica, os efeitos das restrições de vazão dos reservatórios e das alterações climáticas sobre os recursos hídricos no curto prazo. Na **Figura 7** pode-se observar o resultado apresentado no plano de bacia.

**Figura 7 – Cenário Prospectivo da Bacia do Contas ano de 2030**



Fonte: O Autor (2020)

Neste cenário, as UPGRHs mais impactadas serão: Alto Contas, Rio Brumado e Rio do Paulo, Rio do Antônio, Incremental Contas-Gavião e Incremental Contas-Gongoji, as quais apresentam maior porcentagem de trechos colapsados, isto é, trechos em que a demanda supera a oferta hídrica superficial (INEMA, 2019, no prelo).

#### 4.2 Base de dados e Informações.

Para as análises e levantamentos, foram utilizados informações e base de dados dos principais instrumentos de planejamento do Sistema de Gestão de Recursos Hídricos existentes sobre segurança hídrica e sobre a bacia, com destaque para o **Plano Nacional de Segurança Hídrica** (INEMA, 2019a), **Manual Metodológico: Índice de Segurança Hídrica - ISH** (ANA, 2019d), **Plano Estadual de Recursos Hídricos da Bahia** (INEMA, 2005) e o **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Contas** (INEAM, 2019, no prelo).

Os documentos e dados relacionados ao funcionamento do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Contas foram disponibilizados pelo INEMA em seu portal e pelo próprio comitê de bacia, com destaque para **Deliberação CBHRC N°07/2013, de 22 de março de 2013**.

Os dados necessários ao desenvolvimento dos mapas deste projeto de pesquisa, que tratam das condições e características da bacia são de origem secundária. Todos os dados foram tratados no software livre de geoprocessamento QGIS (2016), versão 2.18.7, sistema de referência SIRGAS 2000 - EPSG: 4674. Os dados sobre o ISH (Projeção 2035), massas d'água, limites municipais e da bacia de estudo são provenientes de órgãos ambientais federais ou estaduais como ANA (2019e); IBGE (WEBER, 2004); INEMA (2019a); SEI (2019). Para delimitação das Unidades de Gestão e Planejamento Hídrico – UPGRHs consoantes a descrição no plano de bacia, foram utilizados modelos digitais de elevação SRTM no formato (.*geotiff*).

### 4.3 Metodologia de Desenvolvimento do Projeto

O resumo das etapas que compõem o desenvolvimento do procedimento metodológico e os respectivos produtos esperados estão dispostos no **Quadro 11**:

**Quadro 11** – Etapas gerais, métodos principais e produtos esperados para se atingir o objetivo geral

ETAPAS	MÉTODOS UTILIZADOS	PRODUTOS ESPERADOS
Caracterização Da Área De Estudo	<b>Pesquisa Bibliográfica e Documental</b>	Material descritivo de suporte ao estudo de caso.
Construção do Atlas da Segurança Hídrica da bacia	<b>Geoprocessamento</b>	Mapas: ISH geral, ISH por eixo conceitual da segurança hídrica; Dados de segurança hídrica
Mapeamento das Áreas Críticas de Interesse Especial – AIEs	<b>Geoprocessamento</b>	Mapa das AIEs da bacia de estudo.
Identificação das Ações Estratégicas Planejadas e Potenciais – AEPPs	<b>Pesquisa Bibliográfica</b>	Quadro Resumo com estratégias planejadas e potenciais classificadas por tipo/orientação para a bacia de estudo
Diagnóstico e Proposição Das Ações Estratégicas Prioritárias por AIE	<b>(Análise de Indicadores+Modelagem Conceitual FPEIR+Estudo Exploratório -Investigação de Campo)</b>	Mapas conceituais evidenciando as relações de causa-efeito; Diagnóstico de segurança hídrica; Proposição de ações prioritárias.

Fonte: O autor (2020).

Para alcançar os objetivos foram utilizadas técnicas exploratórias e descritivas. As técnicas exploratórias deram base para o desenvolvimento de um procedimento metodológico de definição de ações prioritárias para segurança hídrica. Já as técnicas descritivas foram utilizadas de modo a delimitar de forma objetiva a situação da segurança hídrica na bacia e, a partir disso, definir as ações necessárias para o enfrentamento de situações de escassez, buscando assim garantir água em quantidade e qualidade para o desenvolvimento econômico, social e ambiental na Bacia do Contas.

Dentre as fontes de pesquisa utilizadas, estão as de conhecimentos primário, através do acompanhamento das atividades do comitê, das discussões ocorridas na fase de desenvolvimento do plano de bacia, na discussão promovida sobre problemas de segurança hídrica no Alto Contas, e fontes secundárias, buscando desde autores que definem e conceituam a questão da segurança hídrica

(estudos de caso, artigos, entre outros) e o levantamento de ações estratégicas na literatura e em instrumentos de planejamento vigentes, sob duas perspectivas: ações potenciais e ações planejadas.

Para a elaboração da revisão bibliográfica relativa aos temas segurança hídrica, gestão dos recursos hídricos, bem como a descrição e situação da bacia, foram utilizadas como fontes de pesquisa documentos, livros, periódicos, artigos científicos, mapas, estudos e relatórios, principalmente por meio da internet.

Além da análise do material supramencionado, foi consultado e utilizado o arcabouço legal Nacional e Estadual relativo ao tema, outras leis e decretos com impacto na disponibilidade hídrica, correlacionados ou regulamentadores, além de pesquisa documental, como portarias, instruções normativas, notas técnicas e/ou relatórios emitidos pelo órgão gestor de recursos hídricos, sob domínio do Estado da Bahia. O somatório destes documentos representa o arcabouço técnico e legal que delimita e gera base para a realização desta pesquisa e para definição das ações prioritárias.

Ademais, para etapa final de definição de ações prioritárias foi necessário a realização de dois diagnósticos por meio da modelagem conceitual FPEIR. O primeiro diagnóstico foi feito por meio dos indicadores de segurança hídrica e o segundo com base nas informações coletadas em campo, junto ao comitê de bacia do contas. Os mapas conceituais, resultado da etapa diagnóstico, foram modelados no programa CmapTools, software resultado de uma pesquisa realizada no Instituto da Flórida para Cognição Humana e de Máquinas (IHMC) (NOVAK E CAÑAS, 2008).

### **Diagnóstico de Segurança Hídrica – Análise de Indicadores**

Para o desenvolvimento da pesquisa foi preciso entender e descrever o contexto em que a área de estudo está inserida, sob a ótica complexa da segurança hídrica, observando as áreas mais críticas e as principais pressões que exercem influência sobre a segurança hídrica local.

O primeiro diagnóstico integra: i) o mapa da área crítica selecionada; ii) informações sobre tais áreas provenientes da caracterização da área de estudo; iii) quadro de ações planejadas e potenciais; iv) recorte dos indicadores de segurança hídrica para avaliação mais criteriosa.

Com base nas relações de causa-efeito da área crítica selecionada, criou-se o mapa conceitual Força Motriz→Pressão/Atividade→Estado→Impacto→Resposta (Adaptado de EPA, 2015). Para tal, associou-se os indicadores de segurança hídrica do [PNSH](#), as principais pressões ambientais (Modificadores de Paisagem; Demanda; Poluição; Eventos Extremos) observadas na caracterização da área. Isto gerou conteúdo para análise e proposição de ações direcionadas a cada eixo conceitual da segurança hídrica.

Para a avaliação dos dados nos eixos humano e econômico, utilizou-se a divisão político-administrativa municipal, uma vez que os dados secundários da ANA, foram apresentados nesse formato. Desse modo, convencionou-se usar o critério de maior área ou os municípios de maior

representatividade, para delimitação da área crítica mapeada. As ações elencadas na etapa final serão direcionadas para os municípios mais críticos identificados na etapa diagnóstico (**Quadro 12**).

Diferentemente, os resultados nos eixos ecossistêmico e resiliência terão as ações prioritárias direcionadas para as Ottobacias da AIE 1 consideradas de baixo grau de segurança hídrica, isto é, de ISH mínimo, baixo ou médio.

**Quadro 12 – Características da etapa diagnóstico e a relação de municípios analisados**

<b>Eixos</b>	<b>AIE 1</b>	<b>Indicadores/Parâmetros</b>	<b>Método Diagnóstico</b>
<b>Humano</b>	Piatã/Brumado/Abaira/Jussiape/Dom Basílio/Rio de Contas/Mucugê/Caetitê/Livramento de Nossa Senhora/Lagoa Real/Ibiassucê/Érico Cardoso/Paramirim	População em Risco Total	Soma das populações em risco total dos municípios analisados
		Cobertura de rede	Média da porcentagem da cobertura de rede dos municípios analisados
		ISH Humano do município	Média do ISH dos municípios analisados
		Número de Ottobacias críticas (médio, baixo e mínimo)	Cálculo da frequência relativa
		Número de Ottobacias não contabilizadas (em branco)	Cálculo da frequência relativa
<b>Econômico</b>	Piatã/Brumado/Abaira/Jussiape/Dom Basílio/Rio de Contas/Mucugê/Caetitê/Livramento de Nossa Senhora/Lagoa Real/Ibiassucê/Érico Cardoso/Paramirim	Dano total ao setor irrigado/pecuário/industrial	Calculado por meio da soma do dano potencial para os municípios, discriminado por setor
		ISH Econômico irrigado/pecuário/industrial	Calculado por meio da média obtida para os município analisados, discriminado por setor
		Número de Ottobacias críticas (médio, baixo e mínimo)	Cálculo da frequência relativa
		Número de Ottobacias não contabilizadas (em branco)	Cálculo da frequência relativa
<b>Ecossistêmico</b>	Ottobacias críticas (ISH Mínimo/Baixo/Médio) identificadas nas Áreas de Interesse Especial	Quantidade e qualidade de água para usos naturais	Média dos indicadores normalizados
		Barragem de Rejeito de Mineração	Análise qualitativa
		Número de Ottobacias críticas (médio, baixo e mínimo)	Cálculo da frequência relativa
		Número de Ottobacias não contabilizadas (em branco)	Cálculo da frequência relativa
<b>Resiliência</b>	Ottobacias críticas (ISH Mínimo/Baixo/Médio) identificadas nas Áreas de Interesse Especial	Potencial de Armazenamento/Variabilidade pluviométrica/reservação natural e reservação artificial	Média dos indicadores normalizados
		Número de Ottobacias críticas (médio, baixo e mínimo)	Cálculo da frequência relativa
		Número de Ottobacias não contabilizadas (em branco)	Cálculo da frequência relativa

Fonte: O autor (2020)

### **Diagnóstico de Segurança Hídrica – Análise Participativa**

O segundo diagnóstico, este classificado como participativo, foi realizado por meio da aquisição de dados primários junto ao comitê de bacia e posterior modelagem dos dados no CMAP tools. O



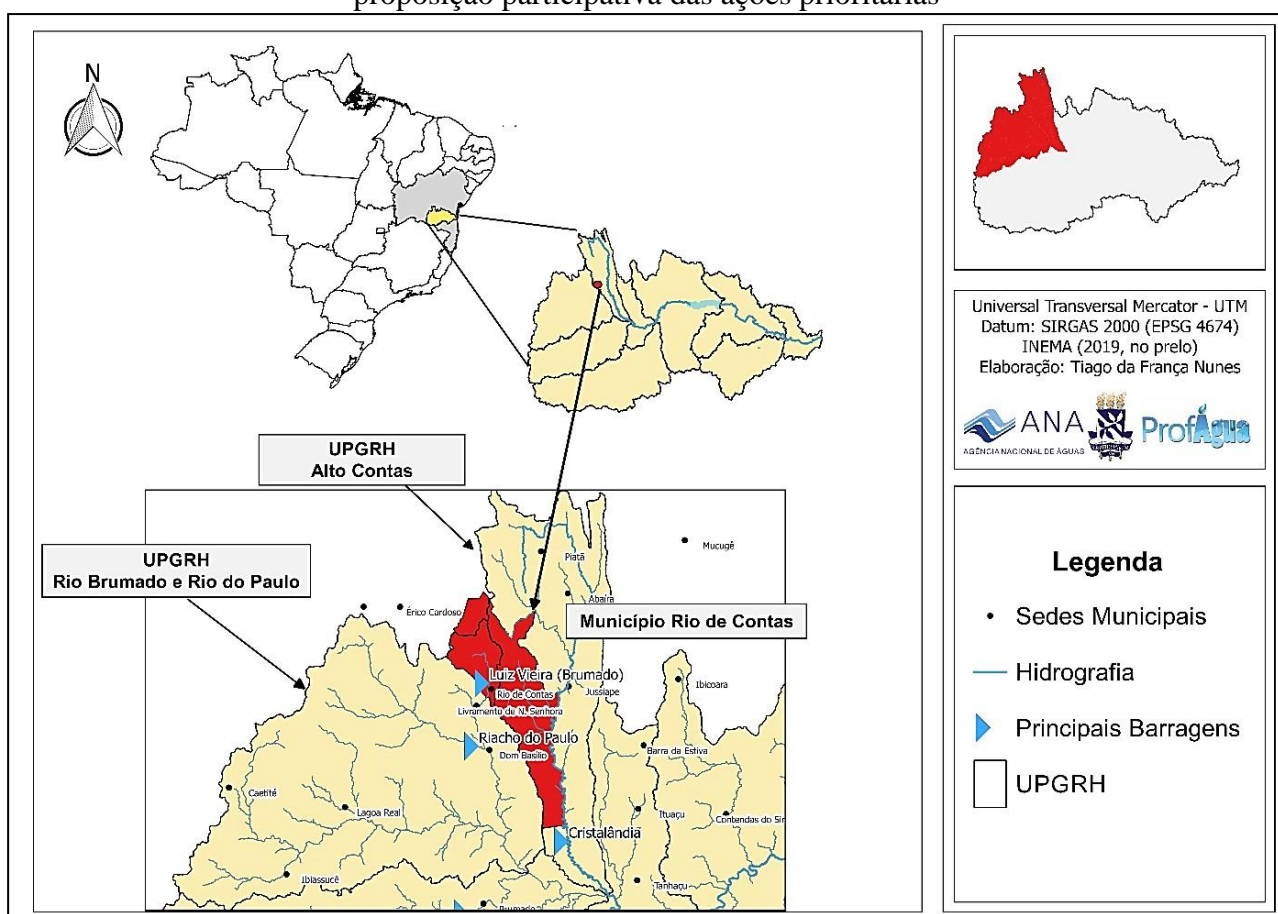
mapa conceitual resultante exprime a visão orgânica dos usuários e membros do comitê sobre as relações de causa e efeito que ocorrem na bacia. Do mesmo modo, direcionam estes a sugerir ações/respostas que tenham o poder de reduzir as pressões, melhorar o estado ou mitigar os impactos identificados.

Para levantar as ações prioritárias através do modo participativo, o autor presenciou uma reunião do comitê da BHRC, realizada no dia 17 de julho de 2019, no município de Rio de Contas – Bahia, onde foi aplicado o método Foça Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta.

A proposição participativa tem como objetivo principal o engajamento das partes interessadas no fluxo de tomada de decisão, requerendo, portanto, uma mediação entre a pessoa que aplica a ferramenta de mapas conceituais e os presentes na reunião, para geração das ações direcionadas aos 4 eixos da segurança hídrica.

Na **Figura 8** pode-se observar a área de segurança hídrica crítica (UPGRHs Alto Contas e Rio Brumado-Rio do Paulo) conforme mapeamento do procedimento metodológico e deliberação do comitê - CBHRC N°07/2013, de 22 de março de 2013, que clamava do órgão gestor, uma resolução para os problemas de recursos hídricos ali enfrentados.

**Figura 8** – Detalhe para município de Rio de Contas no trecho Alto do Contas, onde foi realizado a proposição participativa das ações prioritárias



Fonte: O autor (2020)

Os resultados e perspectivas são abordados e apresentados principalmente de forma qualitativa, buscando demonstrar os conceitos que orientaram a pesquisa. Os eixos norteadores e as ações prioritárias foram construídos tendo como referência a revisão bibliográfica, as necessidades e problemas identificados na bacia e o diagnóstico realizado.

## 5 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO PROPOSTO

Este produto apresenta o procedimento metodológico para definição de ações prioritárias para segurança hídrica de áreas críticas em bacias hidrográficas. O procedimento é direcionado ao processo de tomada de decisão dos gestores hídricos do comitê de bacia durante a plenária ou reuniões das câmaras/grupos técnicos e, portanto, sua aplicação experimental ocorreu no comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Contas, no estado da Bahia. Os principais objetivos do procedimento são:

1. Criação do Atlas de Segurança Hídrica na bacia hidrográfica;
2. Definição de Áreas críticas de Interesse Especial -AIEs para o Planejamento da Segurança Hídrica;
3. Levantamento de Ações Estratégicas Planejadas e Potenciais -AEPPs para Segurança Hídrica da Bacia
4. Definição das Ações Prioritárias para aumento da Segurança Hídrica nas AIEs

### 5.1 Criação do Atlas de Segurança Hídrica da Bacia Hidrográfica

**Contexto:** O Atlas consiste de um subproduto proveniente do alinhamento dos dados entre o Plano Nacional de Segurança Hídrica (abrangência regional) e o Plano de Bacia (abrangência local). O alinhamento entre estes instrumentos de planejamento promove uma avaliação mais criteriosa dos dados que, anteriormente, estavam em uma maior abrangência, para uma perspectiva local e mais detalhada. Os mapas finais proporcionam uma visão geral sobre o status da segurança hídrica da bacia, em uma projeção no ano de 2035, servindo de subsídio ao comitê no processo de planejamento da segurança dos recursos hídricos locais.

**Orientações:** A sequência de ações necessárias a criação do Atlas de Segurança Hídrica foram detalhados em três etapas.

**Etapa 1:** consiste da aquisição, organização e sistematização dos dados secundários necessários a caracterização da bacia, isto é, informações como posição de barragens importantes, massas d'água, limites municipais/estaduais, limites hidrológicos da bacia, em banco de dados de órgãos ambientais, de gestão de recursos hídricos estaduais, federais e geoportais.

**Etapa 2:** O recorte dos dados secundários é feito por meio de geoprocessamento em ambiente QGIS e o alinhamento deve seguir e destacar as unidades hidrológicas locais para facilitar a interpretação



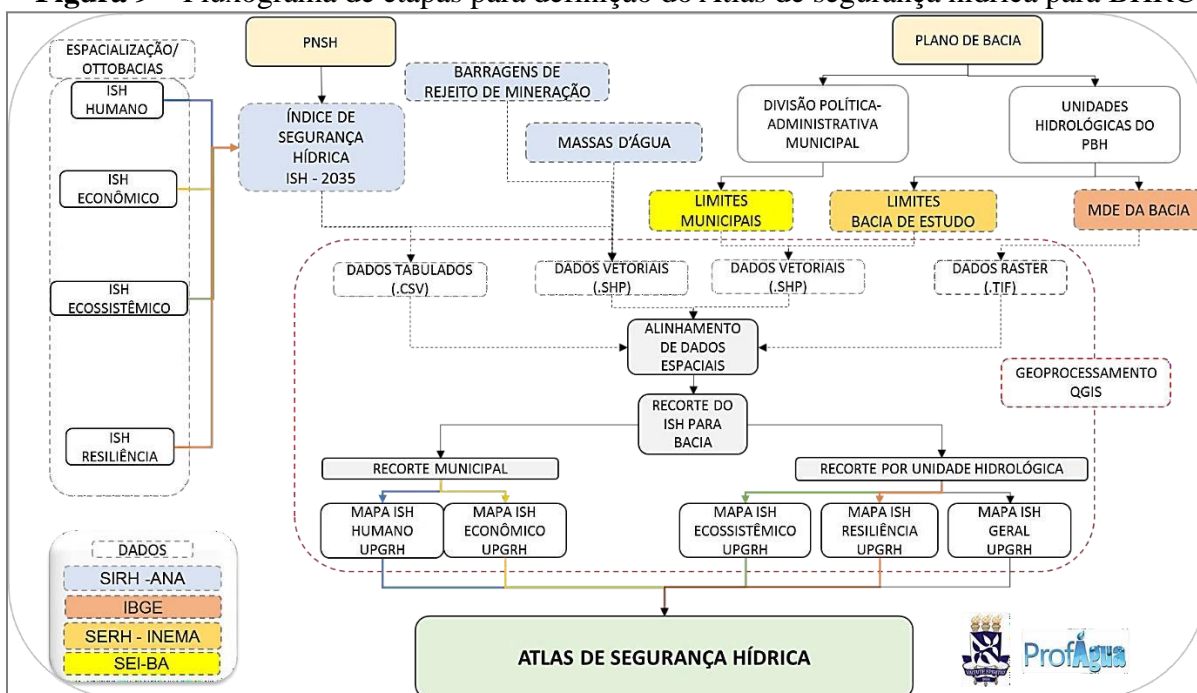
dos dados por parte do comitê. Para tal, uma análise do plano de bacia deve ser realizada com o objetivo de se identificar suas unidades hidrológicas de referência.

**Etapa 3:** Quanto a apresentação dos resultados, os dados de segurança hídrica são divididos em 4 eixos.

- **Eixo humano e econômico**, deve-se observar a referência de apresentação dos dados do Plano Nacional de Segurança Hídrica, que utiliza a divisão político-administrativa estadual para estimar o número de habitantes em risco de desabastecimento e o dano potencial a produção do setor agropecuário e industrial (ANA, 2019a). Neste caso, como a referência local mais próxima do ambiente do comitê são os municípios, estabelece-se a divisão **político-administrativa municipal**, definida a partir da relação de 76 municípios com mais de 5% de área inserida na [RPGA](#), conforme estabelecido no plano de bacia (INEMA, 2019, no prelo).
- **Eixo ecossistêmico e resiliência**, apresenta-se o Atlas com base nas unidades hidrológicas definidas no plano de bacia, neste caso, as Unidades de Planejamento de Gestão dos Recursos Hídricos - UPGRHs.

Na **Figura 9** pode-se observar o fluxograma usado para atingir o primeiro objetivo do procedimento: “Criação do Atlas de Segurança Hídrica na área de estudo com base no Plano Nacional de Segurança Hídrica e no Plano de Bacia”.

**Figura 9** – Fluxograma de etapas para definição do Atlas de segurança hídrica para BHRC



Fonte: O autor (2020)

**Resultados Esperados:** O Atlas de Segurança Hídrica (Projeção 2035) para área de estudo, consiste na produção de 5 mapas:

1. **Mapa do ISH Humano:** corresponde ao grau de segurança hídrica humana municipal, medido através da porcentagem de população em risco de desabastecimento hídrico por município;
2. **Mapa do ISH Econômico:** corresponde ao grau de segurança hídrica econômica municipal, medido através do dano potencial aos setores agropecuário e industrial em caso de desabastecimento hídrico, por município;
3. **Mapa do ISH Ecológico:** corresponde ao grau de segurança hídrica ecológica da bacia, medido através das áreas da bacia mais vulneráveis em termos de qualidade e quantidade de água para os usos naturais;
4. **Mapa do ISH Resiliência:** corresponde ao grau de segurança hídrica de resiliência da bacia, medido através das áreas da bacia mais críticas em relação a seca.
5. **Mapa do Índice de Segurança Hídrica geral da bacia:** corresponde a composição dos 4 eixos conceituais;

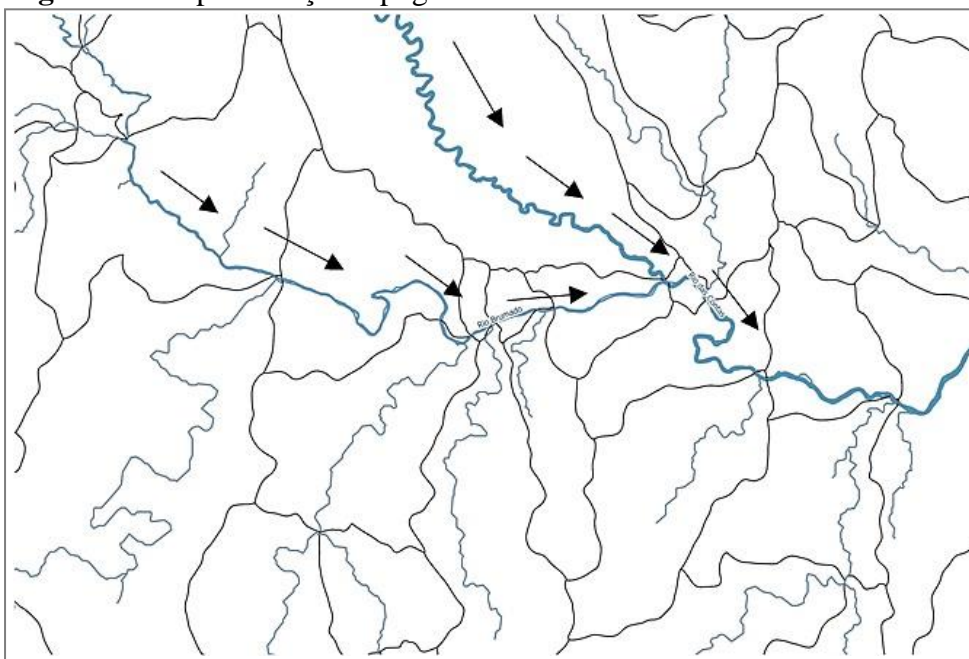
#### **Pontos de Atenção:**

- Embora os indicadores de segurança hídrica do PNSH tenham maior abrangência, estes estão espacializados a nível de Ottobacia.
- Um ponto crítico na produção do Atlas de Segurança Hídrica está na observação das diferenças espaciais que pode haver entre os dados do PNSH e do plano de bacia, tais como as unidades hidrológicas utilizadas como referência, requerendo ajustes para sua apresentação. Tal adequação para apresentação dos dados, facilita a compreensão do comitê que terá o Atlas de acordo com os dados constantes no PBH.

## **5.2 Definição de Áreas Críticas na Bacia Hidrográfica.**

**Contexto:** Este subproduto se soma ao Atlas em um conjunto de elementos visuais de suporte a decisão para o comitê de bacia, uma vez que o resultado exibe um mapa das áreas de segurança hídrica crítica locais (Áreas de Interesse Especial – AIE), sob a perspectiva de dois instrumentos de planejamento: o PNSH e o plano de bacia, constituindo, assim, uma representação visual da sobreposição de suas projeções.

No PNSH, a criticidade de determinada área é representada por meio de Ottobacias de baixo grau de segurança hídrica, calculado a partir de um índice, que de acordo com a ANA (2019d), mede o status da segurança hídrica por meio de alguns indicadores-chave, agrupados conforme os 4 eixos conceituais: humano, econômico, ecológico, resiliência (ANA, 2019d). Por outro lado, no Plano de Bacia, a criticidade de determinada área é representada por meio de trechos de rios em que a relação entre uso e disponibilidade da água encontra-se deficitário (INEMA, 2019, no prelo).

**Figura 10** -Representação topográfica das Ottobacias e dos trechos de rios

Fonte: O autor (2020)

Conforme pode ser observado no **Quadro 13**, o mapa resultante do alinhamento entre o PNSH e o Plano de Bacia tem como base as seguintes características:

**Quadro 13** - Principais Características dos Instrumentos de Planejamento

Características	Instrumentos de Planejamento	
	Plano Nacional de Segurança Hídrica - PNSH	Plano de Bacia do Rio das Contas
Espacialização	Ottobacias – BHO 2013	746 trechos de rios de Ottobacias com área de drenagem máxima 300 km <sup>2</sup>
Índice/Escala	ISH	ICH
	Mínimo/Baixo/Médio/Alto/Máximo	Colapso/Crítico/Alerta/Médio/Baixo/Muito Baixo
Projeção Adotada e Características	Cenário 2035	Cenário Tendencial 2030
	Utilizou as estimativas de: aumento da demanda, o que altera o resultado do balanço hídrico e consequentemente todos os indicadores baseados nesse fator; crescimento da população urbana (Manual de Usos Consuntivos-ANA), alterando apenas o ISH da Dimensão Humana.	Utilizou as estimativas de: crescimento das demandas (tendência da série histórica); crescimento da população urbana (SEI-Bahia); restrição da descarga de reservatório entre 26 a 42% da vazão regularizada; efeito das alterações climáticas no curto prazo (redução da disponibilidades entre 14 a 25% da Q90)

Fonte: O autor (2020)

**Orientações:** A sequência de ações necessárias para se definir as áreas críticas da bacia foram detalhadas nas 4 etapas a seguir:

**Etapa 1:** O mapeamento das [AIEs](#) da bacia é realizado com base nos dados do Índice de Segurança Hídrica do PNSH (Cenário 2035) e nos dados do Índice de Comprometimento Hídrico do Plano de Bacia (Cenário Tendencial 2030). As duas projeções apresentam similaridade por manter um padrão tendencial, embora seja possível a utilização de outras projeções realizadas nos planos de bacia, mais ou menos conservadoras, permitindo análises que não foram escopo do trabalho desenvolvido.

**Etapa 2:** Deve-se buscar definir as áreas críticas da bacia em termos de sua segurança hídrica, considerando o procedimento de definição das Unidades Territoriais de Análise – UTAs (áreas de baixo grau de segurança hídrica), constantes no [PNSH](#). Desse modo, a partir dos dados do Índice de Segurança Hídrica (Cenário 2035), deve-se isolar as Ottobacias de ISH:

- a) GRAU MÍNIMO;
- b) GRAU BAIXO;
- c) GRAU MÉDIO.

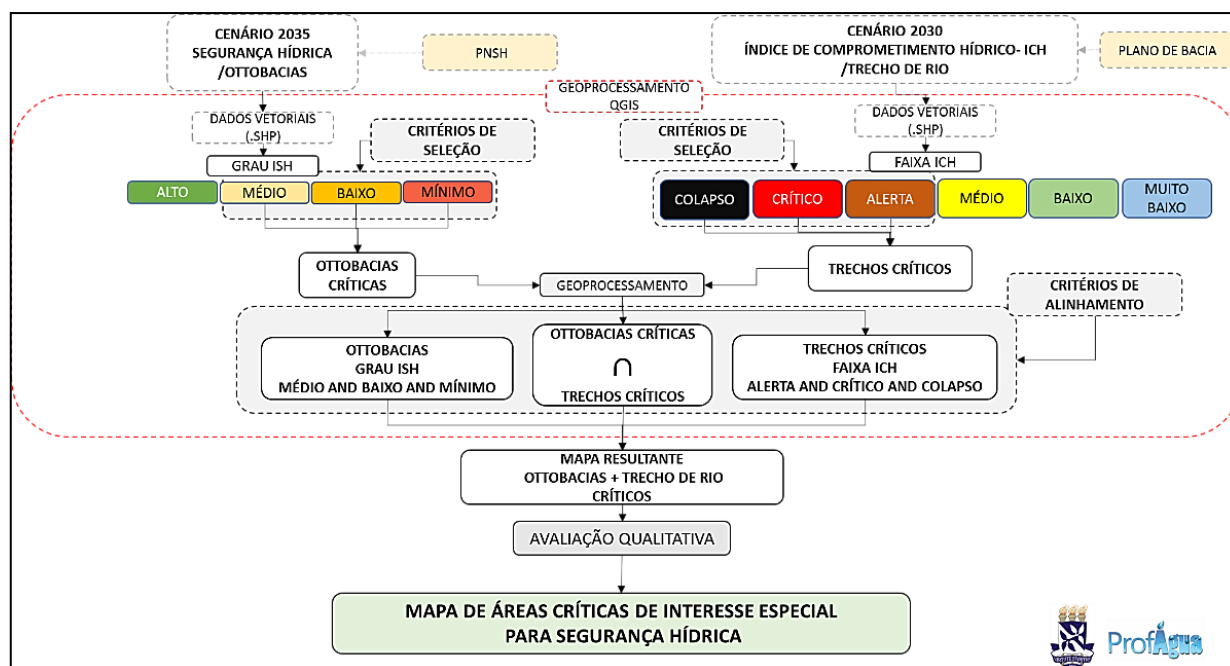
**Etapa 3:** Deve-se buscar definir as áreas críticas da bacia em termos de seu stress hídrico. A seleção da faixa crítica do ICH que representaria as áreas críticas da bacia, leva em consideração o disposto em Vanham (2018), que ressalta que o nível crítico de utilização dos recursos hídricos tem um limite de stress de 40%. Este limiar está situado na faixa de ICH Médio ( $25\% < \text{ICH} \leq 50\%$ ). Desse modo, a partir dos dados do [PBH](#), utiliza-se o mapa do balanço hídrico do cenário tendencial de 2030, para isolar os trechos de rio que apresentavam ICH:

- a) COLAPSO ( $\text{ICH} > 100\%$ );
- b) CRÍTICO ( $75\% < \text{ICH} \leq 100\%$ );
- c) ALERTA ( $50\% < \text{ICH} \leq 75\%$ ).

**Etapa 4:** O alinhamento entre projeções é feito por meio de geoprocessamento. As Ottobacias e trechos de rios isolados são unidos, resultando em um mapa único que representa a sobreposição das áreas consideradas críticas em ambos os instrumentos de planejamento.

Na **Figura 11** pode-se observar o fluxograma usado para atingir o segundo objetivo do procedimento: *“Definir Áreas de Interesse Especial (AIEs) para o planejamento da Segurança Hídrica na bacia com base no alinhamento entre o Plano Nacional de Segurança Hídrica e o Plano de Bacia”*.

**Figura 11** – Fluxograma do método de mapeamento das áreas críticas a partir do alinhamento entre PNSH e Plano de bacia



Fonte: O autor (2020)

### **Resultados Esperados:**

- Mapa de áreas críticas sob a perspectiva do ISH (Plano Nacional de Segurança Hídrica).
- Mapa de áreas críticas sob a perspectiva do ICH (Plano de Bacia)
- Mapa resultante: sobreposição de ambas as projeções (ISH + ICH)

### **Pontos de Atenção:**

- A definição de áreas de segurança crítica tem como base dois pontos chaves. Primeiro, do ponto de vista de se promover uma avaliação do PNSH em relação ao plano de bacia, isto é, as áreas consideradas críticas no PNSH são as mesmas áreas consideradas críticas no plano de bacia? Por outro lado, as informações coletadas em campo com os usuários, nas reuniões do comitê, realmente condizem com os dados de criticidade apontados neste subproduto?

### **5.3 Levantamento de Ações Estratégicas Planejadas e Potenciais para Segurança Hídrica.**

**Contexto:** Se avaliarmos do ponto de vista da tomada de decisão, observa-se que os gestores de recursos hídricos possuem no escopo do planejamento uma diversidade de ações propostas nos planos, que em muitos casos se tornam difíceis de operacionalizar, seja por conta de limitações em recursos financeiros, humanos ou políticos. Assim, na perspectiva do gestor do comitê, que busca sugerir ações prioritárias para alguma área crítica (AIE) em questão, faz-se necessário listar as ações planejadas e as potenciais para a bacia.

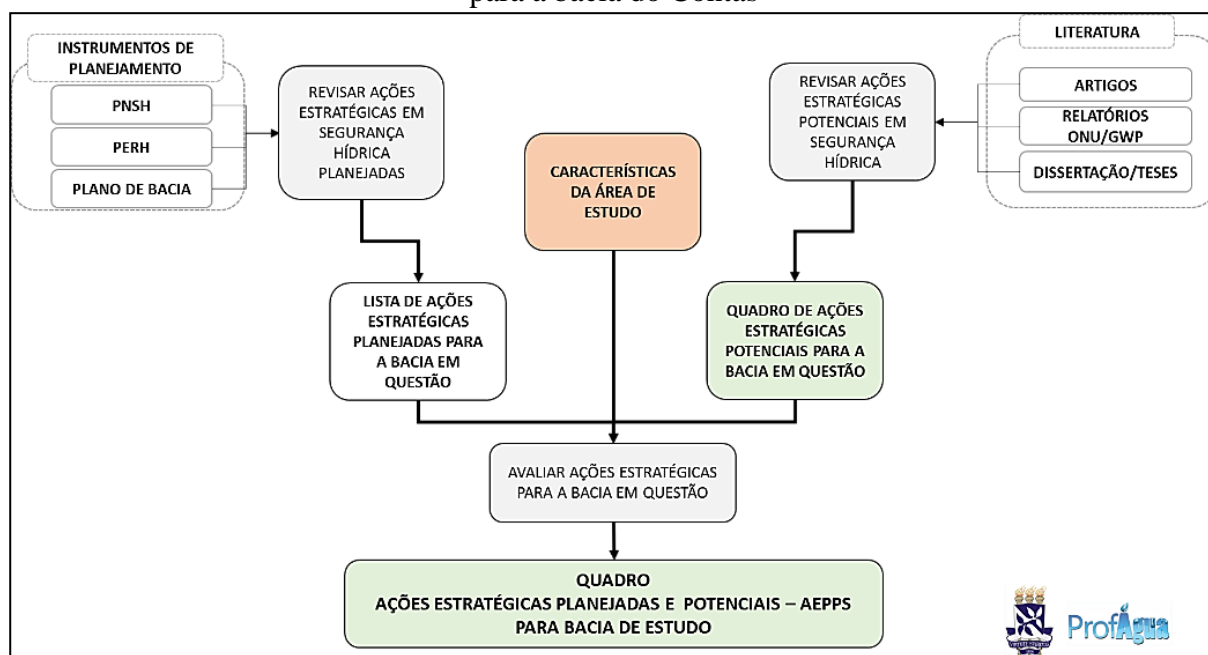
**Orientações:** A sequência de ações necessárias para se levantar as ações potenciais e planejadas para segurança hídrica da bacia foram detalhadas nas 2 etapas a seguir:

**Etapa 1:** Procede-se com uma revisão de literatura em artigos, relatórios de instituições especializadas em recursos hídricos, dissertações e teses, confrontando com os resultados da caracterização da área de estudo para definir as ações mais adequadas.

**Etapa 2:** Promove-se uma revisão nos instrumentos de planejamento vigentes (Plano Nacional de Segurança Hídrica, Plano Estadual de Recursos Hídricos, Plano de Bacia) e lista-se os estudos, projetos, obras e programas ambientais planejados para área de estudo. Neste quesito, quando possível e observando a disponibilidade e transparência de dados, é necessário uma avaliação sobre o status de implementação destes projetos.

A **Figura 12** representa o fluxograma para se atingir o seguinte objetivo “*Identificar ações estratégicas planejadas e potenciais para bacia*”.

**Figura 12** – Fluxograma de método de identificação das ações estratégicas planejadas e potenciais para a bacia do Contas



Fonte: O autor (2020)

### **Resultados Esperados**

- Quadro de ações planejadas para bacia
- Quadro de ações potenciais para bacia.

### **Pontos de Atenção**

- Os resultados desta etapa servem de base para a definição de ações prioritárias na área crítica selecionada

## 5.4 Diagnóstico e Definição de Ações Prioritárias para aumento da Segurança Hídrica

**Contexto:** A definição de ações prioritárias para segurança hídrica consiste da realização de dois diagnósticos por meio da modelagem conceitual FPEIR. O primeiro diagnóstico deve ser feito por meio dos indicadores de segurança hídrica e o segundo com base nas informações coletadas em campo, junto ao comitê, sociedade, membros do governo e usuários dos recursos hídricos (idealmente). De modo geral, a lógica da modelagem é baseada na seguinte premissa: as atividades econômicas (Força Motriz), através das atividades humanas (Pressão) exercem influência no (Estado) do meio ambiente, resultando em (Impactos) sobre os serviços ecossistêmicos, sobre o bem-estar dos seres humanos e em possíveis medidas de gerenciamento com poder de mitigação (Respostas) (EPA, 2015).

**Orientações:** A sequência de ações necessárias para se diagnosticar e definir ações prioritárias para segurança hídrica da bacia foram detalhadas nas 8 etapas a seguir:

**Etapa 1:** A partir do mapa de áreas críticas da bacia, seleciona-se uma AIE por meio de critérios qualitativos, que envolvem, neste caso, o processo de verificação documental nas informações contidas em deliberações do comitê sobre problemas de segurança hídrica na bacia.

**Etapa 2:** As etapas 3 a 8 devem ser aplicadas em ambos os diagnósticos para definição das ações prioritárias.

- **No diagnóstico participativo**, o condutor da reunião deve formular as perguntas de modo que seja compreensível a todos os ouvintes. Do mesmo modo, as contribuições dos presentes devem ser registradas para posterior modelagem no software CMAP Tools.
- **No diagnóstico com base nos indicadores**, o comitê ou câmara técnica deve utilizar os dados da caracterização da bacia para construir as relações de causa e efeito e avaliar como se dá a relação entre os indicadores de segurança hídrica sugeridos no PNSH.

**Etapa 3:** Determinação da (**Força Motriz**) – Esta é o ponto de referência inicial que impulsiona as atividades dentro da bacia e gera mudanças no meio ambiente e na segurança hídrica das áreas em questão. Para esta pesquisa, o ponto de referência final são os impactos sobre os 4 eixos da segurança hídrica e as estratégias que podem mitigar tais impactos. A Força Motriz é descrita como direcionadora de desenvolvimento econômico, demográfico e social na sociedade. A questão central para detectar a força motriz é: **De quais setores econômicos as pressões sobre o meio ambiente podem estar se originando?** (EPA, 2015).

**Etapa 4:** Determinação das (**Pressões**) – Estas são caracterizadas pelas atividades humanas, isto é, denotam o funcionamento da força motriz econômica e social e induz mudanças no meio ambiente. Ao identificar uma atividade como pressão, estabelece-se uma relação causal entre a atividade e um impacto ambiental. A questão central para identificação das pressões e dos estressores é: **Quais**

**atividades humanas causam pressões no meio e quais são os estressores resultantes?** (EPA, 2015).

**Etapa 5:** Determinação dos (**Estados**) - Estes se referem a condição do ambiente seja ele natural ou construído e é indicado a partir da medida de quantidade e qualidade dos componentes físicos, químicos ou biológicos. É identificado a partir de alterações na magnitude, frequência ou concentração dos fatores abióticos no meio ambiente ou a partir de mudanças no estado biótico. A questão central é: **Como as atividades afetam o estado do meio ambiente (biótico, abiótico ou do ambiente construído)?** (EPA, 2015).

**Etapa 6:** Determinação dos (**Impactos**) - Estes indicam as mudanças na qualidade e nas características funcionais de um ecossistema com consequências nos serviços ecossistêmicos e no bem-estar dos seres humanos. O impacto representa o resultado da pressão que as atividades exercem no estado do meio ambiente ou do ser humano. A questão central para esta pesquisa é: **Quais os impactos sobre a segurança hídrica da bacia?** (EPA, 2015).

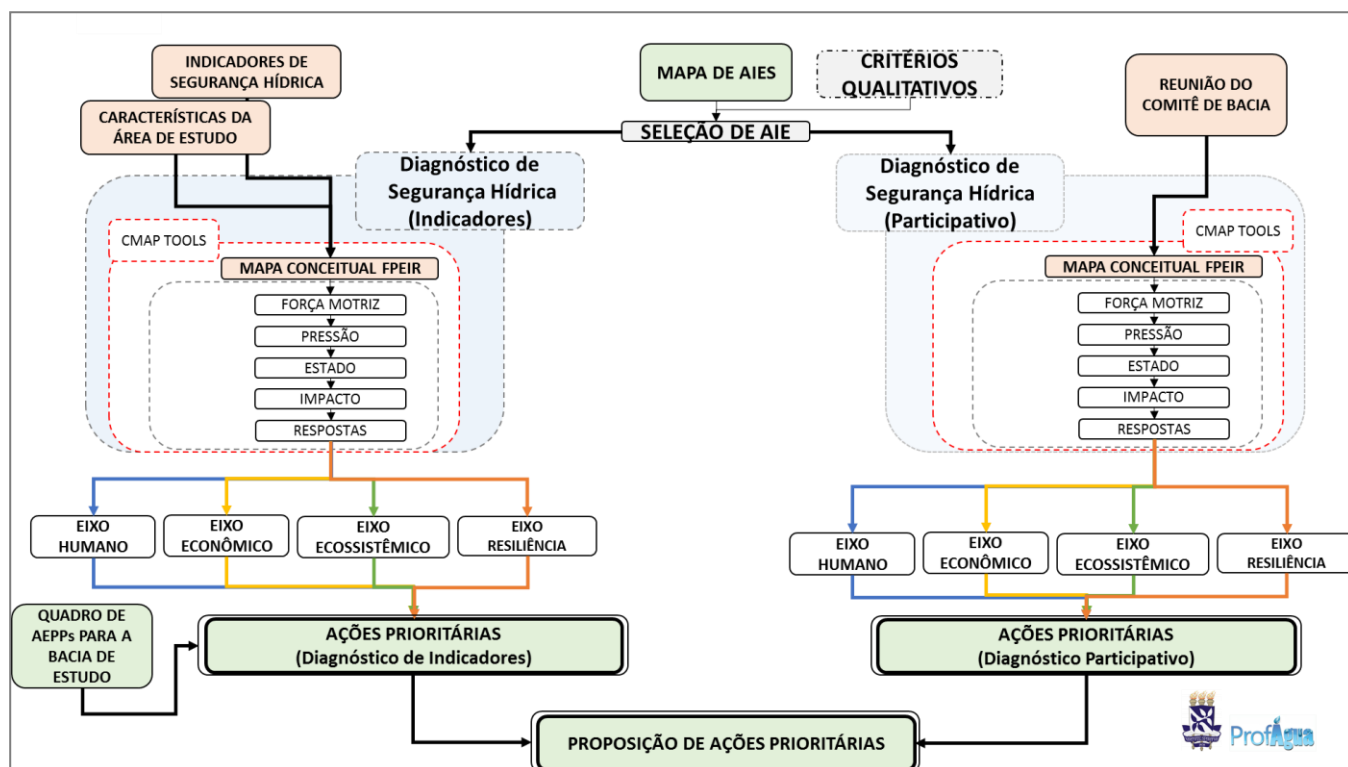
**Etapa 7:** Determinação das (**Respostas**) – As ações ou medidas que podem ser tomadas por indivíduos, grupos ou governo, em qualquer nível das relações de causa e efeito identificadas no modelo conceitual FPEIR, com o objetivo de prevenir, compensar, melhorar ou adaptar as mudanças no estado do meio ambiente ou do bem-estar humano e seus consequentes impactos (EPA, 2015). A questão central que definiria as respostas e, portanto, nortearia definição das ações prioritárias é: **Com base nas relações de causa-efeito, qual (is) ação (es) pode (m) elevar o status da segurança hídrica local?**

**Etapa 8:** Modelagem no CMAP Tools

Na **Figura 13** pode-se observar o fluxograma utilizado para atingir o objetivo: *“Diagnosticar as Áreas críticas de interesse Especial e propor ações prioritárias para melhoria do status de segurança hídrica”*.



**Figura 13** – Fluxograma do método de diagnóstico de segurança hídrica das AIEs.



Fonte: O autor (2020)

### **Resultados Esperados:**

1. Mapa conceitual da área crítica de estudo construído com base nos indicadores de segurança hídrica
2. Mapa conceitual da área crítica de estudo construído com base nas informações de campo.

### **Pontos de Atenção:**

- Na aplicação do modelo conceitual durante a reunião do comitê, o autor realizou os questionamentos aos presentes sem, no entanto, conduzir a reunião.
- O próprio processo de construção do mapa conceitual já sugere respostas/ações de como melhorar os indicadores.

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **6.1 Atlas de Segurança Hídrica**

O Atlas de Segurança hídrica da Bacia do Contas (2035) foi gerado a partir dos 4 eixos conceituais: **Humano e Econômico** evidenciando a população em risco e o dano potencial anual a produção da agricultura irrigada, pecuária e as indústrias da BHRC e revelando as vulnerabilidades nos eixos **Ecosistêmicos e de Resiliência**. Os dados utilizados são o resultado de um recorte realizado nos metadados da ANA (2019e).

## Eixo Humano

Na [BHRC](#), avaliou-se o déficit de atendimento à população dos 76 municípios com mais de 5% de área na [RPGA](#) do Contas. Os resultados estão condensados na **Tabela 3**.

**Tabela 3** – Dados de Segurança Hídrica na BHRC: Eixo Humano

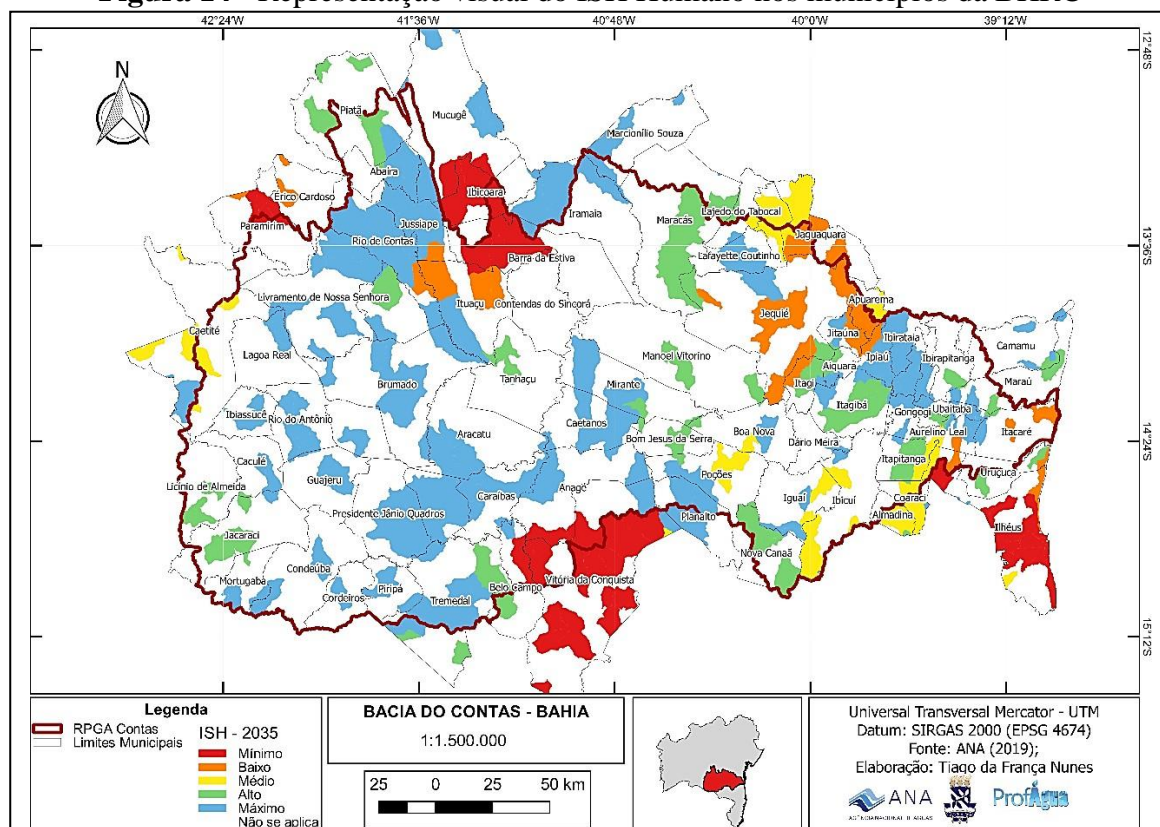
POPULAÇÃO URBANA EM RISCO – BACIA DO CONTAS (milhões de habitantes)	
POPULAÇÃO URBANA ESTIMADA (2035)	<b>1.568.592 habitantes</b>
População RISCO IMINENTE	111.695 habitantes
População RISCO PÓS DÉFICIT	333.697 habitantes
<b>População RISCO TOTAL</b>	<b>445.392 habitantes</b>

Fonte: O autor (2020)

Os dados da **Tabela 3** apontam que 445.392 mil habitantes (~30% da população) estarão, até 2035, em situação de risco, caso não sejam aplicadas medidas de gerenciamento para garantia da segurança hídrica da população. Isto corresponde a 12% da população urbana em risco do estado da Bahia. Vale ressaltar que os setores de comércio e serviços se encontram ameaçados, uma vez que estes também compõem a demanda urbana total.

Na **Figura 14** é possível visualizar estes dados através de uma escala de cores, onde as cores amarelas, laranja e vermelho evidenciam as Ottobacias ou áreas de maior risco humano. As áreas sem dados no mapa indicam a lacuna de dado nos municípios ou a natureza urbana do ISH humano, uma vez que as Ottobacias localizadas nas áreas rurais não foram caracterizadas.

**Figura 14** - Representação visual do ISH Humano nos municípios da BHRC



Fonte: O autor (2020)

O mapa é predominantemente pouco expressivo para evidenciar padrões, devido as lacunas em branco, porém ao se avaliar os dados dos municípios inseridos na RPGA, tem-se que: as cidades com maior número de habitantes da zona urbana em risco pós déficit serão: Ilhéus (103.567), Vitória da conquista (57.815), Jequié (51.851), Jaguaquara (24.513), Paramirim (14.298), Itacaré (13.332), Barrada da Estiva (12.453), Caetité (11.369), Ibicoara (11.286), Ituaçu (8.564), Érico Cardoso (6.142) e Coaraci (5.530).

### Eixo Econômico

O eixo econômico é composto por indicadores que analisam a segurança hídrica de três importantes usuários consuntivos da economia: agricultura irrigada (arroz inundado, cana-de-açúcar e demais culturas), pecuária e atividade industrial. Na **Tabela 4** pode-se observar a projeção do dano para os setores mencionados:

**Tabela 4** - Dados de Segurança Hídrica na BHRC: Eixo Econômico

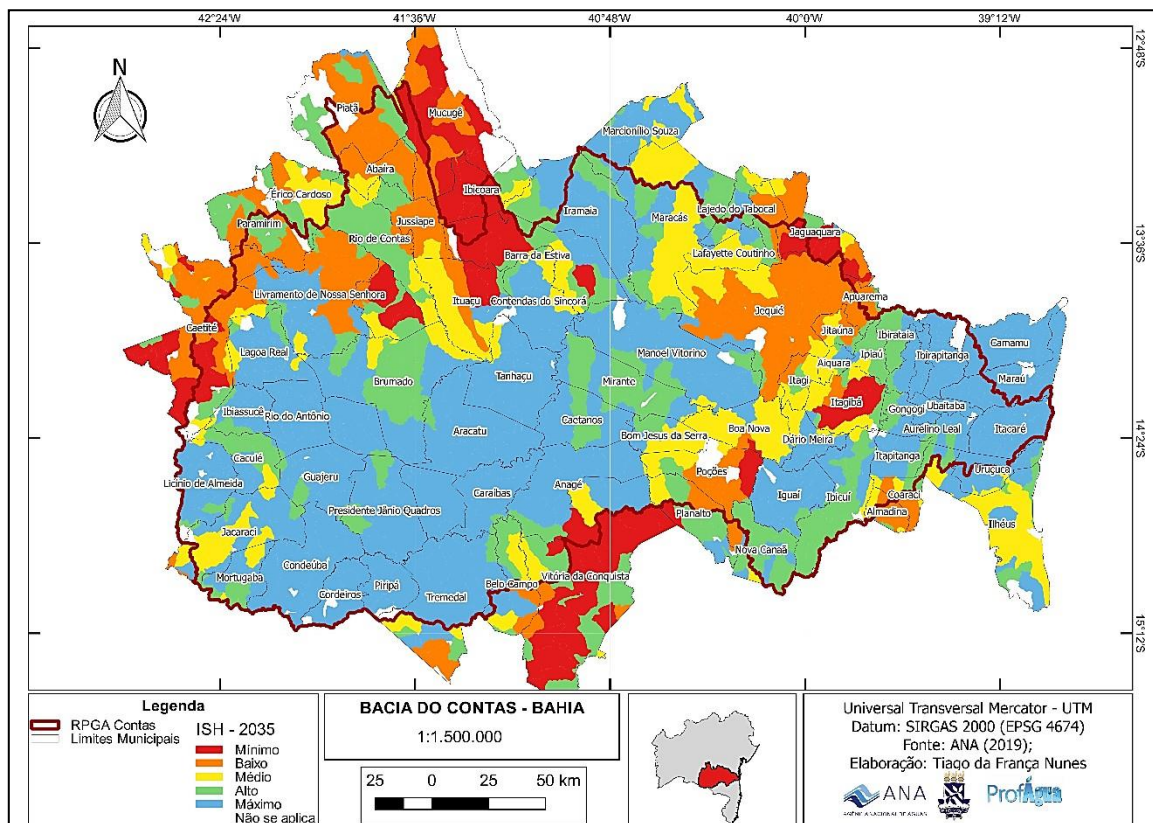
VALOR DA PRODUÇÃO EM RISCO – CONTAS (R\$ milhões de reais/ano)		
IRRIGAÇÃO	RISCO IMINENTE	<b>R\$ 189,37</b>
Total Anual (R\$ 3.544,63)	PÓS DÉFICIT	R\$ 2.596,31
	<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 2.785,68</b>
PECUÁRIA	RISCO IMINENTE	R\$ 279, 92
Total Anual (R\$ 4.967,93)	PÓS DÉFICIT	<b>R\$ 286,95</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 566,87</b>
INDUSTRIAL	RISCO IMINENTE	R\$ 368,98
Total Anual (R\$ 6.892,63)	PÓS DÉFICIT	R\$ 1.429,33
	<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 1.798,31</b>

Fonte: O autor (2020).

Ao avaliar os dados da **Tabela 4**, espera-se uma perda de R\$ 5.150.000,00/anuais na economia da bacia (Irrigação+Pecuária+Industrial), no qual a maior perda será no setor irrigado, correspondendo a pouco mais da metade desse valor (54%). Em comparação com o estado, estima-se que 30% da perda de produção agropecuária anual será proveniente da bacia do contas. De acordo com a ANA (2019a), ao se avaliar as perdas do setor econômico, conclui-se que para cada real (R\$ 1,00) investido em ações para garantia da segurança hídrica, cerca de quinze reais (R\$ 14,56) são gerados em benefícios para a população brasileira.

De acordo com o [PBH](#), nos trechos altos e médio do Rio das Contas, ocorre uma intensificação dos períodos de déficit hídrico. Nas UPGRHs mais próximas ao litoral, a agricultura pode ser desenvolvida sem maiores necessidades de investimentos na disponibilização de água. Entretanto, na parte mais central e ocidental existe a necessidade de implementação da irrigação para superar os períodos de déficits hídricos nas estações secas (INEMA, 2019, no prelo), isto explica a espacialização do ISH econômico na **Figura 15**, onde pode-se observar uma predominância de áreas de baixo grau de segurança hídrica nos trechos médios e alto da bacias.

**Figura 15** – Representação visual do ISH Econômico nos municípios da BHRC.



Fonte: O autor (2020).

No setor de irrigação as cidades mais afetadas serão Mucugê; Ibicoara e Livramento de Nossa Senhora; setor industrial: Vitória da Conquista, Itagibá e Caetité; setor pecuarista: Caetité; Itagibá e Vitória da Conquista nesta ordem. No entanto, por conta das diferenças entre limites municipais e o estabelecidos para bacia hidrográfica, vale ressaltar que essa estimativa é baseada nos municípios com mais de 5% de área inseridos na RPGA e que, portanto, as perdas podem ser mais significativas para bacias vizinhas.

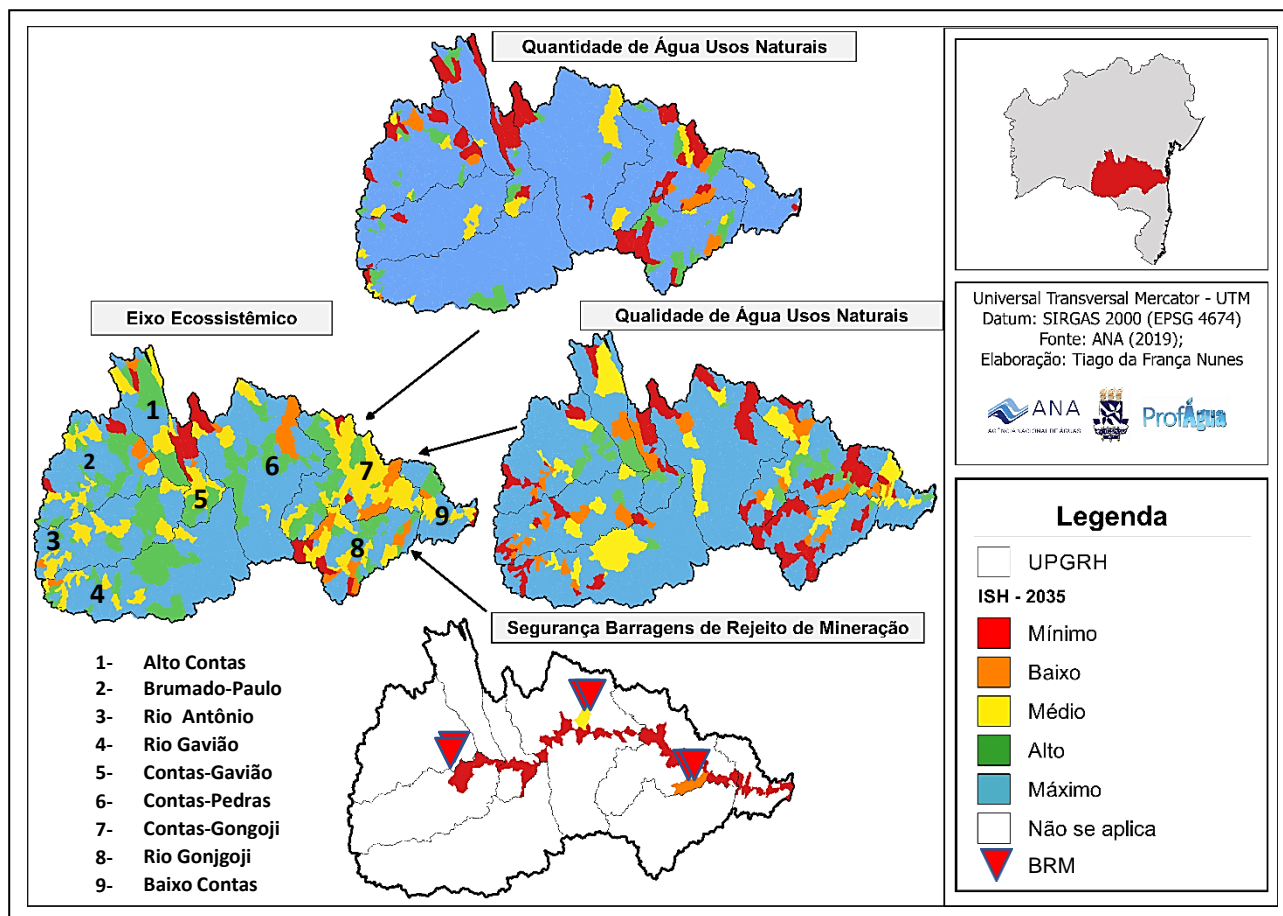
Um bom exemplo disso, acontece no limite entre a RPGA do Paraguaçu e do Contas, onde dois municípios: Ibicoara (18,2% e sede municipal contida na RPGA do Contas) e Mucugê (13,56% de área contida na RPGA do Contas) (INEMA, 2019, no prelo), correspondem juntos a uma soma de quase 80% do dano potencial esperado para o setor de irrigação, mas possui área majoritariamente inserida na Bacia do Paraguaçu.

### Eixo Ecológico

De modo geral, os resultados do ISH para Bacia do Contas indicam grau de segurança hídrica alto a máximo. Na **Figura 16** observa-se tais resultados na dimensão ecológica.



**Figura 16** – Representação visual do ISH Ecológico e seus indicadores na BHRC.



Fonte: O autor (2020)

De acordo com o indicador (**quantidade de água para usos naturais**), que conforme a ANA (2019d), avalia o percentual remanescente da vazão natural com permanência de 95% no trecho (Q95%) após as retiradas de água para usos consuntivos, a bacia apresenta uma situação confortável, muito embora há uma certa divergência do balanço hídrico de 2017 do plano de bacia, onde já constata-se uma situação de colapso do rio das contas (demandas superam a disponibilidade), desde o seu trecho alto na UPGRH Alto Contas até o reservatório de Pedras na [UPGRH](#) Contas-Pedras (INEMA, 2019, no prelo). Uma possível explicação para tal divergência, pode ser o maior nível de detalhamento dos dados no [PBH](#).

Ao observar as áreas de baixo grau de segurança hídrica no mapa geral do eixo, percebe-se uma influência mais acentuada do indicador de **qualidade de água (DBO<sub>5,20</sub>)**. Analisando os dados de carga remanescente de DBO 5,20 por UPGRH constantes no [PBH](#) (INEMA, 2019, no prelo), observa-se que as UPGRHs incremental Contas-Gongoji (5.296,3 kg/dia) e Rio Gongoji (2.531,3 kg/dia), onde está localizada a cidade de Jequié, possuem as maiores concentrações.

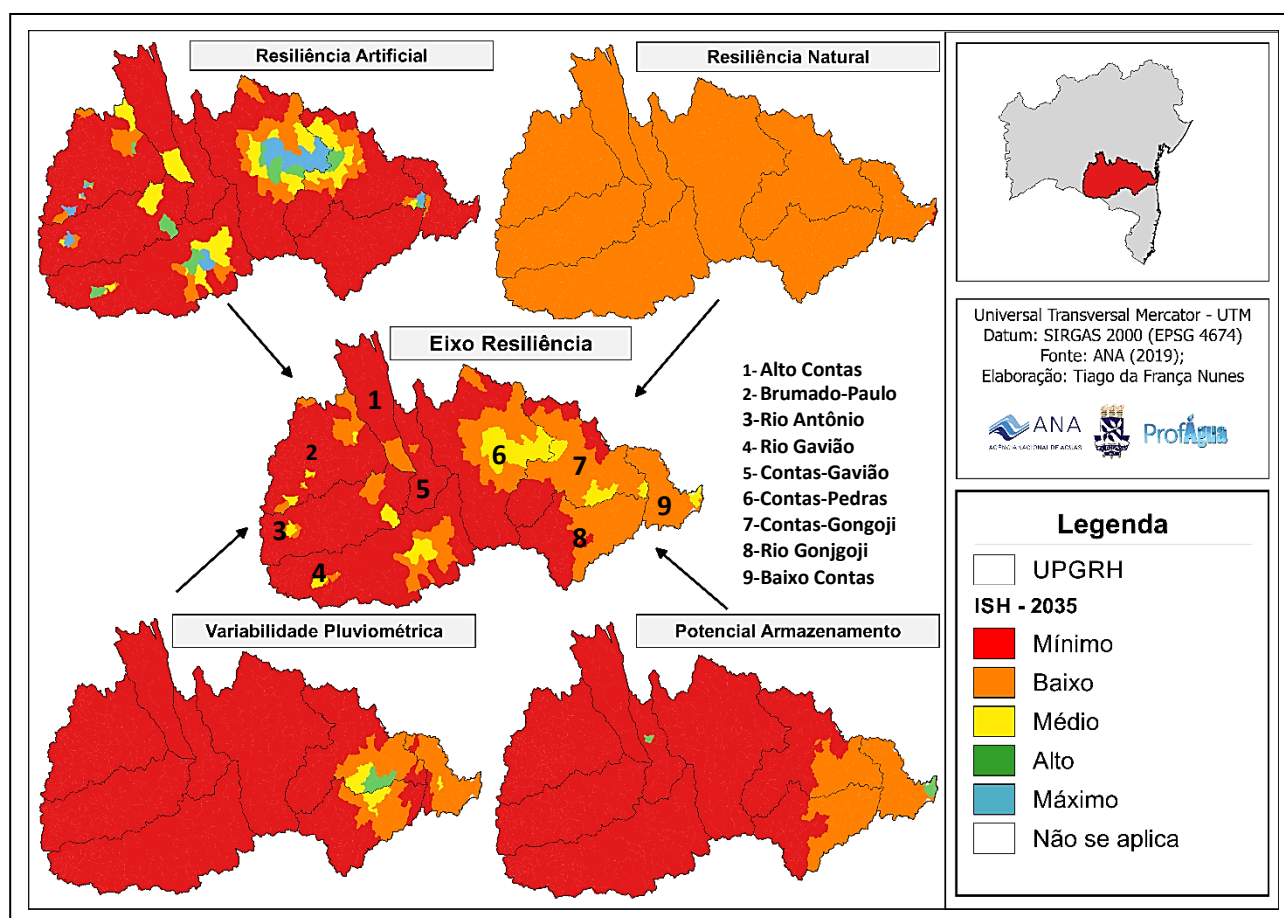
Estas UPGRHs apresentam os índices mais elevados de população atendida com serviços de esgotamento sanitário e, também, são as mais populosas da bacia, fatores que contribuem diretamente para estes resultados e que são corroborados pela análise espacial do ISH ecológico.

Sobre o **potencial de poluição acidental**, ao confrontar a localização, o risco e o dano potencial das **BRMs** mapeadas na bacia, observa-se a posição estratégica das barragens e como seu rompimento comprometeria a saúde dos ecossistemas, afetando principalmente a bacia de drenagem do rio das contas e a segurança hídrica da população do trecho médio até a sua foz.

### Eixo Resiliência

Na **Figura 17** pode-se visualizar a dimensão “resiliência”, a qual reflete a susceptibilidade natural climática e hidrológica das Ottobacias a eventos críticos de seca, através de 4 indicadores: resiliência artificial, reservação natural, variabilidade pluviométrica e potencial de armazenamento;

**Figura 17** – Representação visual do ISH Resiliência e seus indicadores na BHRC



Fonte: O autor (2020)

A BHRC apresenta valor predominantemente baixo de **reservação natural**. Conforme a ANA (2019d), isso indica bacias de substrato cristalino, onde verifica-se que há pouca vazão de base contribuindo para reservação natural e, portanto, menor capacidade de regularização natural. De acordo com o INEMA (2019, no prelo), o embasamento cristalino é o domínio hidrogeológico dominante na bacia correspondendo a 64% de sua área.

Este indicador pode ser avaliado em conjunto com o de **potencial de armazenamento subterrâneo** que apresenta valores insuficientes, principalmente nos trechos médio e alto, para contribuir com as condições naturais que conferem segurança hídrica a bacia. Conforme o **PBH**, parte

da RPGA está inserida no polígono das secas e nas regiões onde há baixa precipitação, as águas subterrâneas que circulam por esses aquíferos tendem a apresentar maior grau de mineralização e serem salinizadas (INEMA, 2019, no prelo).

Esta alta vulnerabilidade natural da bacia se reflete também em seu padrão climático. O indicador de **variabilidade pluviométrica**, que representa a dispersão do total precipitado anual em relação à média, apresenta valores críticos nos trechos central e alto da BHRC e conforme plano de bacia, tais trechos apresentam clima majoritariamente semiárido (INEMA, 2019, no prelo).

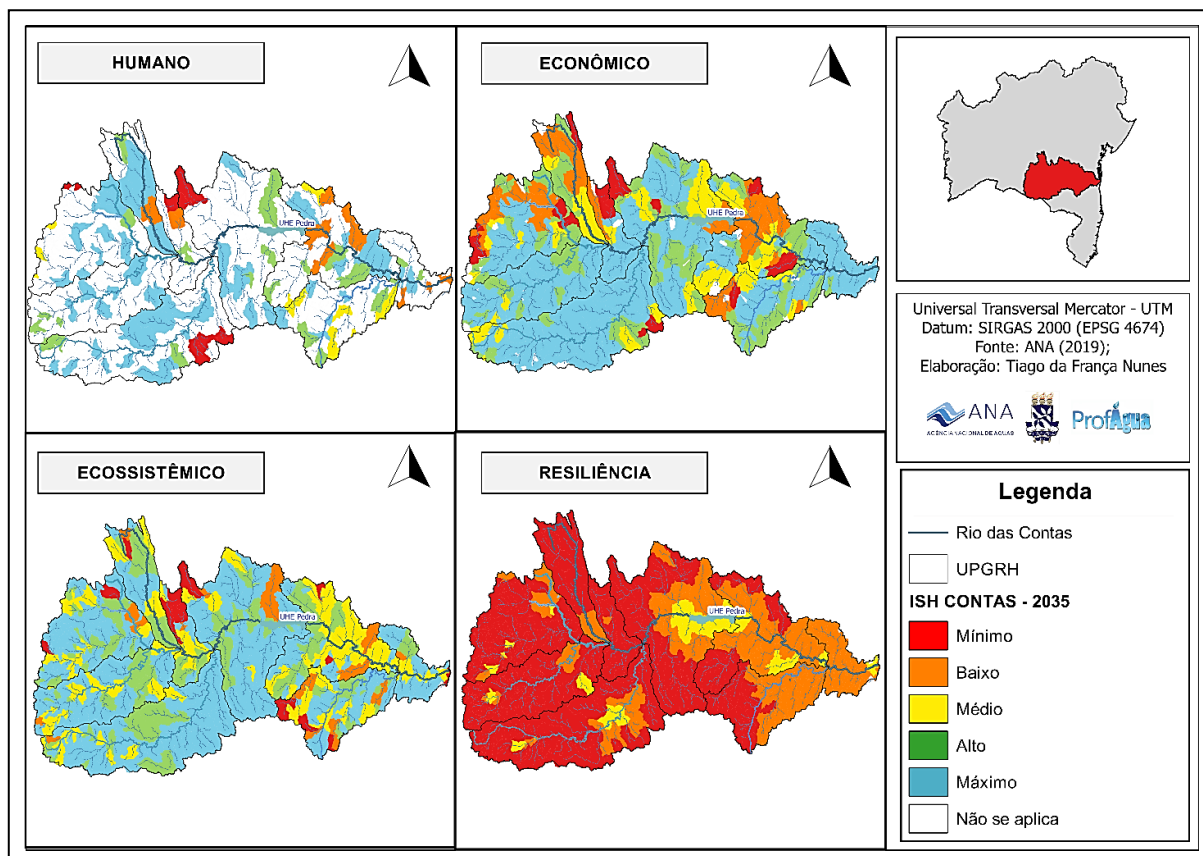
No mapa é possível observar como a **reservação artificial**, indicador que avalia a propensão de um usuário de captar água reservada num raio de 50km (ANA, 2019d), contribui para melhoria do índice final no eixo de resiliência. Desse modo, destaca-se o reservatório de usos múltiplos de Pedras o qual seu volume pode alcançar 1640hm<sup>3</sup> e está localizado nas Ottobacias em azul (ISH-máximo), no trecho médio do Contas (UPGRH contas-Pedras). Com base no ISH, a ausência de reservatórios localizados em posições estratégicas e seu potencial de fornecer água a múltiplos usuários, é visto como mecanismo adaptativo importante para conferir resiliência a bacia.

De modo geral, o mapa da **Figura 17** revela uma situação crítica quanto a resiliência na BHRC, apresentando uma alta vulnerabilidade neste eixo tanto das suas condições naturais quanto dos mecanismos necessários a adaptação e convivência com a seca. Este cenário evidencia a necessidade de se estudar medidas estratégicas que atuem de forma complementar a infraestrutura hídrica regional proposta no PNSH.

## ISH GERAL

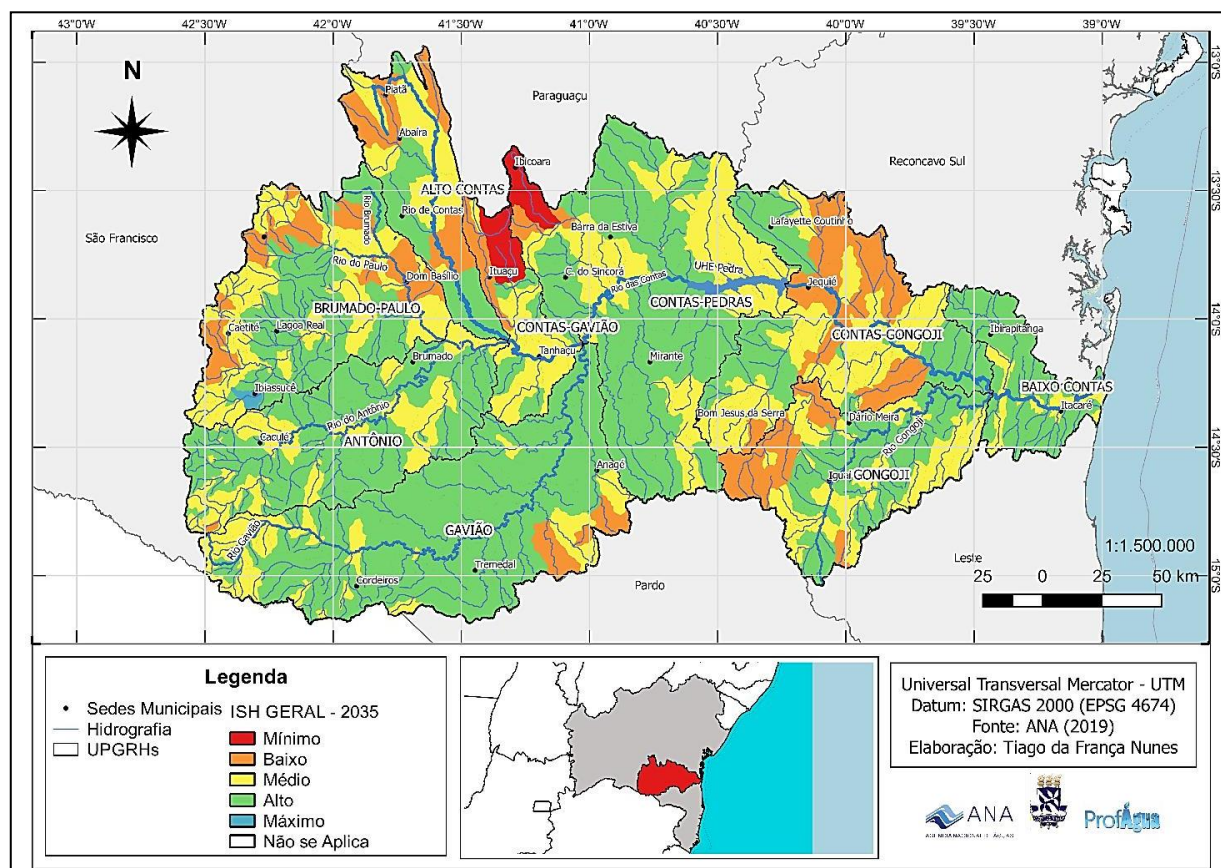
No mapa da **Figura 18** observa-se a síntese dos 4 eixos conceituais da segurança hídrica na BHRC e o mapa final (**Figura 19**) representando a fusão entre eles.

**Figura 18** – Representação visual dos 4 eixos conceituais da Segurança Hídrica na BHRC.



Fonte: O autor (2020)

**Figura 19** – Representação visual da Segurança Hídrica Geral da BHRC - 2035



Fonte: O autor (2020)



A [BHRC](#) apresenta predominantemente uma condição de segurança hídrica alta, muito por conta da limitação na base de dados utilizada, que não contabiliza, por exemplo, as áreas rurais no cálculo do ISH humano, ou pelo método de cálculo, que conforme a ANA (2019d), utiliza a média aritmética simples.

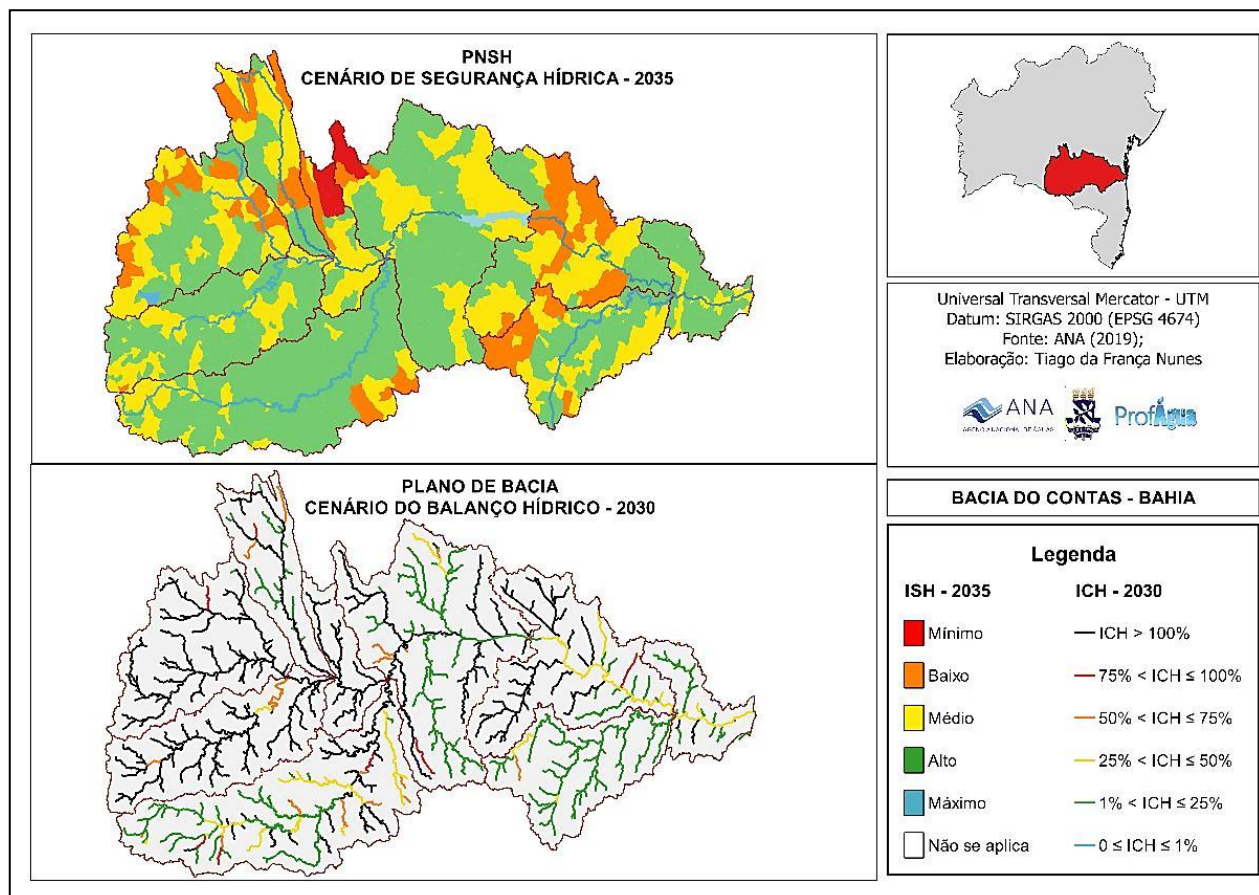
O cálculo da média aritmética expressa uma tendência no resultado final, no qual o ISH geral sofre o efeito de compensação entre os eixos que o compõe, isto é, os eixos que possuem valores mais altos e portanto, melhores classificados na escala de segurança hídrica, compensam os eixos que estão com valores mais baixos, a exemplo da dimensão resiliência. Este efeito de compensação ou superestimação pode criar uma falsa sensação de segurança hídrica, principalmente em áreas em que o indicador está no limite entre: médio (amarelo) e alto (verde), como ocorre na Bacia do Contas.

Os mapas gerados nesta etapa de aplicação do procedimento irão compor o Atlas de segurança hídrica da BHRC e será enviado para o comitê como forma de subsídio ao planejamento da segurança hídrica a nível local, juntamente com as ações prioritárias que serão recomendadas para área de estudo dentro da bacia. Frisa-se aqui a necessária atualização dos dados, que deve levar em conta a periodicidade de atualização dos planos.

## 6.2 Áreas de Interesse Especial (AIEs) para Segurança Hídrica

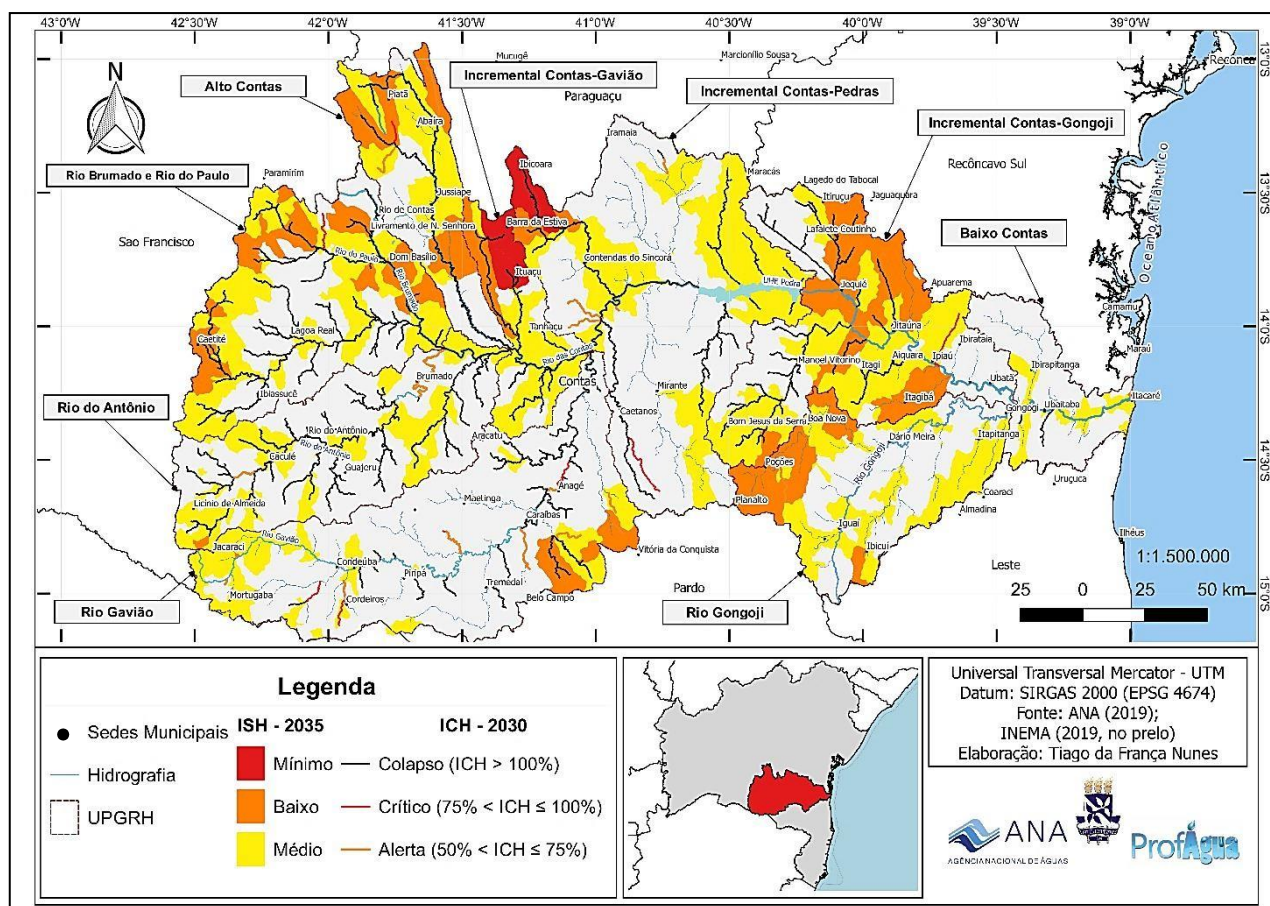
Para identificar as [AIEs](#) foi necessário o alinhamento entre a abordagem multidimensional do [PNSH](#), que definiu o grau de segurança hídrica por Ottobacias, com os dados constantes no [PBH](#), o qual define através do [ICH](#), o stress hídrico por trecho de rio. A complementaridade resultante do alinhamento permitiu a identificação de áreas críticas sobrepostas ou não na BHRC. A **Figura 20** traz as duas projeções utilizadas e a **Figura 21** o resultado do alinhamento.

**Figura 20 - PNSH e Plano de Bacia do Contas, Bahia.**



Fonte: O autor (2020)

**Figura 21** – Áreas de Interesse Especial para Segurança Hídrica da BHRC: Alinhamento entre os cenários PNSH (2035) e o Plano de Bacia (2030).



Fonte: O autor (2020)

Este subproduto serve aos seguintes propósitos: revela a criticidade por UPGRHs na Bacia do Contas e áreas de interesse especial para o planejamento da segurança hídrica, além de orientar a definição de ações prioritárias.

Vale destacar que, ambas as projeções utilizadas são cenários futuros que desconsideram as ações de gerenciamento para controle dos usos ou dos aspectos que interferem negativamente nos indicadores dos eixos conceituais.

As [AIEs](#) foram definidas e agrupadas, conforme **Quadro 14**, com base na criticidade e características observada nas UPGRHs Alto contas, Rio Brumado-Rio do Paulo e nas incrementais Contas-Gavião, Contas-pedras e Contas Gongoji.

**Quadro 14** – AIEs e suas UPGRHs correspondentes

Áreas Críticas	UPGRH	Observações
AIE 1	Alto Contas + Rio Brumado e Rio do Paulo	Área do Alto Contas, incluindo o Rio Brumado e Rio do Paulo, corroborando a Deliberação CBHRC N°07/2013 de 22 de março de 2013, que solicitava intervenção do órgão gestor para os problemas de segurança hídrica desta área.
AIE 2	Contas-Gavião + Contas-Pedras	Trecho médio do Rio das Contas, por apresentar Ottobacias de ISH geral mínimo.

AIE 3	Contas-Gongoji	Trecho médio do Rio das Contas, após a UHE Pedras e tem como referência a cidade de Jequié.
-------	----------------	---

Fonte: O autor (2020)

### 6.3 Ações Estratégicas Planejadas e Potenciais - AEPPs

Sobre as ações estratégicas e planejadas, observou-se que:

1. O [PNSH](#) sugere o aprofundamento de estudos de implantação de uma barragem no rio Sincorá, visando garantir o suprimento hídrico das demandas de usos múltiplos dos municípios localizados nas sub-bacias dos rios Ourives, Sincorá e Contas, no município de Contendas do Sincorá-Ba. Contudo, de acordo com o plano de bacia: “O Rio Sincorá se encontra totalmente colapsado, cuja demanda de irrigação corresponde a 80% da demanda total, coexistindo com captações para abastecimento urbano”;

2. Nas intervenções planejadas do PERH (BAHIA, 2005), consta que seu horizonte de implantação é até o ano de 2020. Até então, de acordo com o Inventário de Barragens do estado da Bahia (INEMA, 2017), das obras de aproveitamento hídrico superficial somente o reservatório de Cristalândia na UPGRH Alto Contas foi implementado em 2009;

3. No plano de bacia, o fomento a inserção da água de reuso foi mencionada somente no escopo da melhoria da eficiência dos usos dos recursos hídricos pelas indústrias.

No **Quadro 15** pode-se observar a síntese das AEPPs para bacia hidrográfica do rio das Contas

Quadro 15 - Ações Estratégicas Planejadas e Potenciais (AEPPs) para garantia da Segurança Hídrica da Bacia do Contas

BACIA DO CONTAS			
TIPO DE AEPPS	FONTE	FOCO	AÇÕES/PROGRAMAS/MEDIDAS
PLANEJADAS	PNSH (Horizonte de Implantação 2035)	Aproveitamento Hídrico Superficial	<b>Estudos do Barramento</b> previsto no Rio Sincorá, visando garantir o suprimento hídrico das demandas de usos múltiplos dos municípios localizados nas sub-bacias dos rios Ourives, Sincorá e Contas no município de Contendas do Sincorá-Ba – UPGRH Incremental Conta-Pedras;
			<b>Estudos</b> envolvendo o refinamento do balanço hídrico e a proposição de alternativas de intervenções para o <b>Aproveitamento de Recursos Hídricos</b> visando ao aumento da oferta de água e suprimento dos déficits identificados no trecho médio da bacia do Rio das Contas (UTA 7-BA);
	Plano Estadual de Recursos Hídricos (Horizonte de Implantação 2020)	Aproveitamento Hídrico Superficial	<b>Construção de 14 Reservatórios</b> (Barragens e Adutores): Rio das Contas (Cristalândia; Piatã; João Vaz; Iguatemi; Campinas); Rio Gavião (Brejo da Gameleira); Riacho Fundo (São Timoteo); Riacho Imbé (Imbé); Rio Brumado (Jiló); Rch. Cachoeirinha (Itanagé); Rio S. Domingos (Faz. Palmito); Rio do Paiol (São João); Rch. São Domingos (Faz. Tanque); Rio Seco (Rio Seco);
			<b>Perfuração</b> de 618 Poços tubulares;
		Fontes Alternativas	<b>Transposição:</b> 0,2 m³/s desde a barragem de São Timóteo até a bacia do reservatório do Paulo; 2,0 m³/s desde o reservatório de Iguatemi até a região do Médio Brumado e 0,2 m³/s desde a barragem de Cristalândia até a cidade de Brumado;
	Plano de Bacia (Programas Ambientais Planejados) (Horizonte de Implantação 2035)	Fortalecimento do Sistema de Gestão de Recursos Hídricos	<b>Capacitação</b> continuada de <b>Membros do Comitê;</b>
			<b>Estímulo à Participação de Atores Sociais Estratégicos</b> no gerenciamento de recursos hídricos da BHRC;
			<b>Programa</b> de Comunicação Social e de <b>Educação Ambiental;</b>
		Implantação e Aperfeiçoamento dos Instrumentos de Gestão	<b>Ampliação da Rede Hidrometeorológica e de Qualidade</b> da água;
			<b>Estudos sobre os Aquíferos Regionais;</b>
			<b>Fiscalização e Atualização Das Outorgas</b> de águas superficiais e subterrâneas;
			<b>Operacionalizar e Monitorar a Partilha de Água Negociada</b> nas UPGRHS: Alto Contas, Incremental Contas-Gavião, Incremental Contas-Pedra;
			Participar da discussão da <b>Implementação da Cobrança</b> no estado da Bahia; “A arrecadação estimada na BHRC foi de R\$ 6 milhões/ano com valores de uso de 2017, usando o mecanismo do Estado de Sergipe e R\$ 13,3 milhões/ano, usando o mecanismo estudado nas bacias do Recôncavo Norte e Inhambupe, e Paraguaçu”
			<b>Medida Emergencial de Controle dos Lançamentos de Poluentes</b> e de depósitos de atividades minerárias;
			<b>Estabelecimento do Pacto das Águas do Contas</b> , o qual prevê a definição de regiões estratégicas para agrupamento das UPGRHS de acordo com problemas e ações semelhantes
	Compatibilização das Disponibilidades e Demanda Qualiquantitativa	<b>Aumento da Disponibilidade Hídrica Superficial:</b> Estudo e Projeto de Obras Hidráulicas para UPGRH Alto Contas, Brumado e Paulo, Antônio, Gavião, Contas-Gavião, Contas-Pedra);	
		<b>Aumento da Eficiência dos Usos das Águas</b> (irrigação; abastecimento público; indústria e mineração);	
		<b>Perfuração de Poços</b> em regiões de carência hídrica;	
		<b>Efetivação do Enquadramento</b> dos corpos de água superficiais da BHRC: Apoio à Elaboração dos Planos Municipais de Saneamento Básico;	
		<b>Controle da Poluição Hídrica Pontual;</b>	
<b>Plano de preparação para a seca</b> para as UPGRHS Alto Contas, Incremental Contas-Gavião, Incremental Contas-Gongoji, Incremental Contas-Pedra, Rio Brumado e Rio do Paulo, Rio do Antônio, Rio do Gavião;			
Conservação e proteção dos Recursos Hídricos	<b>Utilização de Tecnologias para Aumento da Resiliência à seca no Setor Rural</b> para as UPGRHS Alto Contas, Incremental Contas-Gavião, Incremental Contas-Gongoji, Incremental Contas-Pedra, Rio Brumado e Rio do Paulo, Rio do Antônio, Rio do Gavião e Rio Gongoji);		
	<b>Estabelecimento de Áreas Prioritárias para:</b> Proteção de APP's e de Áreas de Interesse para os Recursos Hídricos/Recuperação de Áreas Degradadas e Controle de Áreas Suscetíveis à Erosão;		
	<b>Pagamento por Serviços Ambientais (PSA);</b>		
	<b>Capacitação continuada de Produtores Rurais</b> em boas práticas agrícolas de conservação de água e solo: Reduzir o aporte de sedimentos aos corpos hídricos e promover a infiltração de água e conseqüente controle do escoamento superficial nas UPGRHS Alto Contas, Brumado e Paulo, Gavião, Contas-Gavião, Contas-Pedra, Contas-Gongoji, Gongoji e Baixo Contas;		
		<b>Controle de Macrófitas Aquáticas:</b> estudo do reservatório Funil e das UPGRHS Contas-Gongoji, Gongoji e Baixo Contas;	
POTENCIAIS	LITERATURA	Aumento da Oferta Hídrica Subterrânea	<b>Recarga Artificial de Aquíferos</b>

		Conservação de Água e Controle da Poluição	<b>Soluções Baseadas na Natureza – SBN's – Aumento da Disponibilidade e Melhoria da Qualidade;</b>
		Fontes Alternativas/Reuso	<b>Aproveitamento de Águas Pluviais e Reservatórios Temporários e/ou Privados;</b>
			<b>Sistema de Água de Reuso (loop fechado) urbano;</b>
			<b>Utilização de água de drenagem na unidade rural;</b>
			<b>Reuso da água urbana na produção agrícola;</b>
		Realocação Hídrica	<b>Direcionamento de água para plantações de maior valor ou limitando evapotranspiração reduzindo as áreas irrigadas;</b>
		Redução de Perdas/Operacional	<b>Melhoria da performance de componentes dos sistemas de água;</b>
			<b>Inspeção completa e auditoria;</b>
			<b>Reabilitação e manutenção de infraestruturas;</b>
			<b>Monitoramento;</b>
		Proteção contra Desastres Naturais/Ambientais e Alterações Climáticas	<b>Controle de vazamentos;</b>
			<b>Implantação de Infraestrutura verde ou cinza necessária a proteção contra eventos hidroclimáticos extremos;</b>
			<b>Sistemas de alerta precoce;</b>
			<b>Plano de Ações Emergenciais;</b>
Redução do Consumo	<b>Fiscalização de estruturas de Barragens de Rejeito de Minério</b>		
	<b>Racionamento compulsório;</b>		

Fonte: O autor (2020)

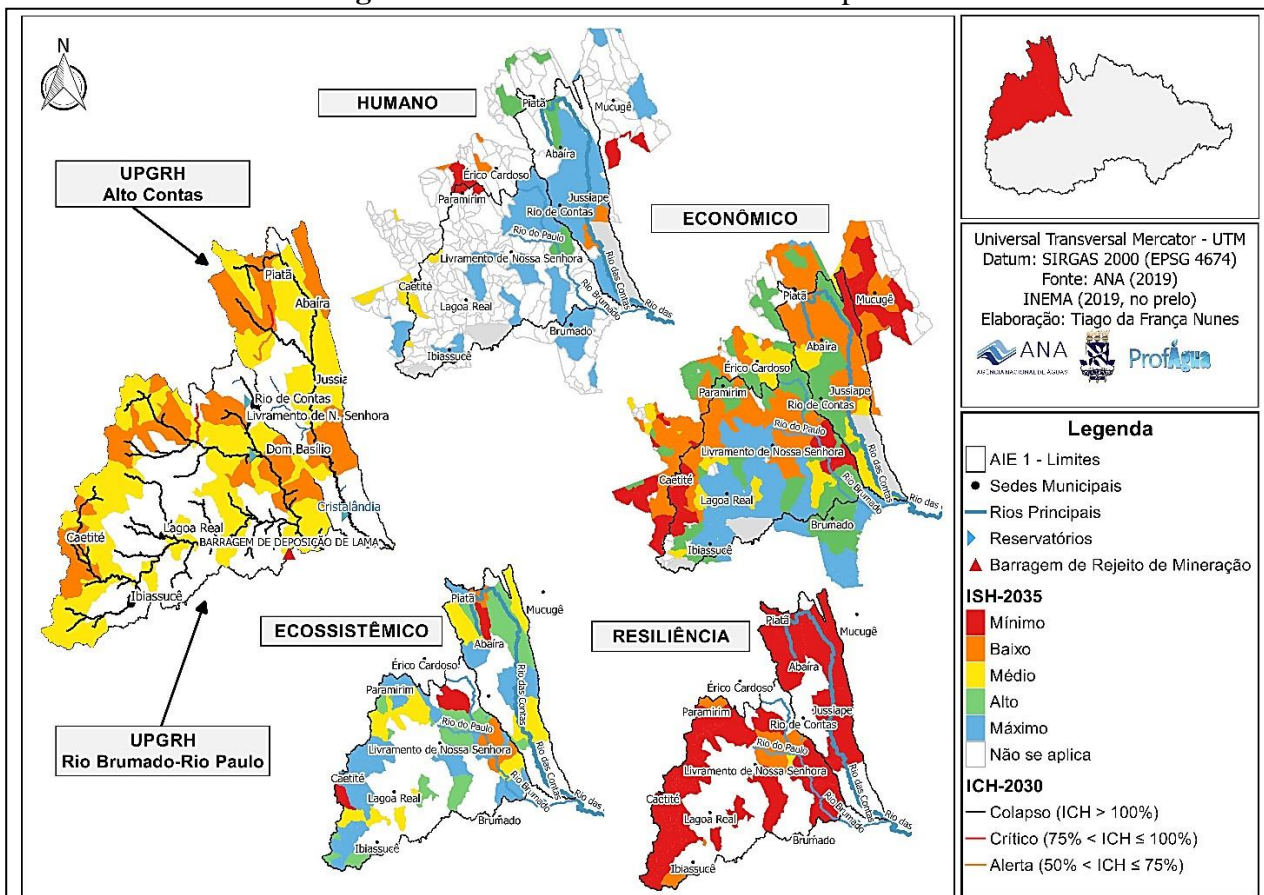


## 6.4 Diagnóstico de Segurança Hídrica – Análise de Indicadores

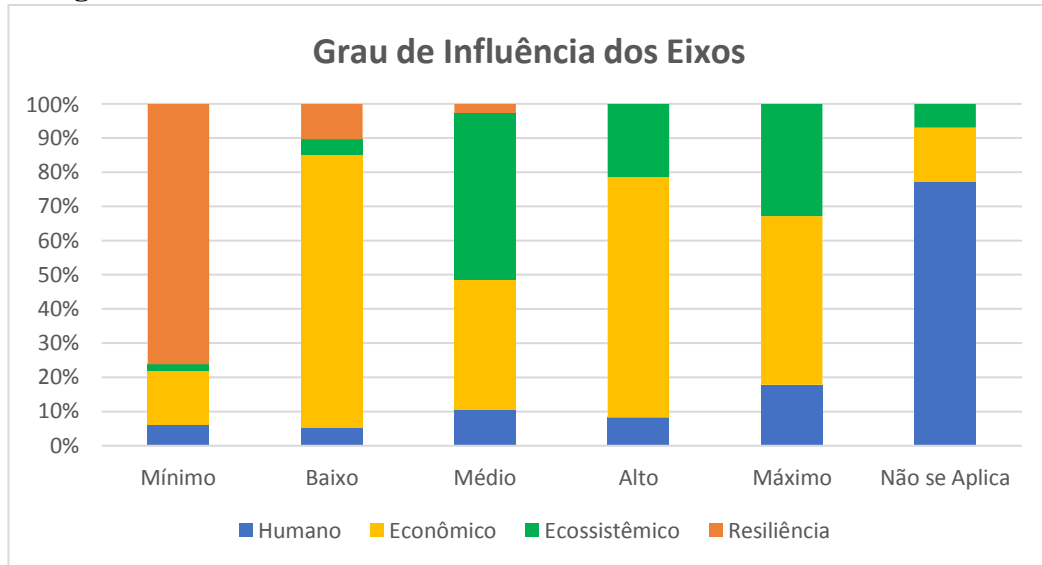
O diagnóstico foi feito com base nas relações causa-efeito definidas no mapa conceitual Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta (Vide Apêndice I - **Figura 28 – Quadro 19**). Este foi desenvolvido com base nos indicadores de segurança hídrica e nas informações constantes na caracterização da área de estudo.

A AIE1 corresponde ao trecho alto da bacia do Contas e inclui duas **UPGRHs**: Alto Contas e Rio Brumado e Rio do Paulo. O resultado de ambas as projeções indica severo stress hídrico e baixa segurança hídrica principalmente nas Ottobacias localizadas na calha principal do Rio das Contas, Rio Brumado e Rio do Paulo, conforme pode ser observado na **Figura 22**.

**Figura 22 - Área Crítica de Interesse Especial 1**



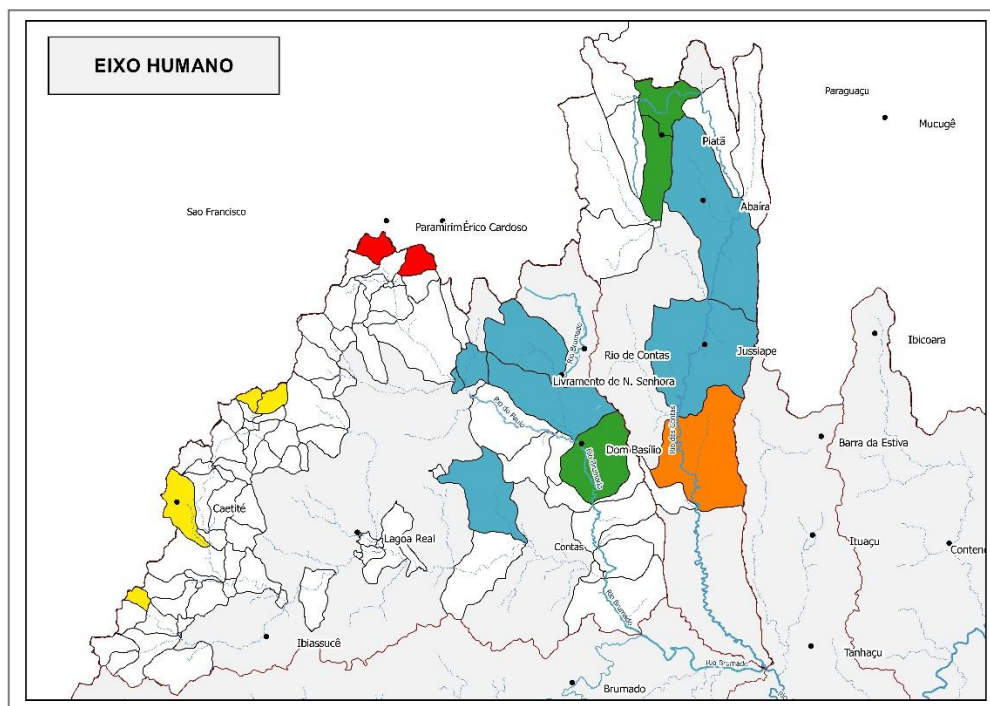
Complementarmente, tomando a delimitação das Ottobacias estudadas da AIE 1, pôde-se observar de modo gráfico (**Figura 23**) quais eixos estão influenciando negativamente no valor do índice de segurança hídrica final da área crítica em questão. Observa-se que o intervalo da escala considerado crítico (mínimo, baixo e médio) é dominado principalmente pelos eixos resiliência e econômico. Desse modo, sob esta perspectiva, conclui-se que tais eixos requerem ações prioritárias.

**Figura 23** - Grau de influência dos eixos no ISH das áreas críticas da AIE 1

### ISH HUMANO

Observa-se que o eixo humano é pouco representativo, o número de ottobacias críticas, isto é, aquelas que apresentam ISH médio, baixo ou mínimo, somam apenas 7,2% do total. Muito embora, valha ressaltar que um número grande de Ottobacias não tenham sido incluídas no cálculo, correspondendo aquelas em branco na **Figura 24**. Elas são estimadas em 80,7% das 166 Ottobacias analisadas e representam a falta de dados ou o fato do ISH ter sido calculado nos setores urbanos e não rurais.

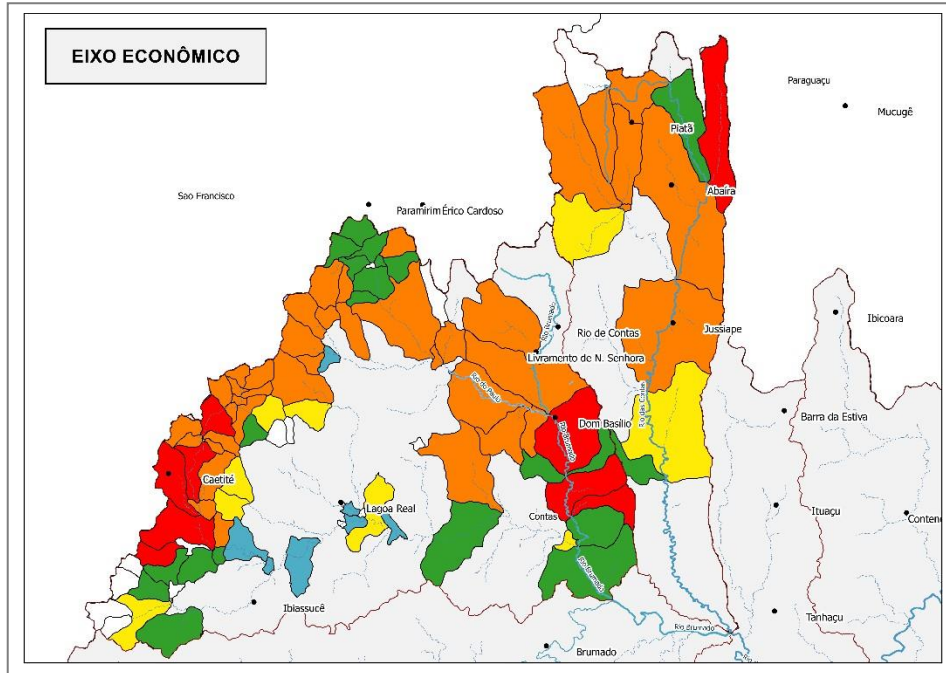


**Figura 24** -Eixo Humano da área crítica da AIE 1

Em uma perspectiva macro, analisando os indicadores referente aos 13 municípios (*Piatã/Brumado/Abaíra/Jussiapé/Dom Basílio/Rio de Contas/Mucugê/Caetité/Livramento de Nossa Senhora/Lagoa Real/Ibiassucê/Érico Cardoso/Paramirim*) que compõe não somente a área mais crítica da AIE1, mas toda ela, constata-se que o ISH humano apresenta grau “Alto” e média de 95,2% no índice de cobertura de abastecimento de água da zona urbana, o que são considerados bons indicadores. Todavia, observa-se que 41.928 mil habitantes estarão em situação de risco até 2035, moradores principalmente dos municípios de Paramirim, Caetité, Dom Basílio, Érico Cardoso e Piatã. Portanto, medidas de gerenciamento devem ser implementadas considerando a garantia de água para população em risco de desabastecimento.

### ISH ECONÔMICO

O Eixo econômico (**Figura 25**) contém 57,8% de Ottobacias na faixa crítica e quando avaliado de forma comparativa com os outros eixos, está entre os eixos mais prioritários. Ademais, a análise dos indicadores expressa que o número de Ottobacias em branco somam 13,9%.

**Figura 25 - Eixo Econômico da área crítica da AIE 1**

Se considerarmos os dados a nível municipal, com os 13 municípios supramencionados, os indicadores do eixo econômico revelam que a irrigação será o setor que terá o maior valor de produção em risco (1.814.000 milhão/ano) por conta de desabastecimento, principalmente no município de Mucugê.

A análise do mapa conceitual aponta que o setor agrícola é a Força Motriz (FM) que não somente impulsiona a principal pressão (alta demanda da irrigação), mas também sofre com os impactos que se acumulam nos ecossistemas da bacia (retroalimentação negativa), exercendo forte influência na segurança hídrica local.

O mapa conceitual FPEIR aponta que o principal link de causa-efeito na AIE 1 é a alta Pressão (P) do setor de irrigação sobre a disponibilidade hídrica local (E) e o consequente impacto sobre a segurança hídrica humana, dos setores econômicos locais. Isto pode ser corroborado através dos dados compilados no **Quadro 8**, que lista as pressões ambientais da bacia e nota-se que ambas as UPGRH's já exibem sinais de colapso dos reservatórios, conflito entre usos e até mesmo entre municípios, por conta da superexploração dos recursos hídricos pela irrigação. Desse modo, o **Quadro 16**, resume a situação da área em questão, trazendo os principais municípios em que as ações prioritárias em controle da demanda devem ser exercidas de modo extensivo.

**Quadro 16 - Quadro resumo do diagnóstico de segurança hídrica para os eixos humano e econômico**

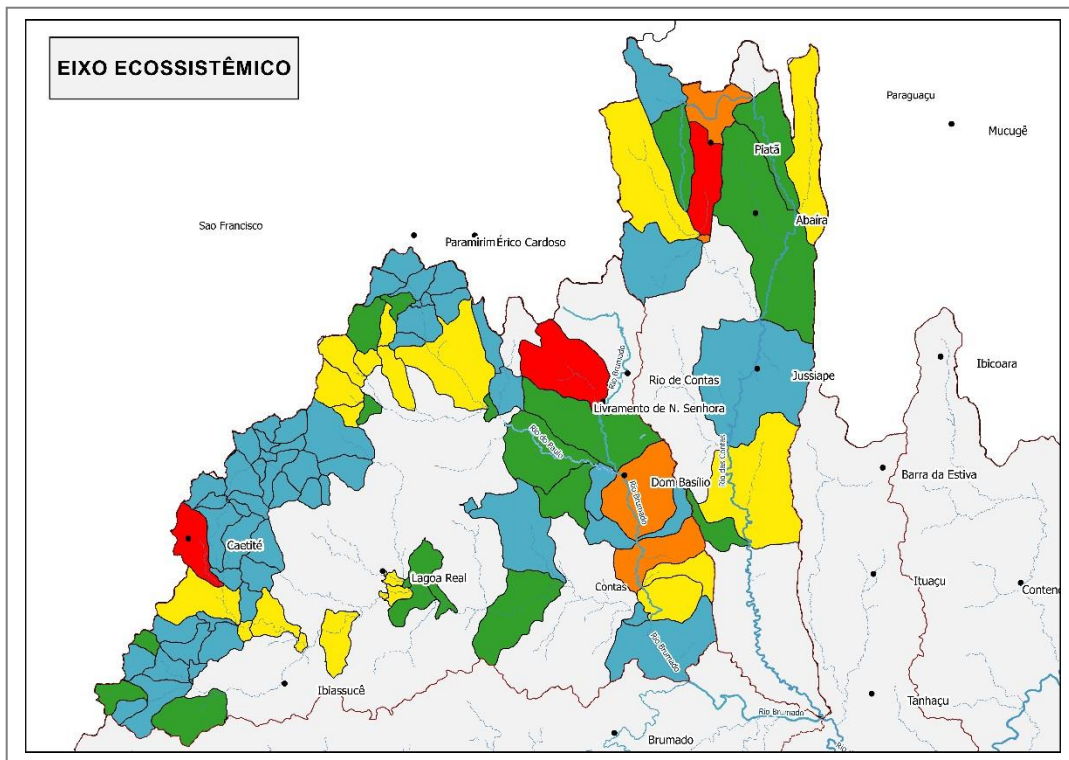
EIXO	Municípios mais Críticos	Principais Pressões identificadas	Análise de Indicadores de Segurança Hídrica	Ações Prioritárias
------	--------------------------	-----------------------------------	---	--------------------

Humano	Caetité, Érico Cardoso, Piatã, Dom Basílio	Alta demanda de irrigação	41.928 habitantes em risco de desabastecimento hídrico;	Ações Prioritárias Emergenciais em Gestão da Demanda
Econômico	Mucugê, Livramento de Nossa senhora, Dom Basílio	Alta demanda de irrigação	Irrigação será o setor que terá o maior valor de produção em risco (1.814.000 milhão/ano) por conta de desabastecimento.	

### ISH ECOSSISTÊMICO

O eixo ecossistêmico (**Figura 26**) apresentou 28,3% das Ottobacias na faixa crítica e 18,1% em branco (sem dados). Dentre os 3 indicadores: avaliados (quantidade/qualidade de água para usos naturais e Barragens de Rejeito de Mineração), os indicadores de quantidade e qualidade de água para usos naturais apresentaram valores médios classificados como de grau “Alto”, com o indicador de qualidade sendo o mais bem avaliado.

**Figura 26** - Eixo Ecossistêmico da área crítica da AIE 1



Se levarmos em consideração que a AIE 1 está localizada no trecho alto da bacia, onde há existência de espaços protegidos por conta da nascente do rio das contas, entende-se que estes espaços protegidos podem influenciar positivamente sobre os indicadores de quantidade e qualidade da água local, uma vez que, existe uma relação estreita entre a cobertura de vegetação nativa e as condições

hídricas locais, conforme cita (REIS, 2004; BOSSIO et al., 2010; TUNDISI & TUNDISI, 2010; HARRISSON et. al., 2016; MAGALHÃES E BARBOSA JUNIOR, 2019).

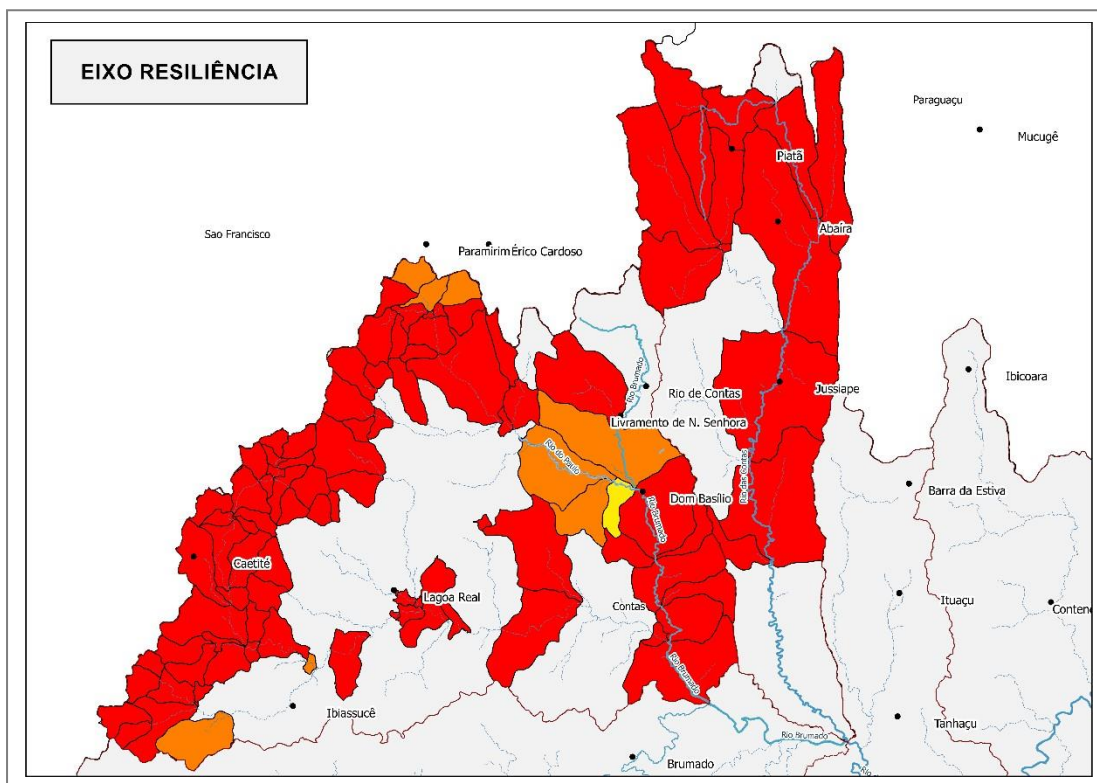
No entanto, conforme análise do mapa conceitual (vide apêndice) e a caracterização da área de estudo, observa-se que pressões como: a alta carga de efluentes agrícolas, retirada da mata ciliar para agricultura e degradação do ambiente das nascentes, tem afetado a área de estudo. Isso indica que há vetores antropogênicos que devem ser controlados com o objetivo de melhorar ou manter os indicadores do eixo ecossistêmico. Além disso, tais pressões, quando avaliadas sob a perspectiva das relações de causa e efeito no mapa conceitual, geram uma cadeia de impactos que retroalimentam negativamente todo o sistema.

Quanto ao indicador de potencial de poluição por eventual acidente das Barragens de Rejeito de Mineração, identificou-se a presença de uma barragem de deposição de lama, no município de Brumado, com as seguintes características: **Dano Potencial=Baixo; Risco Estrutural=Não se Aplica**, da empresa Xilolite S/A e responsabilidade da Agência Nacional de Mineração-ANM. Contudo, é possível que por sua localização, a Ottobacia de jusante que sofreria maior impacto relativo a um potencial rompimento, não está localizada na AIE1 e, portanto, não há influência desse indicador no eixo ecossistêmico da área.

### **ISH RESILIÊNCIA**

O eixo resiliência (**Figura 27**) é comparativamente o eixo mais prioritário, por conta de 100% de suas Ottobacias estarem dentro da faixa considerada crítica. Analisando os fatores de causa-efeito e suas influências no mapa conceitual da AIE1 (vide apêndice I - **Figura 28 – Quadro 19**), observa-se, como esperado, que a seca exerce forte influência sobre as forças motrizes da bacia e sobre o estado quantitativo e qualitativo hídrico, contribuindo para o agravamento da insegurança hídrica na área.

**Figura 27 - Eixo Resiliência da área crítica da AIE 1**



A análise dos 4 indicadores que compõe o eixo de resiliência (Reservação Natural, Reservação Artificial, Potencial de Armazenamento Subterrâneo, Variabilidade pluviométrica), reflete o estado das características naturais e artificiais que conferem capacidade de recuperação hídrica local, frente a seca cíclica do Contas.

Neste contexto, o indicador de **potencial de armazenamento subterrâneo** apresentou maior déficit. Segundo Suassuna (2007) o semiárido apresenta baixas reservas hídricas. Geologicamente, a região é formada por 70% de embasamento cristalino, de solos rasos e com a água sendo armazenada de forma descontínua em aquíferos fissurais.

Sequencialmente, o indicador de alta **variabilidade pluviométrica** obteve também “Grau de Segurança Mínimo”. Para Bezerra (2002), Suassuna (2007) e Marengo (2010), diversas variáveis envolvem o complexo sistema hidroclimático do semiárido: Baixas precipitações (inferiores a 800mm anuais) mal distribuídas no tempo, elevadas horas de exposição solar (3.000 horas de sol por ano) e índices acentuados de evapotranspiração: em média, cerca de 2.000 mm/ano.

Outro indicador mal avaliado foi a **reservação natural**, classificada como “Baixa”, Este indicador reflete a razão entre a Q95 e a QMLT e é associado diretamente ao armazenamento natural de água nas bacias hidrográficas. De modo indireto, representa as garantias da vazão de base por recarga de águas subterrâneas de uma dada região (ANA, 2019d).

Finalmente, a análise do indicador de **reservação artificial** exhibe majoritariamente que os usuários de recursos hídricos localizados nas Ottobacias críticas da AIE 1, possuem uma capacidade

“Mínima” de captação de reserva artificial em um raio de 50km, conforme ANA (2019d). Se analisarmos esse indicador segundo a metodologia de cálculo do ISH, seu valor médio é menor que a média dos indicadores da condição natural e conforme metodologia, isso pode ser traduzido como se o volume potencial fornecido pelos reservatórios nestas Ottobacias não contribuíssem para a segurança hídrica local.

A AIE1 está em um ambiente de transição entre sistemas climáticos e parte da área de estudo está inserida no semiárido. Conforme relata Marengo (2010) e Lucena (2018), no semiárido, os desafios esbarram principalmente em garantir acesso a água segura, suficiente e em baixo custo para as necessidades básicas de milhões de habitantes e suprir água para atividades econômicas em um ambiente que é assolado por secas cíclicas e que possui baixas reservas hídricas.

A expansão das atividades agropastoris e dos perímetros irrigados, somados ao adensamento populacional e desmatamento resultaram nos impactos negativos sobre as características hídricas e do solo da região, conforme é relatado na deliberação do comitê de bacia do contos (CBHRC, 2013). De acordo com Suassuna (2007) e De Nys et al. (2016), tais pressões sobre o sistema hídricoambiental do semiárido implicam no aumento da vulnerabilidade à seca.

Desse modo, o **Quadro 17**, resume a situação da AIE 1, trazendo os tipos de ações prioritárias mais adequadas aos problemas locais encontrados para os eixos ecossistêmicos e resiliência.

**Quadro 17** - Quadro resumo do diagnóstico de segurança hídrica para os eixos ecossistêmico e resiliência

EIXO	Principais Pressões identificadas	Análise de Indicadores de Segurança Hídrica	Ações Prioritárias
Ecossistêmico	Retirada de mata ciliar, degradação do ambiente das nascentes	Indicadores de quantidade e qualidade de água para usos naturais apresentaram valores médios classificados como de grau “Alto e não foi detectado Barragens de Rejeito de Mineração com impactos diretos nas Ottobacias da AIE 1.	Ações Prioritárias para Uso sustentável
Resiliência	Seca	Passivo hídrico por conta da baixa capacidade de captação de volume potencial de reservatórios e não apresenta características hídricas naturais que ajudem a conviver com a seca.	Ações Prioritárias na Gestão da Oferta e Construção de Resiliência

Dessa forma, considerando os 41.928 habitantes que estarão em risco de desabastecimento e o prejuízo econômico estimado para os setores econômicos dos 13 municípios inseridos na AIE 1 nos próximos 15 anos, principalmente para irrigação, é possível generalizar que a área de estudo não



apresenta elementos, sejam eles naturais ou artificiais para resistir aos efeitos da seca e lidar com crises hídricas atuais e futuras, principalmente nas áreas mais vulneráveis da AIE1.

#### 6.4.1.1 Ações Prioritárias para Segurança Hídrica

O diagnóstico forneceu subsídio necessário a identificação de oportunidades para mitigar as vulnerabilidades da segurança hídrica da [AIE 1](#). O Plano Nacional de Segurança Hídrica (2019a) traz que para reverter um quadro de insegurança, deve-se atuar mediante a implantação de infraestrutura hídrica, o aperfeiçoamento dos aspectos da gestão de recursos hídricos (planejamento, monitoramento, controle do uso água e dos sistemas hídricos da bacia) e operar com a gestão de riscos, que envolve o conhecimento da vulnerabilidade local.

Considerando os 4 eixos conceituais da segurança hídrica e a necessidade de se elaborar ações que priorizem os problemas locais identificados. Desse modo, com base no **Quadro de Ações Planejadas e Potenciais** para a bacia do Contas e com base no resultado do diagnóstico, tem-se que a AIE 1 requer medidas que ataquem os seguintes problemas:

#### **EIXO HUMANO E ECONÔMICO: Ações Prioritárias Emergenciais em Gestão da Demanda**

Prioritariamente, pelo fato de se constatar uma crise hídrica instalada na AIE 1, recomenda-se o estabelecimento de critérios e normas para regulamentação, prevenção ou mitigação dos danos que a alta demanda de irrigação exerce sobre a [AIE 1](#). Faz-se necessário o desenvolvimento de um **Plano Emergencial de Controle da Quantidade dos Recursos Hídricos** para regulação imediata do uso, permitindo a atuação do estado no controle e restrição da demanda.

Esta ação está relacionada a ação planejada no PBH (**Operacionalizar e Monitorar a Partilha de Água Negociada**). Sugere-se que o plano emergencial inclua critérios de criticidade associados diretamente com a vazão de referência dos rios e com os níveis de reservatórios para orientação do consumo. Os níveis de criticidade devem:

- 1- Definir critérios para escassez;
- 2- Definir critérios para o estado de atenção e alerta;
- 3- Definir critério de restrição do uso, estabelecendo a alocação negociada. Tal medida já foi adotada no estado de Minas Gerais para orientar a racionalização do uso em situações críticas (*Deliberação Normativa n° 49 de 2015*).
- 4- Definir ações de fiscalização e controle
- 5- Definir ações de incentivo a redução de demanda
- 6-

#### **EIXO ECOSSISTÊMICO: Ações Prioritárias para Uso sustentável**

Outro ponto importante identificado nas relações de causa e efeito do mapa conceitual é a cadeia de impactos do eixo ecossistêmico, eles retroalimentam negativamente todo o sistema. Logo, três outras ações terão impactos positivos na AIE: estabelecimento de mecanismo econômico para racionalização do consumo (cobrança pelo uso da água bruta); estabelecimento de mecanismo econômico de incentivo (Pagamento por Serviços Ambientais), associado com ações de conservação na unidade rural (Soluções Baseadas na Natureza), sendo que as duas primeiras já são planejadas para a bacia.

Conforme Kocangul et al, (2018) e Sonneveld et al, (2018), as [SBNs](#) de gestão sobre a precipitação, umidade, armazenamento, infiltração e transporte de água, afetam o ciclo da água em termos de distribuição no espaço, tempo e quantidade disponível para as atividades humanas. Inclui-se aí: a proteção das zonas úmidas naturais, melhoria na umidade do solo e recarga mais eficiente das águas subterrâneas, enquanto as SBNs com foco na qualidade da água, contribuem para o acesso a água segura em comunidades rurais, com grande efeito sobre captura, retenção de poluentes e ciclagem de nutrientes através da melhoria dos serviços ecossistêmicos relativos ao solo.

Neste contexto, pode-se exemplificar: o programa Produtor de Água da ANA ([SBNs](#) + [PSA](#)), voltado à implementação de práticas conservacionistas de solo e água na cadeia produtiva do agricultor, incentivando à adequação ambiental das propriedades rurais e as da bacias do PCJ (Cobrança + SBNs +PSA), onde parte do valor arrecadado pela cobrança pode ser usado para incentivar o uso de infraestrutura verde nas unidades rurais por meio do PSA (ATANAZIO et al., 2019).

Outra ação prioritária que pode vir a ser mais eficiente, seria utilizar o programa de PSA financiado pelos próprios usuários da bacia através do mapeamento de usuários-chave que se beneficiam dos serviços hídricos a jusante como sugerido em Pagiola (2010). Embora já ocorra esforços institucionais com o intuito de integrar as comunidades rurais ao turismo de Itacaré – UPGRH Baixo Contas, buscando transformar os agricultores locais em conservacionistas, é necessário que se conecte os impactos sofridos na foz do rio das contas com os atores a montante.

O turismo e comércio em Itacaré se beneficiam da qualidade dos serviços ambientais e ecossistêmicos a montante. Conclui-se então que os esforços atuais devam incluir os agricultores do trecho alto do rio das contas. Tal abordagem, sugere a utilização do potencial turístico de Itacaré como uma fonte de contribuição substancial para a proteção e a restauração dos serviços hídricos ao longo da bacia, através do financiamento do programa PSA nos trechos mais altos.

Com base nisso, faz-se necessário priorizar a ação planejada: “**Estabelecimento de Áreas Prioritárias para: Proteção de APP’s e de Áreas de Interesse para os Recursos Hídricos/Recuperação de Áreas Degradadas e Controle de Áreas Susceptíveis à Erosão (INEMA, 2019, no prelo)**”, semelhante ao sugerido em (XIE et al., 2014) que considera sua importância



ecológica para a provisão de serviços ecossistêmicos essenciais e como sugerido em (HARRISSON et al., 2016), que avaliou as ameaças e o potencial de fornecimento de água doce de áreas protegidas ou não para usuários a jusantes. Essa abordagem ajudaria a criar buffers ao redor dessas áreas onde os produtores rurais e outros usuários que ali residem poderiam ser beneficiados por esses investimentos do PSA.

De acordo com (EEA, 2006), diferentemente de outras atividades econômicas, a agricultura faz parte de um ecossistema ao invés de ser “externa” a ele. Logo, acredita-se que essa abordagem atuaria de forma preventiva, uma vez que o ISH ecossistêmico da AIE1 indica Ottobacias predominantemente de grau alto e máximo, à medida que reeduca o agricultor (principal usuário consuntivo). Tal ação prioritária estimularia o uso racional e sustentável dos recursos hídricos, por meio de práticas de conservação de água e solo que beneficiam a bacia como um todo.

### **EIXO RESILIÊNCIA: Ações Prioritárias na Gestão da Oferta e Construção de Resiliência**

Com base no resultado do mapa conceitual, o eixo de resiliência é afetado diretamente pelo volume dos reservatórios ou pela presença deles na região, portanto, esses dois fatores aumentam o potencial de captação de um usuário e melhora os índices de segurança hídrica local.

A longo prazo, sugere-se a adoção de medidas redundantes direcionadas a manter o abastecimento local e tornar o sistema a prova de falhas, isto é, manter o abastecimento de água ininterrupto. Este patamar de resiliência só poderia ser alcançado quando houver volume potencial suficiente por unidade de área na AIE.

Levando em conta as pressões na [AIE](#), a ação da seca e o passivo hídrico, **prioritariamente** deve-se avaliar a necessidade de construção da infraestrutura básica e reduzir a dependência dos sistemas hídricos unicamente no aporte de chuvas, especialmente se considerarmos que parte da bacia está inserida no polígono das secas e sofre ação intensa dos fatores climáticos (BAHIA, 2005; INEMA, 2019, no prelo), além dos efeitos da evaporação líquida dos reservatórios (ANA, 2019b).

Nesse contexto, deve-se priorizar a inclusão de fontes alternativas como água de reuso potável indireto, processo em que a água é tratada até um certo nível de qualidade e utilizado para aumento da disponibilidade hídrica superficial ao ser lançada nos rios, utilizada como recarga artificial de aquíferos ou diretamente nos reservatórios. Esta abordagem municipal envolve as áreas de saneamento (tratamento de águas residuárias) e instalação de plantas de tratamento adicionais para regeneração da qualidade da água.

Em menor escala, pode ser adotado o reuso nas unidades rurais ou industriais. Se por um lado estas ações estruturais a nível municipal são custosas, por outro lado são custo-efetiva, frente o baixo nível de resiliência da [AIE](#) e por atuar em mais de um eixo conceitual da segurança hídrica.

- **Humano e econômico:** além de aumentar a disponibilidade local, a depender no nível de qualidade da água, pode servir a diversos fins para a população e setores econômicos, inclusive para uso potável.
- **Ecossistêmico:** atua também sobre este eixo através do processo de diluição, uma vez que o volume adicional de retorno, a depender da qualidade da água, atua como depurador, melhorando a qualidade dos recursos hídricos locais.

Portanto, observa-se que tais ações vão ao encontro do que foi levantado pela FAO (2012), de uma abordagem no gerenciamento de recursos hídricos mais circular e menos linear, para levar em conta a reciclagem de água e considerar o controle da poluição como um elemento importante das estratégias de gerenciamento do abastecimento de água.

As ações prioritárias propostas para a Áreas de Interesse Especial selecionada se baseia principalmente no baixo grau de segurança hídrica nos eixos econômico e resiliência. As projeções evidenciam principalmente uma potencial limitação da expansão de setores econômicos nos anos por vir, tanto da própria agricultura quanto para indústrias que é outro usuário consuntivo importante, além da existência de um passivo de infraestrutura hídrica.

Em suma, a situação da área crítica estudada é complexa, por envolver escassez hídrica física, econômica e pressões ambientais (demanda) em níveis que comprometem o uso sustentável dos recursos hídricos na região. Portanto, a mitigação deste cenário requer uma série de ações coordenadas para se atingir um patamar de resiliência mínimo para proteção da população e dos setores econômicos contra os efeitos da seca.

Pelo caráter multidimensional da segurança hídrica, esta deve ser tratada de forma integrada e coordenada nos campos de: expansão da infraestrutura hídrica para usos múltiplos, redução da dependência dos sistemas hídricos no aporte de chuvas, indução de mecanismos de racionalização da demanda e melhoria da capacidade institucional através da aplicação extensiva dos instrumentos bases de gerenciamento dos recursos hídricos.

As ações propostas podem ser utilizadas para direcionar estudos, atualizar os planos de recursos hídricos, subsidiar projetos e obras e balizar a aplicação de investimentos na bacia.

## **6.5 Diagnóstico de Segurança Hídrica – Análise Participativa**

O processo consistiu na estruturação, delimitação do problema e definição de ações prioritárias de modo participativo. O resultado dessa fase é uma representação simplificada da realidade de interesse, que favoreceu o processo de modelagem conceitual da AIE 1 – [UPGRH](#) Alto Contas e Rio Brumado - Rio do Paulo.

Dentre os atores envolvidos estavam usuários, sociedade civil e representantes do poder público, vide: agricultores familiares irrigantes da região, a Chapa Sul - uma associação de agricultores da sociedade civil organizada, representantes do INEMA, moradores e membros da academia - Universidade Federal da Bahia.

No tocante ao diagnóstico da segurança hídrica local, esperava-se um debate e proposição de ações que beneficiassem os 4 eixos conceituais. Contudo, a presença majoritária dos fruticultores da região redirecionou os rumos da discussão à segurança hídrica das atividades econômicas. Os agricultores expuseram preocupações com o futuro de sua produção, ressaltando a importância que agricultura familiar tem na economia da bacia e como os impactos sobre os recursos hídricos têm sido sentido na produção local.

Outro ponto importante, foi observado que a percepção sobre segurança hídrica, embora se apresente de forma mais orgânica e conectada com os impactos ambientais experienciados pelos usuários locais, esta é geralmente associada apenas a garantia de água para população, isto é, o que preconiza apenas o eixo humano, na definição geral do termo.

Desse modo, o diagnóstico de segurança hídrica levantou todos os pontos necessários a modelagem conceitual FPEIR. As seguintes pontuações relacionadas aos recursos hídricos e as condições ambientais da bacia foram observadas:

- (a) defasagem no cadastro de usuários;
- (b) diminuição na disponibilidade hídrica, bem como uma diminuição na qualidade da água causada por lançamento de efluentes domésticos e agrícolas;
- (c) captação não regulamentada de água superficial e subterrânea para irrigação que poderia reduzir a disponibilidade de água superficial para usuários a jusante e levar a depleção dos recursos hídricos subterrâneos, respectivamente;
- (d) desmatamento e as más práticas agrícolas que podem alterar o comportamento hidrológico da bacia hidrográfica, resultando na alteração da vazão dos rios, maiores vazões de pico, trechos de rios assoreados e impactos sobre algumas nascentes da bacia;
- (e) redução da biodiversidade;
- (f) intensificação dos efeitos da seca.

Alguns impactos secundários (econômicos) como perda de produção e da capacidade expansão/exportação, outorgas negadas e possíveis conflitos entre os agricultores também foram mencionados. Além disso, os próprios agricultores relataram o feedback negativo, exemplificando que os impactos secundários vivenciados impactavam o próprio setor agrícola.

Com base nas relações de causa e efeito identificadas junto ao comitê da BHRC, derivou-se o mapa conceitual da **Figura 29 e o Quadro 20** (vide apêndice II).

### 6.5.1.1 Ações Prioritárias para Segurança Hídrica

As ações prioritárias levantadas durante a reunião tiveram grande conexão com o setor agrícola. Das sete ações sugeridas durante a discussão: três são orientadas a Implantação e Aperfeiçoamento da Aplicação dos Instrumentos de Gestão; duas direcionadas a aumento da disponibilidade hídrica; uma orientada para controle de poluição.

A sétima ação, relacionada a realocação hídrica, sugeria a criação de programas de incentivo a plantações de menor demanda hídrica e impor limitações aquelas de maior consumo. Esta ação, no entanto, não foi bem aceita entre os outros membros da reunião e, portanto, não consta no **Quadro 18**.

**Quadro 18** - Ações prioritárias levantadas na reunião do comitê realizado com foco nas UPGRHs: Alto Contas e Rio Brumado e Rio Paulo.

Orientada à	Ações Prioritárias	OBSERVAÇÕES
Demanda/Não-Estrutural Implantação e Aperfeiçoamento dos Instrumentos de Gestão	<b>Atualização do cadastro de usuário de águas superficiais.</b>	Este se encontra defasado e não reflete o real uso da água superficial na região.
	<b>Regularização dos usuários de águas subterrâneas.</b>	Sugere-se a regularização dos poços existentes para controle dos recursos hídricos subterrâneos
	<b>Instituição de Outorgas Coletivas.</b>	Foi sugerido a solicitação de uma outorga coletiva como solução para o problema de defasagem no cadastro dos usuários.
Oferta/ Estruturais Redução da Variabilidade Hidrológica Anual	<b>Instalação de Reservatórios artificiais de usos múltiplos.</b>	Acredita-se que a construção de reservatórios de usos múltiplos é uma ação prioritária para região e teria consequências benéficas para todos os usuários.
	<b>Instalação de Poços artesianos que beneficiem mais de um agricultor.</b>	Há uma massiva utilização de poços na região e foi relatado que isso teria sido a saída utilizada por muitos agricultores para a redução dos níveis de água superficial/outorga negada (principalmente na UPGRH RIO BRUMADO e RIO DO PAULO)
Oferta/Não-Estruturais/Conservação e Controle de Poluição	<b>Fiscalização e Controle no uso de agroquímicos e fertilizantes na região.</b>	A poluição dos corpos d'água está aparente e uns agricultores culpam os outros por más práticas agrícolas e uso indiscriminado de agroquímicos e fertilizantes.

Fonte: O autor (2020)

Apesar do arcabouço legal hídrico garantir a discussão participativa, com a publicação da lei das águas (BRASIL, 1997), o mesmo não garante a sua aplicação, daí a necessidade de se buscar modelos de gestão que empoderem os comitês, enquanto organismos de deliberação, nas busca por alternativas de ações para mitigar os problemas de segurança hídrica locais. Desse modo, este procedimento atua principalmente nas deficiências e lacunas identificadas na estrutura dos comitês que ainda apresentam dificuldades operacionais e de exercício da governança participativa, conforme cita Fadul *et al* (2017) e OCDE (2015).

Os agricultores sugeriram a perfuração de poços para benefício da agricultura familiar local. No entanto, de acordo com o balanço hídrico subterrâneo atual (INEMA, 2019, no prelo), há uma superexploração da água subterrânea na UPGRH Brumado-Paulo, indicando inclusive uma situação

de colapso. Logo estas medidas demandam um planejamento e avaliação mais aprofundadas, apesar de ser reconhecido sua importância no processo de construção de resiliência fora da rede de abastecimento público.

Analisando as ações prioritárias obtidas por meio da análise de indicadores e as ações prioritárias levantadas junto ao comitê, percebe-se que ambas são complementares. Neste sentido, a ferramenta de suporte a decisão FPEIR auxiliou na formalização do entendimento dos processos atuais e da dinâmica do sistema da bacia em ambos os diagnósticos, conforme cita (EPA, 2015). Apesar das vantagens da aplicação da ferramenta de suporte a decisão, que envolvem um método simples e direcionador, o fator subjetividade ficou muito evidente no diagnóstico participativo.

Ao observar o quadro de ações resultantes, é possível observar que embora alguma das ações prioritárias beneficiem indiretamente a todos os usuários, estas majoritariamente estão direcionadas a segurança hídrica dos fruticultores da região, isto é, a segurança hídrica econômica. Neste contexto, observa-se que tais resultados vão de encontro a estrutura do próprio procedimento metodológico que visa ações prioritárias para cada eixo conceitual.

O autor da pesquisa coletou as informações necessárias a construção do mapa conceitual, sem, no entanto, conduzir ou direcionar a reunião. Assim, deriva-se que a condução da reunião durante a aplicação da ferramenta, constitui um elemento importante no controle da subjetividade e pode servir de contrapeso ao grupo dominante, evitando o fator de tendência.

Embora os resultados da etapa participativa expressem uma tendência, isto não é necessariamente um quesito negativo, observando que a composição dos membros da reunião é em grande parte composta por fruticultores locais e estes defendem a segurança hídrica do setor agrícola. Desse modo, observa-se que o diagnóstico deva ser feita com base em uma série de reuniões até que seja gerado dados suficientes para balizar a proposição de medidas prioritárias com foco nas 4 dimensões da segurança hídrica.

Neste contexto, a etapa final do procedimento contribui com o discurso sobre a segurança hídrica e seu processo de apropriação e agendamento no Comitê. Desse modo, salienta-se que, o planejamento participativo praticado dessa forma pode aumentar a qualidade do processo de tomada de decisão e a interlocução com o INEMA e a ANA em termos de segurança hídrica da bacia.

## 7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Buscou-se com o trabalho desenvolvido, o empoderamento dos comitês de bacia, ao possibilitar que este, enquanto primeira instância administrativa e estando diretamente ligado aos problemas locais, esteja munido de ferramentas de tomada a decisão simples e de embasamento técnico-científico sólido.

Desse modo, o procedimento metodológico promove o fortalecimento do SINGREH/SEGREH, uma vez que: fortalece e estrutura o processo de tomada de decisão e empoderamento do comitê de bacia através da proposição ascendente de medidas; favorece o engajamento das partes interessadas no processo de proposição participativa das ações; fomenta a gestão participativa, preconizada na PNRH e utiliza instrumentos de planejamento consolidados: PNSH e plano de bacia

Sob esta perspectiva, o procedimento:

- Permitiu identificar áreas críticas que requerem ações imediatas;
- Facilitou realizar a síntese do amplo espectro de ações estratégicas disponíveis para o gestor hídrico, prestando assim suporte aos tomadores de decisão;
- Permitiu a geração de dois mapas conceituais das principais relações de causa-efeito da área de estudo sob duas perspectivas, dos indicadores de segurança hídrica e sob a ótica dos usuários e membros do comitê de bacia, que podem ser utilizados em futuros planejamentos na bacia.

No entanto, o procedimento apresenta algumas desvantagens que devem servir como pontos de atenção durante sua aplicação. Primeiro, o nível de priorização que se pode conseguir com as ferramentas sugeridas. Isto fica mais claro, quando se observa que a modelagem conceitual FPEIR, apesar de oferecer um sistema simples e estruturado de geração de dados, não permite um maior aprofundamento nas análises. Outro fator importante, é a necessária realização de múltiplas reuniões/audiências públicas para se obter um resultado satisfatório na etapa do diagnóstico participativo. O procedimento, neste quesito, ficou limitado a aplicação do método em apenas uma reunião devido aos efeitos da pandemia do vírus COVID-19.

Assim, observou-se ainda que:

- Há limitações na base de dados secundárias utilizada, principalmente nos dados do índice de segurança hídrica que não incorpora as áreas rurais na composição dos indicadores do eixo humano, além do método de geração do índice final (média aritmética) superestimar o grau de segurança hídrica final da área de estudo.

- O procedimento metodológico incorpora simplificações da realidade e possui limitações impostas pelos próprios dados coletados que não incluem tratamento estatísticos ou não tiveram publicação oficial;
- Por envolver mais de um instrumento de planejamento com diferenças metodológicas, apresenta entraves em certas comparações.

Algumas recomendações a nível de bacia incluem: o fortalecimento/implantação dos instrumentos básicos de gerenciamento de recursos hídricos, pois estes são essenciais para o planejamento e gestão adequados e por ser a base que permite o controle dos aspectos relacionados aos recursos hídricos, sua prioridade é determinante para se alcançar segurança hídrica. Os próprios agricultores reconhecem isso como algo prioritário, ao mesmo tempo que evidencia uma situação crítica institucional na área estudada.

Outra recomendação, neste caso a nível de usuário, abrange formas de construção de resiliência fora da rede e que já são comumente adotadas no semiárido, a exemplo de perfuração de poços (embora deva ser observado o nível de superexploração na área estudada), cisternas, reservatórios privados, “carros pipas” e em alguns casos sistemas particulares de água de reuso. Tais medidas atuam na redução da dependência do usuário em um único sistema hídrico e, também, no sistema de abastecimento hídrico público.

Recomenda-se também a criação de uma Câmara Técnica para estudos e aprofundamento sobre o tema segurança hídrica e para balizar a proposição de ações prioritárias em outras áreas críticas da Bacia. Para tal, sugere-se a utilização dos produtos deste projeto: Atlas de Segurança Hídrica, guia prático para definição de ações prioritárias, bem como o próprio documento da defesa que destaca ações para aumento da segurança hídrica no Alto Contas.

Trabalhos futuros devem incluir: a utilização de outras ferramentas de priorização das ações avaliando-se o teor de subjetividade nos resultados, melhoramento dos aspectos de alinhamento entre os dados do PNSH com os dados do plano de bacia, refinamento dos limites da Ottobacias e tratamento estatístico para avaliação do percentual médio de Ottobacias críticas (ISH Mínimo, Baixo e Médio).

## 8 REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA (Brasil). Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos Volume 2 – O Comitê de Bacia Hidrográfica: Prática e Procedimento. Brasília – DF, 2011.
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA (Brasil). Definição de trechos críticos em corpos d'água para subsidiar as ações de gestão de recursos hídricos na ANA. Nota Técnica Conjunta nº 002/2012/SPR/SRE –ANA. Brasília, 2012.
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA (Brasil). Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos Volume 5 – Plano de Recursos Hídricos e Enquadramento dos Corpos de Água. Ministério do Meio Ambiente. Brasília – DF.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Atlas Irrigação: Uso da água na agricultura irrigada. Brasília: ANA, 2017. 86 p. il. ISBN 978-85-8210-051-6.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Relatório de Segurança de Barragens 2018. Brasília: ANA, 2018.
- \_\_\_\_\_. Plano Nacional de Segurança Hídrica. Brasília: ANA, 2019a.
- \_\_\_\_\_. Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil. Brasília: ANA, 2019b. 75 p.
- \_\_\_\_\_. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: 2019. Brasília: ANA, 2019c, 110p.
- \_\_\_\_\_. Manual Metodológico: Índice de Segurança Hídrica – ISH. Brasília: ANA, 2019d.
- \_\_\_\_\_. Índice de Segurança Hídrica. Disponível em <<https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>>. Acesso em: 15 jan. 2020. 2019e
- ARAÚJO, JC de. Recursos hídricos em regiões semiáridas. **Recursos hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido**, p. 30-43, 2012.
- ATANAZIO, Renato et al. **Pagamento por serviços ambientais como política pública de segurança hídrica e desenvolvimento regional: análise de estratégias de comitês de bacias hidrográficas**. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- BAHIA, SRH. Plano Estadual de Recursos Hídricos. **Diagnóstico, Secretaria do Meio Ambiente**, v. 1, 2005.
- BAHIA. LEI Nº 11.612, DE 8 DE OUTUBRO DE 2009. Política Estadual de Recursos Hídricos, Out 2009. Disponível em: <<https://governo-ba.jusbrasil.com.br/legislacao/820104/lei-11612-09>>. Acesso em: 15 jun 2019.
- BASTIAN, Olaf; LÜTZ, Michael. Landscape functions as indicators for the development of local agri-environmental measures. **Ecological Indicators**, v. 6, n. 1, p. 215-227, 2006.
- BENINI, Lorenzo et al. Assessment of land use changes through an indicator-based approach: A case study from the Lamone river basin in Northern Italy. **Ecological Indicators**, v. 10, n. 1, p. 4-14, 2010.
- BEZERRA, NIZOMAR FALCÃO. Água no Semiárido Nordeste Experiências e Desafios. **Água e Desenvolvimento Sustentável no Semiárido**, p. 35-52, 2002.
- BOORI, Mukesh Singh; VOŠENÁLEK, Vit. Socio-hydrological vulnerability: A new science through remote sensing and GIS. **Global Journal of Research In Engineering**, 2014.
- BORGES, Sérgio. O desastre da barragem de rejeitos em Mariana, Minas Gerais: aspectos socioambientais e de gestão na exploração de recursos minerais. **Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía**, v. 27, n. 2, p. 301-312, 2018.
- BOSSIO, Deborah; GEHEB, Kim; CRITCHLEY, William. Managing water by managing land: Addressing land degradation to improve water productivity and rural livelihoods. **Agricultural Water Management**, v. 97, n. 4, p. 536-542, 2010.
- BRASIL. LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos, Jan 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm)>. Acesso em: 25 Mar 2019.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005 (publicada no DOU em 09/03/2006).



BRASIL. DECRETO Nº 11.245, DE 17 DE OUTUBRO DE 2008. Cria o comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Contas, Out 2008. Disponível em: <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/uploads/2011/09/Decreto\\_11.245\\_cria\\_CBH\\_Contas.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/uploads/2011/09/Decreto_11.245_cria_CBH_Contas.pdf)>. Acesso em: 03 Mar 2020.

BRASIL. Lei nº 12.787, de 11 de janeiro de 2013. Política nacional de irrigação. Planalto. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2013/Lei/L12787.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12787.htm)> . Acesso em: 15 Mar. 2020.

BRASIL. DECRETO Nº 9.203, DE 22 DE NOVEMBRO DE 2017. Política de Governança da Administração Pública Federal, Direta, Autárquica e Fundacional, Nov 2017. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/decreto/D9203.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/D9203.htm)>. Acesso em: 25 Mar 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento –SNIS: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto - 2018. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: 28 Ago. 2020.

CAMPOS, Nilson; SOUSA, Raimundo Oliveira de. Planos de bacias hidrográficas. **Campos, N. e Studart. T. Org. Gestão das águas. Princípios e Práticas. ABRH. Rio Grande do Sul, Brasil, 2001.**

CBHRC. COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS CONTAS. 2013. Deliberação CBHRC nº08/2013 de 22 de março de 2013. Deliberações – Contas. INEMA. Disponível em: <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/2013\\_Deliberacao\\_n\\_08\\_de\\_22\\_de\\_marco\\_de\\_2013\\_-\\_Solicitao\\_de\\_Fiscalizacao.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/2013_Deliberacao_n_08_de_22_de_marco_de_2013_-_Solicitao_de_Fiscalizacao.pdf)>. Acesso em: 21 de jun 2019.

CBHRC. COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS CONTAS. Deliberação CBHRC nº64/2019 de 12 de Novembro de 2019. Deliberações – Contas. INEMA. 2019a.

CBHRC. COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS CONTAS. Deliberação CBHRC nº65/2019 de 12 de Novembro de 2019. Deliberações – Contas. INEMA. 2019b

DE MELO, Marília Carvalho. A APLICAÇÃO DE INSTRUMENTO DE REGULARIZAÇÃO E FISCALIZAÇÃO EM SITUAÇÕES DE ESCASSEZ HÍDRICA—O CASO DA BACIA DO RIO DAS VELHAS. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - UFRJ. Rio de Janeiro, p. 525. 2016

DE NYS, E.; ENGLE, N. L.; MAGALHÃES, A. R. Secas no Brasil: Política e Gestão Proativas; Centro de Gestão e Estudos Estratégicos-CGEE: Brasília, Brazil, 2016.

DE PAULA, Francisco CF et al. Emissões naturais e antrópicas de metais e nutrientes para a bacia inferior do Rio de Contas, Bahia. **Química Nova**, v. 33, n. 1, p. 70-75, 2010.

DOS REIS FILHO, Nelson Rodrigues. **AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA HÍDRICA DE BACIAS URBANAS E PERIURBANAS: UM ESTUDO DE CASO DA REGIÃO DE GUARATIBA-CIDADE DO RIO DE JANEIRO.** 2018. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. Environmental indicators: Typology and overview. Technical Report No. 25, European Environment Agency, Copenhagen. 1999

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Integration of Environment Into EU Agriculture Policy: The IRENA Indicator-based Assessment Report.** European Environment Agency, 2006.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. Using the DPSIR Framework to Develop a Conceptual Model: Technical Support Document. United States Environmental Protection Agency. 2015. Disponível em: <[https://cfpub.epa.gov/si/si\\_public\\_record\\_report.cfm?Lab=NHEERL&dirEntryId=311236](https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?Lab=NHEERL&dirEntryId=311236)>. Acesso em: 14 Jun 2019.

FADUL, E.; VITORIA, F. T.; CERQUEIRA, L. S. A GOVERNANÇA PARTICIPATIVA NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL: UMA ANÁLISE DA REALIDADE DO ESTADO DA BAHIA. **SINERGIA - Revista do Instituto de Ciências Econômicas, Administrativas e Contábeis, [S. l.]**, v. 21, n. 1, p. 79–90, 2017. DOI: 10.17648/sinergia-2236-7608-v21n1-6653. Disponível em: <https://www.rbhcs.com/sinergia/article/view/6653>. Acesso em: 8 fev. 2021

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Coping with water scarcity: An action framework for agriculture and food security.** Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2012.

FAYSSE, Nicolas et al. Participatory analysis for adaptation to climate change in Mediterranean agricultural systems: possible choices in process design. **Regional Environmental Change**, v. 14, n. 1, p. 57-70, 2014.

- FIELD, Christopher B. (Ed.). **Climate change 2014–Impacts, adaptation and vulnerability: Regional aspects**. Cambridge University Press, 2014.
- GIUPPONI, Carlo; VLADIMIROVA, Irena. Ag-PIE: A GIS-based screening model for assessing agricultural pressures and impacts on water quality on a European scale. **Science of the Total Environment**, v. 359, n. 1-3, p. 57-75, 2006.
- GIUPPONI, Carlo. Decision support systems for implementing the European water framework directive: the MULINO approach. **Environmental Modelling & Software**, v. 22, n. 2, p. 248-258, 2007.
- GIUPPONI, Carlo et al. NETSYMOD-an integrated approach for water resources management. In: **Integrated Water Management**. Springer, Dordrecht, 2008. p. 69-93.
- GJORUP, Ana Feital et al. Análise de procedimentos para seleção de áreas prioritárias em programas de pagamento por serviços ambientais hídricos. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 1, p. 225-238, 2016.
- GREEN, Pamela A. et al. Freshwater ecosystem services supporting humans: Pivoting from water crisis to water solutions. **Global Environmental Change**, v. 34, p. 108-118, 2015.
- GREY, David; SADOFF, Claudia W. Sink or swim? Water security for growth and development. **Water policy**, v. 9, n. 6, p. 545-571, 2007.
- GLOBAL WATER PARTNERSHIP. A handbook for integrated water resources management in basins. 2009.
- HAINES-YOUNG, Roy; POTSCHEIN, Marion B. Common international classification of ecosystem services (CICES) V5. 1 and guidance on the application of the revised structure. **European Environment Agency**, v. 53, 2018.
- HARRISON, Ian J. et al. Protected areas and freshwater provisioning: a global assessment of freshwater provision, threats and management strategies to support human water security. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 26, p. 103-120, 2016.
- HEAD, Brian W. Managing urban water crises: adaptive policy responses to drought and flood in Southeast Queensland, Australia. **Ecology and Society**, v. 19, n. 2, 2014.
- HOEKSTRA, Arjen Y.; BUURMAN, Joost; VAN GINKEL, Kees CH. Urban water security: A review. **Environmental research letters**, v. 13, n. 5, p. 053002, 2018.
- INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS - INEMA (Bahia). Inventário das Barragens do Estado da Bahia. 2017
- INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS - INEMA (Bahia). Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Contas. 2019. No prelo.
- \_\_\_\_\_. Limites da Região de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos – RPGA do Contas. 2019a.
- JÚNIOR, Clécio Barbosa Souza et al. Sinais de um problema crônico: a governança hídrica carece promover os comitês de bacias, coordenar planos e gerir informações. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 12, n. 6, p. 1054-1067, 2017.
- KARAMOUZ, Mohammad; SZIDAROVSKY, Ferenc; ZAHRAIE, Banafsheh. **Water resources systems analysis**. CRC Press, 2003.
- KOCANGUL, E. et al. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2018. **Soluções baseadas na natureza para gestão das águas [internet]**. Itália: Unesco, 2018.
- LARSEN, Tove A. et al. Emerging solutions to the water challenges of an urbanizing world. **Science**, v. 352, n. 6288, p. 928-933, 2016.
- LUCENA, Clara Yasmim De Souza et al. O reuso de águas residuais como meio de convivência com a seca no semiárido do Nordeste Brasileiro. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 4, p. 1-17, 2018.
- LUIJTEN, J. C. et al. A role for GIS-based simulation for empowering local stakeholders in water resources negotiations in developing countries: case studies for two rural hillside watersheds in Honduras and Colombia. **Water Policy**, v. 5, n. 3, p. 213-236, 2003.
- MAGALHÃES, Ronaldo José Ferreira; BARBOSA JÚNIOR, Antenor Rodrigues. O valor do serviço de proteção de mananciais. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, n. 5, p. 1049-1060, 2019.

- MARENGO, Jose A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. **Parcerias estratégicas**, v. 13, n. 27, p. 149-176, 2010.
- MARENGO, José A. et al. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 2, p. 1973-1985, 2018.
- MINAS GERAIS. Deliberação Normativa CERH-MG n° 49 de 25 de março de 2015. Estabelece diretriz e critérios gerais para a definição de situação crítica de escassez hídrica e estado de restrição de uso de recursos hídricos superficiais nas porções hidrográficas no Estado de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=37775>>. Acesso em: 13 jun. 2020.
- MILANI, Carlos. O princípio da participação social na gestão de políticas públicas locais: uma análise de experiências latino-americanas e europeias. **RAP**, Rio de Janeiro 42(3):551-79, maio/jun. 2008.
- MYSIAK, Jaroslav; GIUPPONI, Carlo; ROSATO, Paolo. Towards the development of a decision support system for water resource management. **Environmental Modelling & Software**, v. 20, n. 2, p. 203-214, 2005.
- NOVAK, Joseph D.; CAÑAS, Alberto J. The theory underlying concept maps and how to construct and use them. 2008.
- NUNES, Tiago et al. Desafios contínuos em segurança hídrica: um estudo de caso do sudeste de Queensland-Austrália. Proceedings of the XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Foz do Iguaçu, Brazil, 2019. disponível em: <<http://anais.abrh.org.br/works/6068?>>. Acesso em: 17 Abr 2020.
- OCDE. OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews: A Synthesis Report by the Group on the State of the Environment. 1993.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION et al. **OECD Environmental Indicators 2001: Towards Sustainable Development**. Organisation for Economic Co-operation and Development, 2001.OCDE,
- OECD. **Governança dos recursos hídricos no Brasil**. Organisation for Economic Co-operation and Development, 2015.
- PAGIOLA, Stefano; ZHANG, Wei; COLOM, Ale. Can payments for watershed services help finance biodiversity conservation? A spatial analysis of highland Guatemala. **Journal of Natural Resources Policy Research**, v. 2, n. 1, p. 7-24, 2010.
- PERALTA, Carlos E. O pagamento por serviços ambientais como instrumento para orientar a sustentabilidade ambiental: a experiência da Costa Rica. **Direito e mudanças climáticas: pagamento por serviços ambientais: experiências locais e latino-americanas**. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2014. PLANO, A. B. C. Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura. **MDA, Brasília-DF**, 2012.
- PEREIRA, Luís Flávio; DE BARROS CRUZ, Gabriela; GUIMARÃES, Ricardo Morato Fiúza. Impactos do rompimento da barragem de rejeitos de Brumadinho, Brasil: uma análise baseada nas mudanças de cobertura da terra. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 4, n. 2, p. 122-129, 2019.
- PORTO, Monica FA; PORTO, Rubem La Laina. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008. QGIS.org (2016). QGIS Geographic Information System. Las Palmas. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.org>
- REIS, L. V. S. Cobertura vegetal e custo do tratamento de águas em Bacias Hidrográficas de abastecimento público: caso do manancial do município de Piracicaba. **Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo**, 2004. ROSA, Larissa Alves da Silva. Segurança hídrica: um olhar sobre a Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Brasília
- ROSA, Lorenzo et al. Global agricultural economic water scarcity. **Science Advances**, v. 6, n. 18, p. eaaz6031, 2020.
- RUANGPAN, Laddaporn et al. Nature-based solutions for hydro-meteorological risk reduction: a state-of-the-art review of the research area. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 20, n. 1, p. 243-270, 2020.
- SCHAER-BARBOSA, Martha; SANTOS, Maria Elisabete Pereira dos; MEDEIROS, Yvonilde Dantas Pinto. Viabilidade do reúso de água como elemento mitigador dos efeitos da seca no semiárido da Bahia. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 2, p. 17-32, 2014.
- SEI - SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA. Divisão Política Administrativa, 2019. Disponível em:

<[https://www.sei.ba.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2617&Itemid=537](https://www.sei.ba.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2617&Itemid=537)>. Acesso em: 17 Abr 2020

SONNEVELD, Ben GJS et al. **Nature-based Solutions for Agricultural Water Management and Food Security**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018.

SONG, Xingqiang; FROSTELL, Björn. The DPSIR framework and a pressure-oriented water quality monitoring approach to ecological river restoration. **Water**, v. 4, n. 3, p. 670-682, 2012.

SUASSUNA, J. Semi-Árido: proposta de convivência com a seca. Fundação Joaquin Nabuco - Desenvolvimento com educação, 2007

TROY, Patrick. **Troubled waters: Confronting the water crisis in Australia's cities**. ANU Press, 2008.

TUNDISI, José Galizia; TUNDISI, Takako Matsumura. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 67-75, 2010.

UNU-INWEH. United Nations University - Institute for Water Environment and Health. Water security the global water agenda. Hamilton. 978-92-808-6038-2, 2017 2013.

VAN BEEK, Eelco; ARRIENS, Wouter Lincklaen. Water Security: Putting the Concept into Practice. Global Water Partnership, 2013.

VANHAM, Davy et al. Physical water scarcity metrics for monitoring progress towards SDG target 6.4: An evaluation of indicator 6.4.2 "Level of water stress". **Science of the total environment**, v. 613, p. 218-232, 2018.

VÖRÖSMARTY, Charles J. et al. Global threats to human water security and river biodiversity. **nature**, v. 467, n. 7315, p. 555-561, 2010.

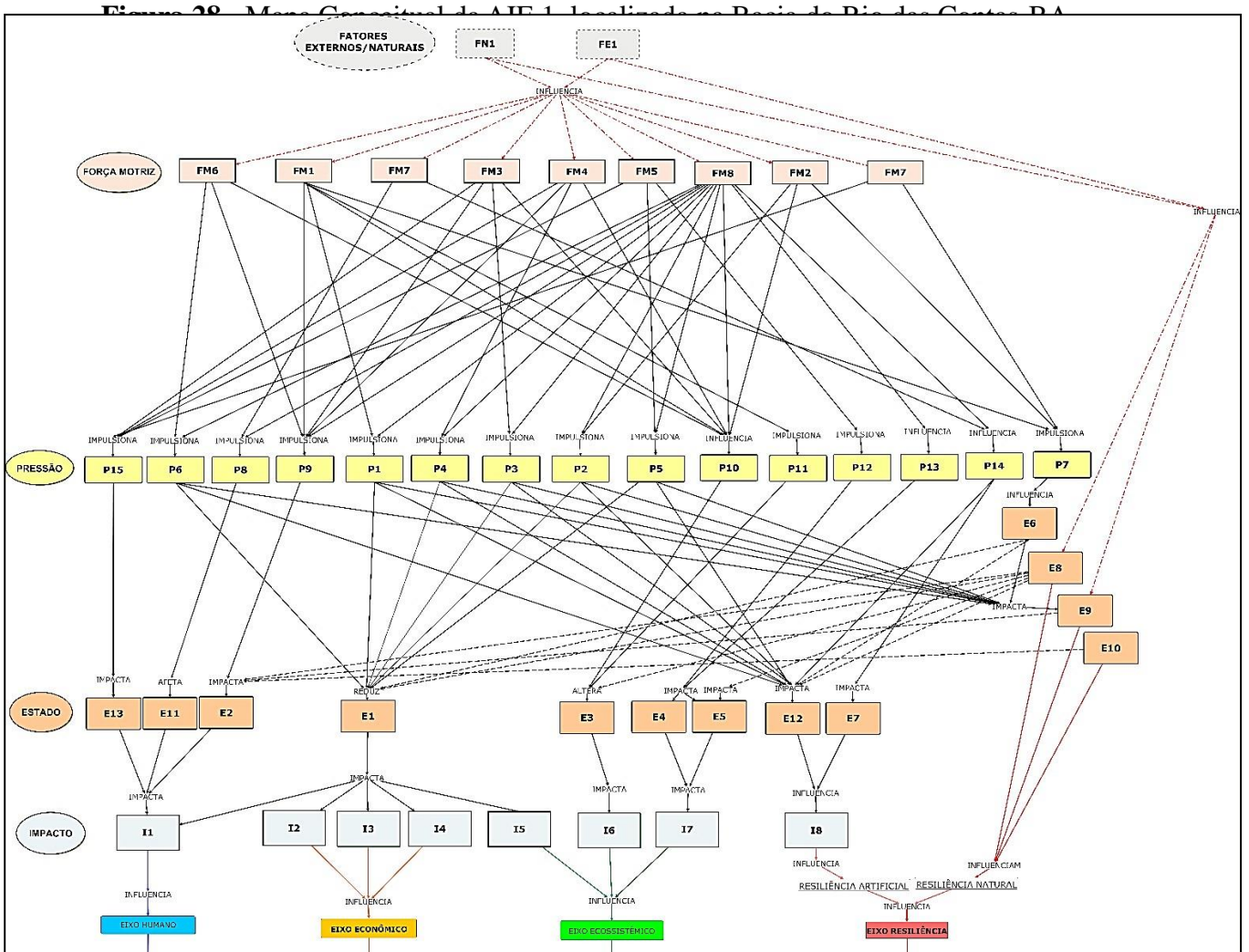
WEBER, E.; HASENACK, H.; FERREIRA, C. J. S. Adaptação do modelo digital de elevação do SRTM para o sistema de referência oficial brasileiro e recorte por unidade da federação. **Porto Alegre, UFRGS Centro de Ecologia**, 2004.

WATER, U. N. Managing water under uncertainty and risk, The United Nations world water development report 4, UN Water Reports, World Water Assessment Programme. **Paris, France**, 2012.

XIE, Hualin; YAO, Guanrong; WANG, Peng. Identifying regional key eco-space to maintain ecological security using GIS. **International journal of environmental research and public health**, v. 11, n. 3, p. 2550-2568, 2014.

9 APÊNDICE I

O mapa conceitual apresentado na **Figura 28 – Quadro 19** é referente a Área Crítica de Interesse Especial (AIE 1), correspondente as UPGRHs Alto Contas e Rio Brumado-Rio do Paulo, utilizado para o diagnóstico de segurança hídrica, por meio do método da análise de indicadores.



Fonte: O autor (2020)

Quadro 19 - Mapa Conceitual da BHRC

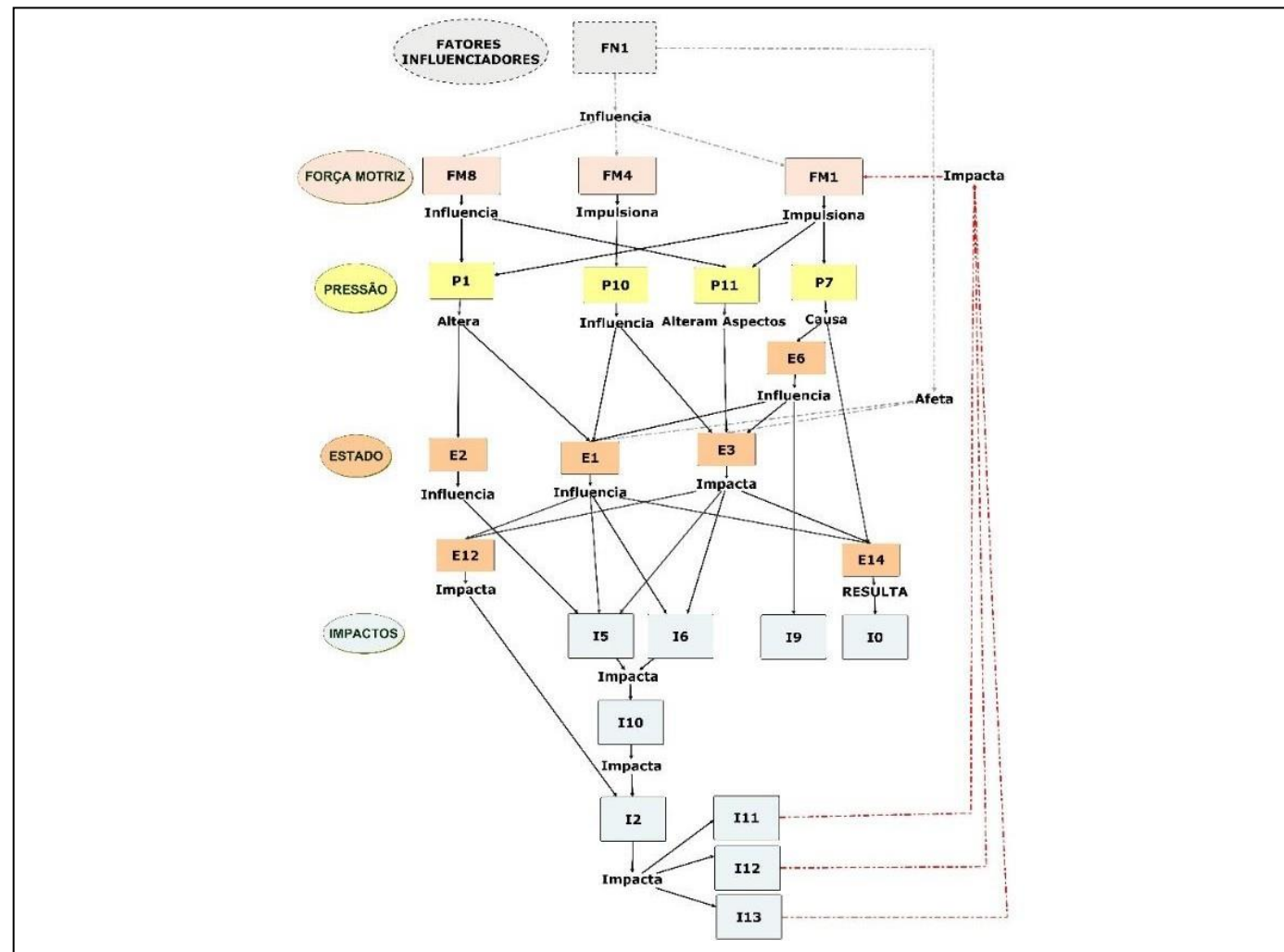
Categoria	Relações Causa-Efeito	Conceito	Frases de Ligação
Fatores Externos/Naturais	-	FN1: Seca; FE2: Alterações Climáticas	Influenciam
Força Motriz	FN1/FE2	FM1: Setor Agrícola	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impulsionam atividades</li> <li>• Geram</li> <li>• Influenciam</li> </ul>
	FN1/FE2	FM2: Setor Pecuário	
	FN1/FE2	FM3: Setor Industrial	
	FN1/FE2	FM4: Setor de Saneamento (Urbano)	
	FN1/FE2	FM5: Setor de Mineração	
	FN1/FE2	FM6: Setor de Saneamento (Rural)	
	FN1/FE2	FM7: Infraestrutura/Construção civil	
Pressão/Atividade	FN1/FE2	FM8: Governança Hídrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afeta</li> <li>• Reduz</li> <li>• Impacta</li> </ul>
	FM1/FM8	P1: Demanda de Irrigação	
	FM2/FM8	P2: Demanda Pecuária	
	FM3/FM8	P3: Demanda Industrial	
	FM4/FM8	P4: Demanda Abastecimento Urbano	
	FM5/FM8	P5: Demanda Mineração	
	FM6/FM8	P6: Demanda Abastecimento Rural	
	FM1/FM2/FM7	P7: Desmatamento	
	FM4/FM8	P8: Manutenção/Expansão da Cobertura da Rede de Abastecimento Urbana	
	FM1/FM3/FM4/FM6/FM8	P9: Demanda Subterrânea	
	FM1/FM2/FM3/FM4/FM6/FM8	P10: Lançamento de Efluentes	
	FM1	P11: Aplicação de Fertilizantes	
	FM5	P12: Construção de Barragens de Rejeito de Minério (BRM)	
	FM8	P13: Inspeção das BRM	
	FM4/FM6/FM8	P14: Construção/ Expansão da Capacidade de Reservatórios de Usos Múltiplos	
FM3/FM4/FM5/FM7	P15: Desenvolvimento Urbano		
Estado	P1/P2/P3/P4/P5/P6/E6/E8	E1: Disponibilidade Hídrica Superficial (Q95)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resultam em</li> <li>• Impactam</li> <li>• Influenciam</li> </ul>
	P9/E8/E9/E10	E2: Disponibilidade Hídrica Subterrânea	
	P10/P11/E8	E3: Concentração de (DBO 5,20) na água do Rio	
	P12/P13	E4: Dano Potencial das Barragens de Rejeito de Minério – BRM	
	P12/P13/E8	E5: Risco Estrutural das BRM	
	P7	E6: Assoreamento do leito do Rio	
	P14	E7: Distância dos Reservatórios aos usuários.	
	FN1/FE2	E8: Variabilidade Pluviométrica	
	FN1/FE2	E9: Reservação Natural da Bacia (Q95/QMLT)	
	P1/P2/P3/P4/P5/P6	E10: Potencial de Armazenamento Subterrâneo (CI)	
	Característica Natural da Bacia	E10: Potencial de Armazenamento Subterrâneo (CI)	
	P8	E11: Cobertura de Rede de Abastecimento Urbana	
	P1/P2/P3/P4/P5/P6/P14/E6/E8	E12: Volume do reservatório ou capacidade de recuperação.	
	P15	E13: Número de habitantes	
Impacto	E1/E2/E11/E13	I1: Crise Hídrica no eixo Humano - População Urbana em Risco de desabastecimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resulta em</li> <li>• Impacta em</li> </ul>
	E1	I2: Crise Hídrica no setor agrícola - Perda de Produção irrigada	
	E1	I3: Crise Hídrica no setor Pecuário- Perda de Produção	
	E1	I4: Crise Hídrica no setor Industrial - Perda de Produção	
	E1	I5: Redução da disponibilidade hídrica para os usos naturais	
	E3	I6: Redução da Qualidade de água dos rios para usos naturais	
	E4/E5	I7: Potencial de dano oferecido por uma BRM na bacia hidrográfica.	
	E1	I8: Redução do Volume Potencial dos Reservatórios de Usos Múltiplos – (RUM)	
(-) Força Motriz	I2/I5/I6/I7/I8	- FM1: Setor Agrícola	-
	I3/I5/I6/I7/I8	- FM2: Setor Pecuário	
	I4/I5/I6/I7/I8	- FM3: Setor Industrial	
	I1/I5/I6/I7/I8	- FM4: Setor de Saneamento (Urbano)	
	I5/I6/I7/I8	- FM5: Setor de Mineração	
	I5/I6/I7/I8	- FM6: Setor de Saneamento (Rural)	
	I1/I2/I3/I4/I5/I6/I7/I8	- FM8: Governança Hídrica	

Fonte: O autor (2020)

10 APÊNDICE II

O mapa conceitual apresentado na **Figura 29 – Quadro20** é referente a mesma área de interesse (AIE 1), porém modelada com base no diagnóstico de segurança hídrica realizado na reunião extraordinária do comitê de bacia do Contas.

**Figura 29** - Mapa conceitual realizado junto ao comitê no processo de proposição participativa das ações prioritárias para AIE1-UPGRH Alto Contas e Rio brumado e Rio do Paulo



Fonte: O autor (2020)

**Quadro 20** - Relações de Causa e Efeito na AIE 1

Categoria	Relações Causa-Efeito	Conceito	Frases de Ligação
Fatores Externos/Naturais	-	FN1: Seca	<ul style="list-style-type: none"> <li>Influencia</li> </ul>
Força Motriz	FN1	FM1: Setor Agrícola/Produção de Alimentos - Agricultura Familiar irrigada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impulsionam atividades</li> <li>Geram</li> <li>Influenciam</li> </ul>
	FN1	FM4: Setor de Saneamento (Urbano)	
	FN1	FM8: Governança Hídrica INEMA/COMITÊ DE BACIA	
Pressão/Atividade	FM1/FM8	P1: Demanda de Irrigação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afeta</li> <li>Reduz</li> <li>Impacta</li> </ul>
	FM1	P7: Desmatamento	
	FM4	P10: Lançamento de Efluentes Doméstico	
	FM1	P11: Aplicação de Fertilizantes e outros agroquímicos	
Estado	FN1 P1/P10/E6	E1: Disponibilidade Hídrica Superficial (Q95)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resultam em</li> <li>Impactam</li> <li>Influenciam</li> </ul>
	P1	E2: Disponibilidade Hídrica Subterrânea	
	FN1 P10/P11/E6	E3: Qualidade de Água do Rio	
	P7	E6: Assoreamento do leito do Rio	
	E1/E3	E12: Nível e qualidade da água dos Reservatórios	
	P7/E1/E3	E14: Redução da vegetação/Animais	
Impacto	E14	I0: "Diminuição da Biodiversidade"	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resulta em</li> <li>Impacta em</li> </ul>
	E12/I10	I2: Crise Hídrica no setor agrícola: Perda de Produção irrigada	
	E1/E2/E3	I5: Redução da disponibilidade hídrica para os usos naturais/"Redução do nível dos Rios"	
	E1/E3	I6: Redução da Qualidade de água dos rios para usos naturais/"Rio Poluído"	
	E6	I9: "Trechos não navegáveis"	
	I5/I6	I10: "Outorga Negada"	
	I2	I11: "Perdas de Oportunidade de Expansão/Exportação"	
	I2	I12: "Perda de Produção"	
	I2	I13: "Possíveis conflitos entre agricultores"	
(-) Força Motriz	I11/I12/I13	- FM1: Setor Agrícola	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impacta</li> </ul>

Fonte: O autor (2020)

## **11 ANEXOS**

- Lista de Presença da reunião extraordinária do comitê de bacia do Rio das Contas realizada no dia 17 de julho de 2019.





**Projeto CAPES/ANA AUXPE nº 2717/2015**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA – UFBA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - PROFÁGUA**

**GUIA PRÁTICO DE  
DEFINIÇÃO DE AÇÕES PRIORITÁRIAS PARA SEGURANÇA HÍDRICA LOCAL.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua da Universidade Federal da Bahia, como requisito para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Área de Concentração: Regulação e Governança de Recursos Hídricos

Linha de Pesquisa: Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Andrea Sousa Fontes

Salvador

2021

## PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Este produto apresenta o procedimento metodológico para definição de ações prioritárias para segurança hídrica de áreas críticas em bacias hidrográficas. O procedimento é direcionado ao processo de tomada de decisão dos gestores hídricos do comitê de bacia durante a plenária ou reuniões das câmaras/grupos técnicos. Os principais objetivos do procedimento são:

1. Criação do Atlas de Segurança Hídrica na bacia hidrográfica;
2. Definição de Áreas de Interesse Especial para o Planejamento da Segurança Hídrica;
3. Levantamento de Ações Estratégicas Planejadas e Potenciais (AEPPs) para Segurança Hídrica da Bacia
4. Seleção das Ações Prioritárias para aumento da Segurança Hídrica nas AIEs

### Base de dados e Informações.

- Plano Nacional de Segurança Hídrica
- Manual Metodológico: Índice de Segurança Hídrica – ISH
- Plano Estadual de Recursos Hídricos
- Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica
- Documentos do Comitê da Bacia Hidrográfica (Deliberações/Pareceres Técnicos e etc)

### 1) Criação do Atlas de Segurança Hídrica da Bacia Hidrográfica

**Contexto:** O Atlas consiste de um subproduto proveniente do alinhamento dos dados entre o Plano Nacional de Segurança Hídrica (abrangência regional) e o Plano de Bacia (abrangência local). O alinhamento entre estes instrumentos de planejamento promove uma avaliação mais criteriosa dos dados que, anteriormente, estavam em uma maior abrangência, para uma perspectiva local e mais detalhada. Os mapas finais proporcionam uma visão geral sobre o status da segurança hídrica da bacia, em uma projeção no ano de 2035, servindo de subsídio ao comitê no processo de planejamento da segurança dos recursos hídricos locais.

**Orientações:** A sequência de ações necessárias a criação do Atlas de Segurança Hídrica foram detalhados nas 3 etapas a seguir:

**Etapa 1:** consiste da aquisição, organização e sistematização dos dados secundários necessários a caracterização da bacia, isto é, informações como posição de barragens importantes, massas d'água, limites municipais/estaduais, limites hidrológicos da bacia e etc, em banco de dados de órgãos ambientais, de gestão de recursos hídricos estaduais e federais, geoportais e etc

**Etapa 2:** O recorte dos dados secundários é feito por meio de geoprocessamento (ex. QGIS/ARCGIS) e o alinhamento deve seguir e destacar as unidades hidrológicas locais para facilitar a interpretação dos dados por parte do comitê. Para tal, uma análise do plano de bacia deve ser realizada com o objetivo de se identificar suas unidades hidrológicas de referência.

**Etapa 3:** Quanto a apresentação dos resultados, os dados de segurança hídrica são divididos em 4 eixos.

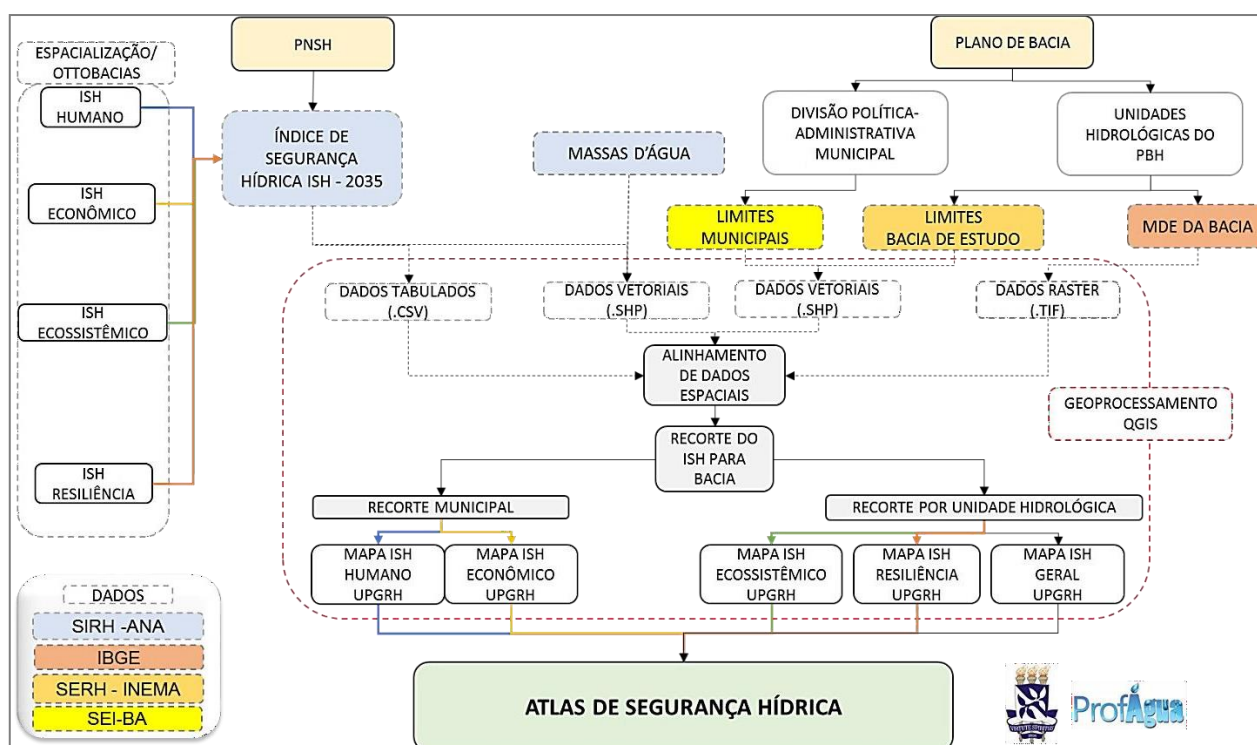
- **Eixo humano e econômico,** deve-se observar a referência de apresentação dos dados do Plano Nacional de Segurança Hídrica, que utiliza a divisão político-administrativa, no qual é estimada o número de habitantes em risco de desabastecimento e o dano potencial a produção do setor

agropecuário e industrial **por estado** (ANA, 2019a). Com base nisso, considerando que a referência geográfica local mais próxima do ambiente do comitê são os municípios, estabelece-se como referência a divisão **política-administrativa municipal**.

- **Eixo ecossistêmico e resiliência**, apresenta-se o Atlas com base nas unidades hidrológicas definidas no plano de bacia, neste caso.

A **Figura 1** apresenta o fluxograma para se atingir o primeiro objetivo do procedimento: “*Criação do Atlas de Segurança Hídrica na área de estudo com base no Plano Nacional de Segurança Hídrica e no Plano de Bacia*”.

**Figura 1** – Fluxograma de etapas para definição do Atlas de segurança hídrica para BHRC



Fonte: O autor (2020)

**Resultados Esperados:** O Atlas de Segurança Hídrica (Projeção 2035) para área de estudo, consiste na produção de 5 mapas:

1. **Mapa do ISH Humano:** corresponde ao grau de segurança hídrica humana municipal, medido através da porcentagem de população em risco de desabastecimento hídrico por município;
2. **Mapa do ISH Econômico:** corresponde ao grau de segurança hídrica econômica municipal, medido através do dano potencial aos setores agropecuário e industrial em caso de desabastecimento hídrico, por município;
3. **Mapa do ISH Ecológico:** corresponde ao grau de segurança hídrica ecológica da bacia, medido através das áreas da bacia mais vulneráveis em termos de qualidade e quantidade de água para os usos naturais;
4. **Mapa do ISH Resiliência:** corresponde ao grau de segurança hídrica de resiliência da bacia, medido através das áreas da bacia mais críticas em relação a seca.

5. **Mapa do Índice de Segurança Hídrica geral da bacia:** corresponde a composição dos 4 eixos conceituais;

**Pontos de Atenção:**

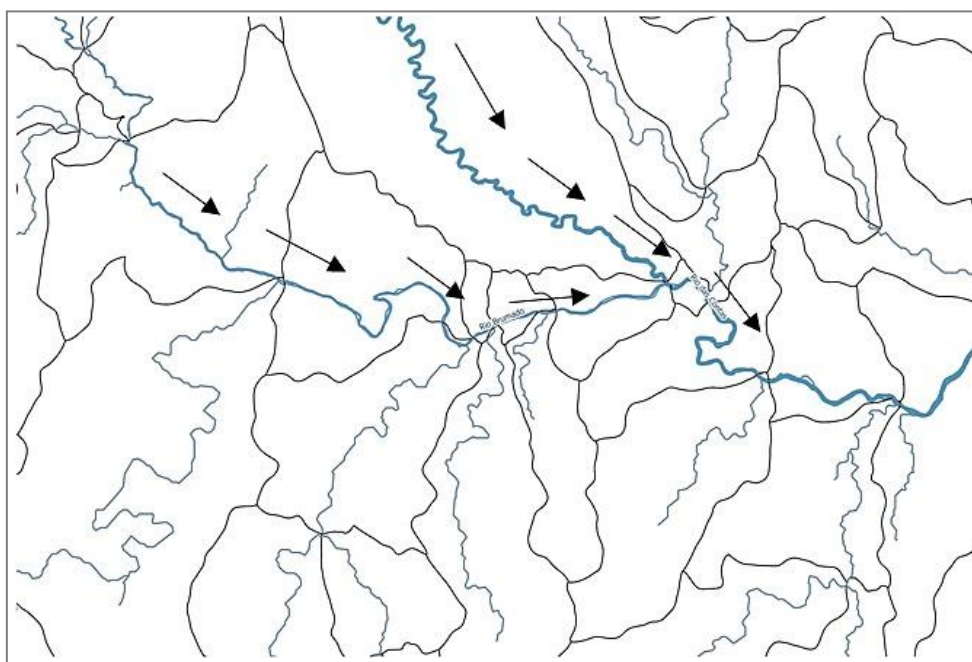
- Embora os indicadores de segurança hídrica do PNSH tenham maior abrangência, estes estão espacializados a nível de Ottobacia.
- Um ponto crítico na produção do Atlas de Segurança Hídrica está na observação das diferenças espaciais que pode haver entre os dados do PNSH e do plano de bacia, tais como as unidades hidrológicas utilizadas como referência, requerendo ajustes para sua apresentação. Tal adequação para apresentação dos dados, facilita a compreensão do comitê que terá o Atlas de acordo com os dados constantes no PBH.

## 2) Definição de Áreas de Interesse Especial (AIE) para o Planejamento da Segurança Hídrica na Bacia

**Contexto:** Este subproduto se soma ao Atlas em um conjunto de elementos visuais de suporte a decisão para o comitê de bacia, uma vez que o resultado exibe um mapa das áreas de segurança hídrica crítica locais, sob a perspectiva de dois instrumentos de planejamento: o PNSH e o plano de bacia, constituindo, assim, uma representação visual da sobreposição de suas projeções.

No PNSH, a criticidade de determinada área é representada por meio de Ottobacias de baixo grau de segurança hídrica, calculado a partir de um índice, que de acordo com a Agência Nacional de Águas, mede o status da segurança hídrica por meio de alguns indicadores-chave, agrupados conforme os 4 eixos conceituais: humano, econômico, ecossistêmico, resiliência. Por outro lado, no Plano de Bacia, a criticidade de determinada área é representada por meio de trechos de rios em que a relação entre uso e disponibilidade da água (balanço hídrico) encontra-se deficitário.

**Figura 2** -Representação topográfica das Ottobacias e dos trechos de rios



Fonte: O autor (2020)

**Orientações:** A sequência de ações necessárias para se definir as áreas críticas da bacia foram detalhadas nas 4 etapas a seguir:

**Etapa 1:** O mapeamento das [AIEs](#) da bacia é realizado com base nos dados do Índice de Segurança Hídrica do PNSH (Cenário 2035) e nos dados do Índice de Comprometimento Hídrico do Plano de Bacia (Cenário Prospectivo de escolha). O cenário prospectivo pode apresentar similaridade com o cenário tendencial adotado no PNSH, embora seja possível a utilização de outras projeções realizadas nos planos de bacia, mais ou menos conservadoras, permitindo análises que não foram escopo deste projeto.

**Etapa 2:** Deve-se buscar definir as áreas críticas da bacia em termos de sua segurança hídrica, considerando o procedimento de definição das Unidades Territoriais de Análise – UTAs (áreas de baixo grau de segurança hídrica), constantes no [PNSH](#). Desse modo, a partir dos dados do Índice de Segurança Hídrica (Cenário 2035), deve-se isolar as Ottobacias de ISH:

1. GRAU MÍNIMO;
2. GRAU BAIXO;
3. GRAU MÉDIO.

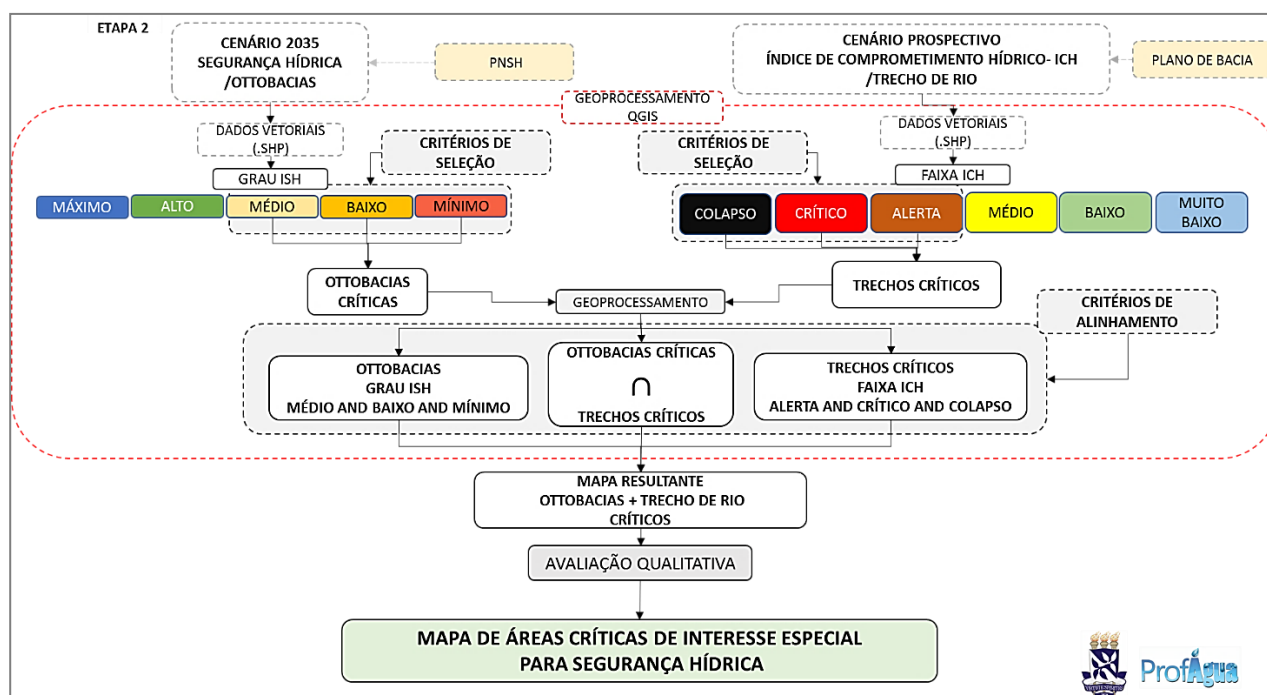
**Etapa 3:** Deve-se buscar definir as áreas críticas da bacia em termos de seu stress hídrico. A seleção da faixa crítica do ICH que representaria as áreas críticas da bacia, leva em consideração o nível crítico de utilização dos recursos hídricos de 40%. Este limiar está situado na faixa de ICH Médio ( $25\% < ICH \leq 50\%$ ). Desse modo, a partir dos dados do [PBH](#), utiliza-se o mapa do balanço hídrico do cenário prospectivo escolhido, para isolar os trechos de rio que apresentavam ICH:

1. COLAPSO ( $ICH > 100\%$ );
2. CRÍTICO ( $75\% < ICH \leq 100\%$ );
3. ALERTA ( $50\% < ICH \leq 75\%$ ).

**Etapa 4:** O alinhamento entre projeções é feito por meio de geoprocessamento. As Ottobacias e trechos de rios isolados são unidos, resultando em um mapa único que representa a sobreposição das áreas consideradas críticas em ambos os instrumentos de planejamento.

A **Figura 3** evidencia o fluxograma para se atingir o segundo objetivo do procedimento: *“Definir Áreas de Interesse Especial (AIEs) para o planejamento da Segurança Hídrica na bacia com base no alinhamento entre o Plano Nacional de Segurança Hídrica e o Plano de Bacia”*.

**Figura 3** – Fluxograma do método de mapeamento das áreas críticas a partir do alinhamento entre PNSH e Plano de bacia



Fonte: O autor (2020)

### **Resultados Esperados:**

- Mapa de áreas críticas sob a perspectiva do ISH (Plano Nacional de Segurança Hídrica).
- Mapa de áreas críticas sob a perspectiva do ICH (Plano de Bacia)
- Mapa resultante: sobreposição de ambas as projeções (ISH + ICH)

### **Pontos de Atenção:**

- A definição de áreas de segurança crítica tem como base dois pontos chaves. Primeiro, do ponto de vista de se promover uma avaliação do PNSH em relação ao plano de bacia, isto é, as áreas consideradas críticas no PNSH são as mesmas áreas consideradas críticas no plano de bacia? Por outro lado, as informações coletadas em campo com os usuários, nas reuniões do comitê, realmente condizem com os dados de criticidade apontados neste subproduto?

## **3) Levantamento de Ações Estratégicas Planejadas e Potenciais (AEPs) para Segurança Hídrica da Bacia**

**Contexto:** Se avaliarmos do ponto de vista da tomada de decisão, observa-se que os gestores de recursos hídricos possuem no escopo do planejamento uma diversidade de ações propostas nos planos, que em muitos casos se tornam difíceis de operacionalizar, seja por conta de limitações em recursos financeiros, humanos ou políticos. Assim, na perspectiva do gestor do comitê, que busca sugerir ações prioritárias para alguma área crítica (AIE) em questão, faz-se necessário listar as ações planejadas e as potenciais para a bacia.

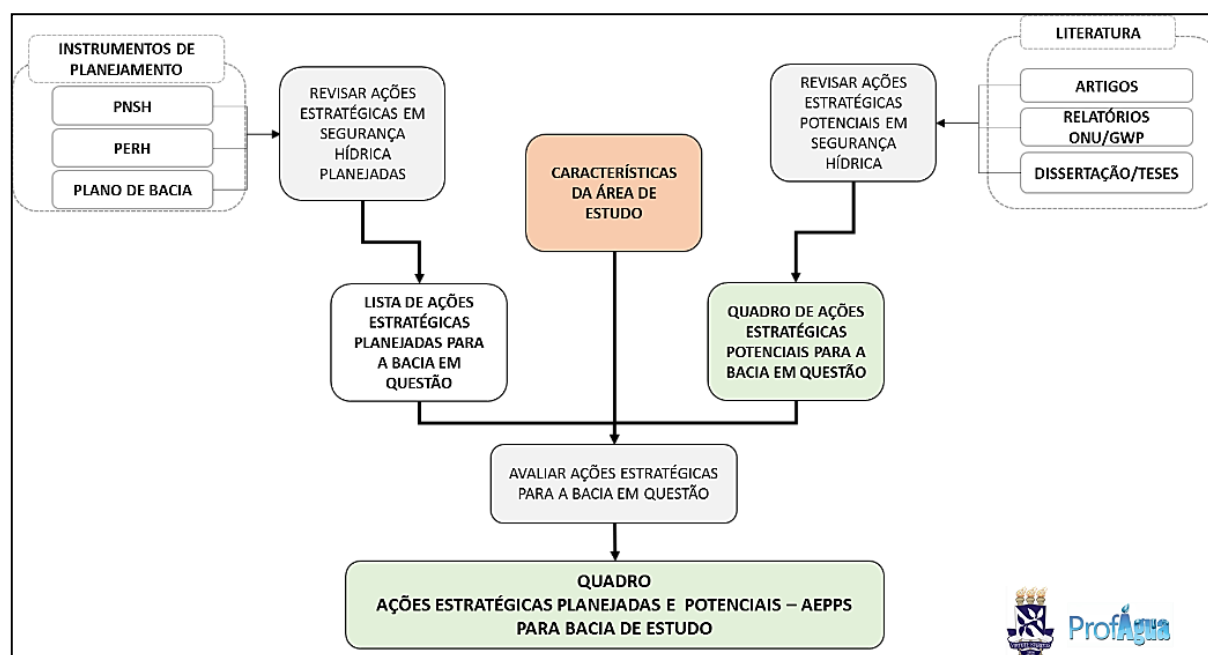
**Orientações:** A sequência de ações necessárias para se levantar as ações potenciais e planejadas para segurança hídrica da bacia foram detalhadas nas 2 etapas a seguir:

**Etapa 1:** Procede-se com uma revisão de literatura em artigos, relatórios de instituições especializadas em recursos hídricos, dissertações e teses, confrontando com os resultados da caracterização da área de estudo para definir as ações mais adequadas.

**Etapa 2:** Promove-se uma revisão nos instrumentos de planejamento vigentes (Plano Nacional de Segurança Hídrica, Plano Estadual de Recursos Hídricos, Plano de Bacia) e lista-se os estudos, projetos, obras e programas ambientais planejados para área de estudo. Neste quesito, quando possível e observando a disponibilidade e transparência de dados, é necessário uma avaliação sobre o status de implementação destes projetos.

A **Figura 4** representa o fluxograma para se atingir o seguinte objetivo “Identificar ações estratégicas planejadas e potenciais para bacia”.

**Figura 4** – Fluxograma de método de identificação das ações estratégicas planejadas e potenciais para a bacia do Contas



Fonte: O autor (2020)

### Resultados Esperados

- 2) Quadro de ações planejadas para bacia
- 3) Quadro de ações potenciais para bacia.

### Pontos de Atenção

- Os resultados desta etapa servem de base para a definição de ações prioritárias na área crítica selecionada

### **4) Diagnóstico e Definição de Ações Prioritárias para aumento da Segurança Hídrica nas AIEs**

**Contexto:** A definição de ações prioritárias para segurança hídrica consiste da realização de dois diagnósticos por meio da modelagem conceitual FPEIR. O primeiro diagnóstico deve ser feito por meio dos indicadores de segurança hídrica e o segundo com base nas informações coletadas em campo, junto ao comitê, sociedade, membros do governo e usuários dos recursos hídricos (idealmente). De modo geral, a lógica da modelagem é baseada na seguinte premissa: as atividades econômicas (Força Motriz), através das atividades humanas (Pressão) exercem influência no (Estado) do meio ambiente, resultando em (Impactos) sobre os serviços ecossistêmicos, sobre o bem-estar dos seres humanos e em possíveis medidas de gerenciamento com poder de mitigação (Respostas) (EPA, 2015).



**Orientações:** A sequência de ações necessárias para se diagnosticar e definir ações prioritárias para segurança hídrica da bacia foram detalhadas nas 8 etapas a seguir:

**Etapa 1:** A partir do mapa de áreas críticas da bacia, seleciona-se uma AIE por meio de critérios qualitativos, que envolvem, neste caso, o processo de verificação documental nas informações contidas em deliberações do comitê sobre problemas de segurança hídrica na bacia.

**Etapa 2:** As etapas 3 a 8 devem ser aplicadas em ambos os diagnósticos para definição das ações prioritárias:

- **No diagnóstico participativo**, o condutor da reunião deve formular as perguntas de modo que seja compreensível a todos os ouvintes. Do mesmo modo, as contribuições dos presentes devem ser registradas para posterior modelagem no software CMAP Tools.
- **No diagnóstico com base nos indicadores**, o comitê ou câmara técnica deve utilizar os dados da caracterização da bacia para construir as relações de causa e efeito e avaliar como se dá a relação entre os indicadores de segurança hídrica sugeridos no PNSH.

**Etapa 3:** Determinação da (**Força Motriz**) – Esta é o ponto de referência inicial que impulsiona as atividades dentro da bacia e gera mudanças no meio ambiente e na segurança hídrica das áreas em questão. Para esta pesquisa, o ponto de referência final são os impactos sobre os 4 eixos da segurança hídrica e as estratégias que podem mitigar tais impactos. A Força Motriz é descrita como direcionadora de desenvolvimento econômico, demográfico e social na sociedade. A questão central para detectar a força motriz é: **De quais setores econômicos as pressões sobre o meio ambiente podem estar se originando?** (EPA, 2015).

**Etapa 4:** Determinação das (**Pressões**) – Estas são caracterizadas pelas atividades humanas, isto é, denotam o funcionamento da força motriz econômica e social e induz mudanças no meio ambiente. Ao identificar uma atividade como pressão, estabelece-se uma relação causal entre a atividade e um impacto ambiental. A questão central para identificação das pressões e dos estressores é: **Quais atividades humanas causam pressões no meio e quais são os estressores resultantes?** (EPA, 2015).

**Etapa 4:** Determinação dos (**Estados**) - Estes se referem a condição do ambiente seja ele natural ou construído e é indicado a partir da medida de quantidade e qualidade dos componentes físicos, químicos ou biológicos. É identificado a partir de alterações na magnitude, frequência ou concentração dos fatores abióticos no meio ambiente ou a partir de mudanças no estado biótico. A questão central é: **Como as atividades afetam o estado do meio ambiente (biótico, abiótico ou do ambiente construído)?** (EPA, 2015).

**Etapa 5:** Determinação dos (**Impactos**) - Estes indicam as mudanças na qualidade e nas características funcionais de um ecossistema com consequências nos serviços ecossistêmicos e no bem-estar dos seres humanos. O impacto representa o resultado da pressão que as atividades exercem no estado do meio ambiente ou do ser humano. A questão central para esta pesquisa é: **Quais os impactos sobre a segurança hídrica da bacia?** (EPA, 2015).

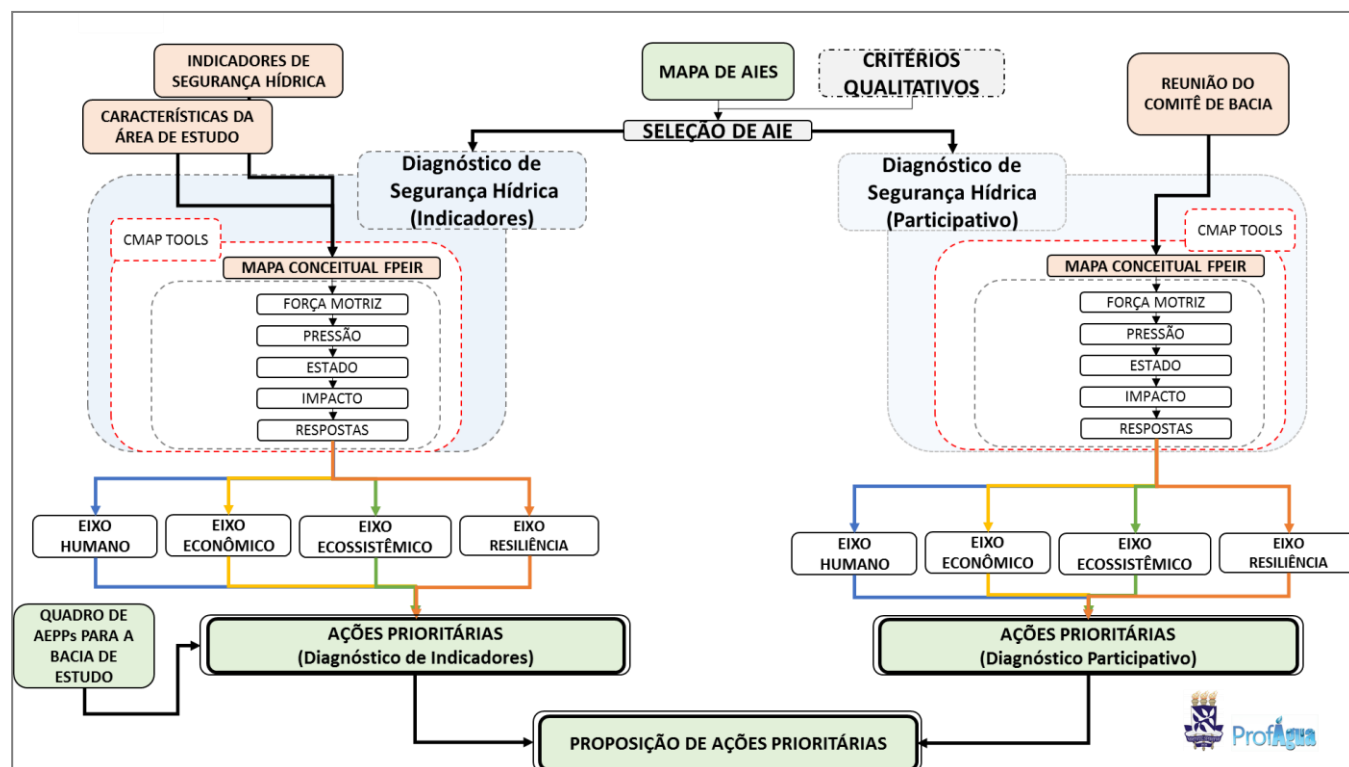
**Etapa 6:** Determinação das (**Respostas**) – As ações ou medidas que podem ser tomadas por indivíduos, grupos ou governo, em qualquer nível das relações de causa e efeito identificadas no modelo conceitual FPEIR, com o objetivo de prevenir, compensar, melhorar ou adaptar as mudanças no estado do meio ambiente ou do bem-estar humano e seus consequentes impactos (EPA, 2015). A questão central que definiria as respostas e, portanto, nortearia definição das ações prioritárias é: **Com base nas relações de causa-efeito, qual (is) ação (es) pode (m) elevar o status da segurança hídrica local?**

**Etapa 8:** Modelagem no CMAP Tools

A **Figura 5** apresenta o fluxograma para “*Diagnosticar as Áreas críticas de interesse Especial e propor ações prioritárias para melhoria do status de segurança hídrica*”.



**Figura 5** – Fluxograma do método de diagnóstico de segurança hídrica das AIEs.



Fonte: O autor (2020)

### Resultados Esperados:

1. Mapa conceitual da área crítica de estudo construído com base nos indicadores de segurança hídrica
2. Mapa conceitual da área crítica de estudo construído com base nas informações de campo.

### Pontos de Atenção:

- Na aplicação do modelo conceitual durante a reunião do comitê, o autor realizou os questionamentos aos presentes sem, no entanto, conduzir a reunião.
- O próprio processo de construção do mapa conceitual já sugere respostas/ações de como melhorar os indicadores.