



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

MICAELLA RAÍSSA FALCÃO DE MOURA

**GESTÃO INTEGRADA E DESAFIOS À SEGURANÇA DOS RECURSOS
HÍDRICOS: proposta de índice de vulnerabilidade hídrica (IVH) na bacia do rio
Capibaribe**

Recife
2020

MICAELLA RAÍSSA FALCÃO DE MOURA

**GESTÃO INTEGRADA E DESAFIOS À SEGURANÇA DOS RECURSOS
HÍDRICOS: proposta de índice de vulnerabilidade hídrica (IVH) na bacia do rio
Capibaribe**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutora em Engenharia Civil.

Área de concentração: Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos.

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

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Simone Rosa da Silva

Recife

2020

Catálogo na fonte
Bibliotecário Gabriel Luz, CRB-4 / 2222

- M929g Moura, Micaella Raíssa Falcão de.
Gestão integrada e desafios à segurança dos recursos hídricos: proposta de índice de vulnerabilidade hídrica (IVH) na bacia do rio Capibaribe / Micaella Raíssa Falcão de Moura – Recife, 2020.
111 f.: il., abrev. e siglas.
- Orientadora: Profa. Dra. Suzana Maria Gico Lima Montenegro.
Coorientadora: Profa. Dra. Simone Rosa da Silva
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2020.
Inclui referências.
1. Engenharia Civil. 2. Segurança hídrica. 3. Gestão integrada de recursos hídricos. 4. Vulnerabilidade hídrica. 5. Bacia hidrográfica do rio Capibaribe. I. Montenegro, Suzana Maria Gico Lima (Orientadora). II. Silva, Simone Rosa da (Coorientadora). III. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG / 2020-156

**GESTÃO INTEGRADA E DESAFIOS À SEGURANÇA DOS RECURSOS
HÍDRICOS: proposta de índice de vulnerabilidade hídrica (IVH) na bacia do rio
Capibaribe**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil.

Aprovada em: 20/02/2020.

BANCA EXAMINADORA

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

Prof^a. Dr^a Silvana Melo dos Santos (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa (Examinadora Externa)
Instituto Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Carlos de Oliveira Galvão (Examinador Externo)
Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda (Examinador Externo)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

À minha avó Marinete Falcão (*in memoriam*) e à minha avó Rosa, que sempre foram inspiração, amor e abrigo. À minha amada mãe Marleide, minha maior leitora, exemplo de ternura e cuidado. Ao meu querido e tão amado companheiro José Mário, pelo incentivo incansável: para o que der e vier comigo.

AGRADECIMENTOS

Ao Deus de tanto amor que me renova, dá forças e é amparo e morada.

Aos meus pais, Marleide e Josualdo, pela vida, cuidado e por sempre zelarem por mim e por meus estudos.

À minha mãe Marleide e a minhas avós amadas, pelo estímulo e afeto, mulheres que me inspiram a ser melhor a cada dia. Às minhas irmãs Mayara, Juju e Joanna e a minhas sobrinhas Gabi e Malu que são alegria na minha vida.

Ao meu companheiro e melhor amigo José Mário, por partilhar comigo tanto amor e me incentivar incansavelmente ao longo dessa jornada. Também aos meus sogros-pais, Helena e Mário, pelo acolhimento, compreensão nos momentos de ausência e por tudo que representam em nossas vidas.

À esta Universidade e à Universidade de Pernambuco, pelo ensino público de qualidade que me permitiu tantas oportunidades e conquistas. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, pela bolsa de pesquisa.

Às minhas orientadoras Suzana Montenegro e Simone Rosa, por compartilharem tanto conhecimento, pela confiança, paciência e por tantas orientações que levo para toda a vida. Meu enorme respeito e gratidão às duas.

Ao Projeto Innovative Science and Influential Policy Dialogues for Water Security in the Arid Americas do Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) pelo fomento à participação em eventos. Aos professores Alfredo Ribeiro e Carlos Galvão pelas orientações que tanto agregaram no desenvolvimento dos meus trabalhos.

Aos amigos queridos Paula, Herika, Darlan, André, David que me acompanham ao longo dessa vida, sempre me dando tanto apoio e carinho. E aos amigos tão competentes e parceiros de jornada Symone, Francine e Alisson pelo convívio e amizade.

À APAC (especialmente à Luciana e Everton), COBH Capibaribe e à SIRH pelos dados fornecidos e contribuições para a pesquisa.

Partilho essa conquista e agradeço a tantos e à vida por me permitir chegar até aqui; não cheguei e nem saio sozinha. Obrigada.

RESUMO

O gerenciamento dos recursos naturais no Brasil tem enfrentado dificuldades históricas, evidenciando-se a necessidade de fortalecimento do planejamento diante dos céleres processos de mudanças globais. No contexto específico dos recursos hídricos, um fator importante previsto pela Lei 9433/97 (Lei das Águas) diz respeito aos modelos de gestão integrada. Tais modelos têm sido baseados na perspectiva do desenvolvimento sustentável, tendo como alicerces primordiais as ciências com foco transdisciplinar, como a socio-hidrologia. Nesse contexto, conceitos como os de Segurança Hídrica (SH) têm assumido um enfoque holístico no reconhecimento da água como direito humano essencial à vitalidade da Terra, caracterizando-se como um dos objetivos da Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (GIRH). O presente trabalho realizou uma discussão acerca da premissa de que muitos dos desafios à segurança dos recursos hídricos não foram superados, ainda que sejam, muitas vezes, historicamente conhecidos. Teve-se como objetivo principal a identificação de tais desafios no ambiente da bacia hidrográfica do rio Capibaribe, estado de Pernambuco, Brasil, objetivando-se ainda a delineação de uma proposta de Índice de Vulnerabilidade Hídrica (IVH) que possibilite futuras avaliações, comparações e quantificações das fragilidades locais. A metodologia adotada possui abordagem mista (qualitativa e quantitativa), sendo realizada a estruturação dos conteúdos explorados sob a forma de capítulos. Os principais desafios identificados são apresentados sob a forma de Mapas, além da apresentação da estrutura do IVH, com análises da componente de Vulnerabilidade Social em todos os municípios que integram a bacia, bem como a apresentação de quadros específicos acerca do ambiente institucional. Os resultados evidenciaram as complexidades da bacia estudada ao longo de suas macrozonas, observando-se interdependência entre muitos dos desafios identificados e a potencialidade do índice proposto para refletir maiores ou menores suscetibilidades dos sistemas sociais e ecossistêmicos inseridos nos limites da bacia.

Palavras-chave: Segurança hídrica. Gestão integrada de recursos hídricos. Vulnerabilidade hídrica. Bacia hidrográfica do rio Capibaribe.

ABSTRACT

The natural resources management in Brazil has faced historical difficulties, highlighting the need to strengthen planning under the global change processes. In the context of water resources, an important factor foreseen by Law No. 9433/97 (The Water Law) concerns integrated management models. Such models have been based on the sustainable development perspectives, having as major foundations the sciences with transdisciplinary focus, such as socio-hydrology. In this context, concepts such as Water Security (WS) have incorporated holistic approaches to the recognition of water as a vital human right essential to maintain the Earth's vitality, being characterized as one of the Integrated Water Resources Management (IWRM) objectives. This work carried out a discussion about the assumption that many of the water security challenges have not been overcome, even though they are often historically known in many ways. The main objective was to identify such challenges in the environment of the Capibaribe River basin, Pernambuco state, Brazil, also aiming to outline a Water Vulnerability Index (WVI) proposal to allow future assessments, comparisons, and quantifications of local fragilities. The methodology adopted consisted of an applied nature, with a descriptive-exploratory objective and a mixed approach (qualitative and quantitative), with the content structured in chapters format. The main challenges identified are presented in the form of Maps, in addition to the presentation of the IVH structure, with analyzes of the Social Vulnerability component in all the municipalities that integrate the basin, as well as the presentation of specific tables about the institutional environment. The results showed the complexities of the studied basin throughout its macro zones, highlighting an interdependence between many of the identified challenges and the potential of the proposed index to reflect greater or lesser susceptibilities of the social and ecosystem systems inserted in the basin limits..

Keywords: Water security. Integrated water resource management. Water vulnerability. Capibaribe River Basin.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1- Objetivos e Etapas Metodológicas	21
Figura 1- Esquema da estruturação geral da tese	22
Quadro 2- Principais conceitos de segurança hídrica	25
Quadro 3- Instrumentos legais de Pernambuco relacionados à temática de segurança hídrica.....	27
Figura 2- Estresse hídrico no Brasil e no mundo.....	30
Figura 3- Base teórica do mapa conceitual: SH e VH na perspectiva da sustentabilidade global.....	31
Figura 4- Inovação de Sistemas de Gestão dos Recursos Hídricos considerando posição central da água em relação a processos	32
Figura 5- Linha do tempo de Políticas Públicas brasileiras para garantia da SH.....	34
Figura 6- Mapa conceitual da SH e da VH na perspectiva da sustentabilidade global	35
Figura 7- Instrumentos da PNRH	39
Figura 8- Sistemas Nacional e Estadual de Gerenciamento Recursos Hídricos.....	41
Figura 9- Comitês de bacia hidrográfica em Pernambuco	45
Figura 10- Bacia hidrográfica do rio Capibaribe- Pernambuco, Brasil	47
Quadro 4- Escala de definições para grau de implementação dos instrumentos de gestão.....	48
Figura 11- Relações entre os instrumentos de gestão de recursos hídricos	49
Quadro 5- Panorama dos instrumentos da PNRH na bacia do Capibaribe	50
Figura 12- Mapa dos Planos de Bacia- Pernambuco.....	51
Figura 13- Outorga do uso dos recursos hídricos na bacia do rio Capibaribe.....	54
Quadro 6- Valores de estudos da cobrança pelo uso da água em Pernambuco.....	55
Figura 14- Triangulação metodológica.....	57
Quadro 7- Matriz SWOT interinstitucional APAC e COBH/Capibaribe.....	59
Tabela 1- Números dos entrevistados COBH/Capibaribe	61
Figura 15- Regiões de Desenvolvimento de Pernambuco (RD).....	69
Figura 16- Mapa de situação dos Desafios à SH na bacia do Capibaribe	70
Figura 17- Desafios à Segurança Hídrica na bacia do Capibaribe- Macrozona 1.....	71
Figura 18- Desafios à Segurança Hídrica na bacia do Capibaribe- Macrozona 2.....	75
Tabela 2- Acumulado anual médio de chuvas nas mesorregiões de Pernambuco em 2018	76
Figura 19- Desafios à Segurança Hídrica na bacia do Capibaribe- Macrozona 3.....	80
Figura 20- Representação do sistema adutor Capibaribe	82

Quadro 8- Principais reservatórios da bacia do rio Capibaribe	82
Figura 21- Índice de Vulnerabilidade Hídrica (IVH)	86
Quadro 9- Indicadores do IVS.....	88
Quadro 10- Dados IVS Macrozonas 1 e 2.....	89
Quadro 11- Dados IVS Macrozona 3	90
Quadro 12- Resumo dos Dados IVS nas Macrozonas.....	90

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APAC	Agência Pernambucana de Águas e Clima
APL	Arranjo Produtivo Local
ARPE	Agência Estadual de Regulação de Pernambuco
CNM	Confederação Nacional de Municípios
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento
COBH	Comitê de Bacia Hidrográfica
COMPESA	Companhia Pernambucana de Saneamento
CONSEMA	Conselho Estadual de Meio Ambiente
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Pernambuco
FEHIDRO	Fundo Estadual de Recursos Hídricos
GIRH	Gestão Integrada de Recursos Hídricos
GWP	Global Water Partnership
IH	Insegurança Hídrica
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IVH	Índice de Vulnerabilidade Hídrica
IVS	Índice de Vulnerabilidade Social
MDR	Ministério do Desenvolvimento Regional
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OECD	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
ONU	Organização das Nações Unidas
PHA	Plano Hidroambiental
PNSH	Plano Nacional de Segurança Hídrica
PRH	Planos de Recursos Hídricos
PSHPE	Projeto de Sustentabilidade Hídrica de Pernambuco
RD	Regiões de Desenvolvimento
RMR	Região Metropolitana do Recife
SH	Segurança Hídrica
SHU	Segurança Hídrica Urbana

SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SIRH	Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos
VE	Vulnerabilidade Ecológica
VH	Vulnerabilidade Hídrica
VS	Vulnerabilidade Social

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	JUSTIFICATIVA, MOTIVAÇÃO E RELEVÂNCIA	17
1.2	HIPÓTESE	20
1.3	OBJETIVOS	20
1.3.1	Objetivo geral.....	20
1.3.2	Objetivos específicos.....	20
1.4	METODOLOGIA E ESTRUTURA GERAL DA TESE	21
2	SEGURANÇA E VULNERABILIDADE HÍDRICA: EVOLUÇÕES CONCEITUAIS À LUZ DA GESTÃO INTEGRADA E SUSTENTÁVEL	23
2.1	OBJETIVO	23
2.2	METODOLOGIA	23
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
2.3.1	Segurança Hídrica (SH)	24
2.3.2	Vulnerabilidade Hídrica (VH).....	28
2.3.3	Mapa Conceitual e Linha do Tempo.....	30
2.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
3	PANORAMA DA GIRH NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIBARIBE	37
3.1	OBJETIVO.....	37
3.2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	37
3.2.1	Direito à Água: aspectos gerais da PNRH.....	37
3.2.2	Aspectos gerais da GIRH em Pernambuco e na bacia do Capibaribe	41
3.2.3	A bacia hidrográfica do rio Capibaribe	46
3.3	METODOLOGIA	48
3.4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	49
3.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
4	GOVERNANÇA HÍDRICA NA BACIA DO RIO CAPIBARIBE: UM DEBATE SOBRE OS DESAFIOS INSTITUCIONAIS.....	57
4.1	OBJETIVO.....	57
4.2	METODOLOGIA	57
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES	59
4.3.1	Ambiente Interno.....	60
4.3.2	Ambiente Externo	63
4.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	65

5	GESTÃO INTEGRADA E DESAFIOS À SEGURANÇA DOS RECURSOS HÍDRICOS: PROPOSTA DE ÍNDICE DE VULNERABILIDADE HÍDRICA (IVH) NA BACIA DO RIO CAPIBARIBE	67
5.1	OBJETIVO	67
5.2	METODOLOGIA.....	67
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	68
5.3.1	Mapas Dos Desafios À Sh Na Bacia.....	68
5.3.2	Proposta De Ivh Na Bacia Do Rio Capibaribe	85
5.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
6	CONCLUSÕES	92
	REFERÊNCIAS.....	93

1 INTRODUÇÃO

Diante da intensificação dos processos de mudanças globais, a segurança hídrica (SH) emerge como um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)¹, à medida que assume um enfoque holístico no reconhecimento da água como direito humano essencial à vitalidade da Terra (UN, 2015; WWAP, 2019; NOSCHANG; SCHELEDER, 2018). Esta estrutura conceitual abrangente é também característica da Gestão Integrada de Recursos Hídricos (GIRH). Para Cook e Bakker (2012), tanto a SH quanto a GIRH podem ser consideradas paradigmas complementares, pois implicam a necessidade de integrar quantidade e qualidade da água, considerando aspectos sociais e ecossistêmicos.

Segundo Sivapalan, Savenije e Blöschl (2012), a GIRH tem como ponto de partida o estudo da coevolução da água e dos seres humanos na paisagem, com foco no gerenciamento do sistema hídrico para alcance de resultados desejados para o meio ambiente e para a sociedade. A bacia hidrográfica representa a unidade de planejamento para a implementação dos princípios da gestão integrada. Estes princípios visam, entre outros, aumentar a segurança da água e proporcionar benefícios econômicos e ambientais diversos (NSHIMBI, 2019; AL-JAWAD *et al.*, 2019). Cardwell *et al.* (2006, p.9) definem a GIRH como um "processo coordenado, direcionado por objetivos, para controlar o desenvolvimento e uso do rio, lago, oceano, pantanal e outros recursos hídricos".

Tal conceito, porém, abriga intensa complexidade quanto à sua aplicação prática, tendo em vista que os múltiplos usos e demandas por água desafiam a capacidade dos sistemas de governança em oferecer respostas (RIBEIRO; FORMIGA-JOHNSSON, 2018). Nesse contexto, o novo paradigma da gestão de recursos hídricos pressupõe que a chamada estrutura de governança, ou institucional, deve ser analisada como reflexo da cultura, do regime político e organizacional de um país (OECD, 2015). Para Siegmund-Schultze (2017), os sistemas de governança multinível são um desafio em todo o mundo, e, na perspectiva do manejo de recursos naturais, a compreensão das dinâmicas de tais sistemas é de fundamental importância para que estes sejam utilizados com êxito.

¹ Os 17 ODS integram a Agenda 2030, aprovada em 2015 na Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável e assinada pelos quase 200 países Estados-Membros da Organização das Nações Unidas (ONU), contribuindo para uma reflexão em torno das políticas públicas de atendimento às demandas sociais modernas. O **ODS-6** tem como meta geral a universalização e equidade do acesso à água potável até o ano de 2030.

Ainda no que concerne à estrutura institucional, os desafios da GIRH, e da SH, por conseguinte, podem ser compreendidos como advertências de que, embora conceitos amplos sejam essenciais nos processos de governança, estes apresentam dificuldades de operacionalização. As premissas de gerenciamento integrado das águas têm se consolidado nas reformas legislativas e institucionais de muitos países, porém nem sempre têm atendido às expectativas iniciais de produzir soluções políticas abrangentes para desafios nacionais. Fatores diversos podem contribuir para falhas nas reformas estabelecidas (*e.g.* falta de financiamentos, descontinuidades administrativas e secas). Atrelado a isso, especialmente nos países em desenvolvimento houve séria resistência à prática da GIRH entre os profissionais do setor hídrico e os interesses agrícolas (COOK; BAKKER, 2012; AL-SAIDI, 2017).

De acordo com Gourbesville (2008), os países em desenvolvimento enfrentam três grandes desafios: (I) aporte de infraestrutura hídrica muito abaixo do necessário; (II) fragilidade ou ausência de investimento pesado em soluções não-estruturais de gerenciamento; (III) a mudança global exacerba desequilíbrios subjacentes entre as demandas humanas e os padrões hidrológicos naturais, tornando urgente um pacote integrado de ferramentas estruturais e não estruturais. Por todos esses fatores, o autor reforça a necessidade de adaptação da visão “clássica” do engenheiro para uma visão mais ampla, que considere não apenas a dinâmica da água, mas também o ambiente socioeconômico e a avaliação ambiental.

Esta necessidade de adaptação é também defendida por Scott *et al.* (2013), que sinalizam as observações do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) acerca das carências de capacidade adaptativa² de países das Américas áridas, como o Brasil, para atender às futuras demandas hídricas projetadas. Os autores afirmam que a segurança hídrica integra as interações sociedade-ecossistema-hidroclima, sendo definida como “a disponibilidade sustentável de quantidades e qualidades adequadas de água para sociedades e ecossistemas resilientes diante de mudanças globais incertas” (SCOTT *et al.*, 2013, p.281).

Conforme Varis, Keskinen e Kummu (2017), quando se trata de segurança hídrica, os temas de vulnerabilidade e resiliência devem ser considerados, pois podem fornecer enquadramentos e elementos úteis para aprimorar os vínculos entre SH e desenvolvimento sustentável. Esses

² Scott *et al.* (2013, p. 284): “**Capacidade adaptativa** - capacidade relativa de comunidades ou instituições de antecipar e responder a tensões de maneiras que levam a resultados desejáveis (incluindo a segurança da água). Cada vez mais, os tomadores de decisão terão de aceitar os requisitos de água urbana, agrícola e de geração de energia impulsionados pelo crescimento, adicionados às necessidades do ecossistema, tudo sob crescente variabilidade hidroclimática”.

temas também são relevantes para estudos que abrangem as dimensões humanas das mudanças ambientais (e.g. JANSSEN; OSTROM, 2006; MAUSER *et al.*, 2013; SEIDL; BARTHEL, 2017). No caso específico da vulnerabilidade, esta é definida por Adger (2006, p. 268) como “o estado de suscetibilidade a danos causados pela exposição a tensões associadas a mudanças ambientais e sociais e pela ausência de capacidade de adaptação”.

No âmbito hidrológico brasileiro, as noções de vulnerabilidade permeiam ordenamentos jurídicos diversos (e.g. Plano Nacional de Segurança Hídrica³- PNSH- 2019). Contudo, em razão de fatores como a não efetividade de dispositivos expressos na própria Lei das Águas 9433/97 (BRASIL, 1997), o cenário de vulnerabilidade hídrica tem sido atestado em relatórios da Agência Nacional de Águas (ANA) e em pesquisas científicas. Os documentos da ANA caracterizam o quadro nacional de insegurança hídrica (IH), seja pela falta do recurso hídrico (cenário de secas) ou por seu excesso (cenário de cheias) (DAMACENA, 2015; BOLSON; HAONAT, 2016).

No cenário de secas, o quadro nacional de IH tem sido abordado principalmente na região do semiárido nordestino. As previsões de intensos extremos climáticos e a degradação dos solos aumentam as incertezas nos processos administrativos da água, colaborando para uma maior suscetibilidade aos danos causados por secas mais intensas e prolongadas (MARENGO, 2008; MARENGO *et al.*, 2011). Destacam-se as particularidades fisioclimáticas desta região, que, aliadas a políticas públicas equivocadas (apoiadas na perfuração de poços no cristalino e de pequenos reservatórios) culminaram para acentuar esta conjuntura crítica de elevada vulnerabilidade (CIRILO, 2008; CIRILO; MONTENEGRO; CAMPOS, 2017).

Na escala das bacias hidrográficas, abordagens multidimensionais têm sido realizadas para quantificar a vulnerabilidade hídrica (VH), com casos testados na bacia de Orange, na África do Sul (SULLIVAN, 2011) e no Brasil, na porção sergipana da bacia do rio Vaza Barris (CARVALHO, 2012). Esta quantificação tem sido feita prioritariamente por meio de indicadores compostos, como o Índice de Vulnerabilidade Hídrica (IVH), uma ferramenta de avaliação caracterizada por sua simplicidade, utilidade na identificação de desafios e potencial base de dados para a priorização de tomada de ações. Porém, ausências de padronizações na

³ Lançado em 2019, o PNSH insere a temática da SH entre as atribuições do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), buscando “um cenário ideal de Segurança Hídrica, em que a infraestrutura esteja planejada, dimensionada, implantada e gerida adequadamente, atendendo tanto ao equilíbrio entre a oferta e a demanda de água quanto a situações contingenciais, fruto da vulnerabilidade a eventos climáticos extremos” (ANA, 2019a, P.13).

formulação destes indicadores têm contribuído para que eles tenham, em geral, aplicabilidade limitada quando replicados a diferentes áreas de estudo (GROSBOIS; PLUMMER, 2015).

Diante do exposto, esta tese aborda a problemática da GIRH e dos desafios à SH na bacia hidrográfica do rio Capibaribe, estado de Pernambuco-Brasil. Propõe-se a criação de um IVH que possibilite futuras avaliações e quantificações de tais desafios e que possa ser ajustado e utilizado em outras bacias estaduais. Como problemas⁴ desta pesquisa, têm-se: I) Quais os desafios à segurança hídrica na bacia do rio Capibaribe à luz da GIRH? II) Existe um mapeamento de tais desafios e/ou indicadores sendo utilizados para quantificá-los?

1.1 JUSTIFICATIVA, MOTIVAÇÃO E RELEVÂNCIA

Apesar dos esforços para consolidar a prática da GIRH em prol da garantia da SH, observam-se entraves à operacionalização desses conceitos. O mesmo problema pode ser notado com relação ao conceito de Vulnerabilidade Hídrica (VH). Nesse sentido, Grosbois e Plummer (2015) afirmam que, perante a intensificação de ameaças à segurança hídrica, a avaliação da vulnerabilidade da água se faz cada vez mais primordial para as partes interessadas. Essa avaliação contribui para uma sinalização mais direta acerca das insuficiências, ausências ou fragilidades relacionadas aos recursos hídricos e à sua correlação com outros sistemas em uma determinada região.

Para Marengo (2008, p. 155) “o termo vulnerabilidade denota um limite onde uma pessoa ou sistema pode ser afetado. Por outro lado, sustentabilidade significa a capacidade de um sistema manter-se em uma determinada condição”. Sendo assim, enquanto avaliações de sustentabilidade tendem a sinalizar o que está “bom” e/ou “suficiente”, as análises de VH partem de uma ótica negativa para o cenário geral: “a vulnerabilidade denota o ponto onde a sustentabilidade pode ser comprometida” (MARENGO, 2008, P.155). Através dessa conjectura espera-se encontrar respostas para os seguintes questionamentos: o quanto os sistemas de SH ainda se encontram expostos a desafios históricos não transpassados? Como que, diante das projeções de mudanças climáticas, a vulnerabilidade destes sistemas irá se comportar?

⁴ “Toda pesquisa se inicia com algum tipo de problema, ou indagação. O passo seguinte consiste em oferecer uma solução possível, mediante uma proposição, ou seja, uma expressão verbal suscetível de ser declarada verdadeira ou falsa. A essa proposição dá-se o nome de hipótese. Assim, a hipótese é a proposição testável que pode vir a ser a solução do problema” (GIL, 2002, p.23 e p.31).

Parte-se do pressuposto de que muitos dos desafios⁵ à segurança dos recursos hídricos não foram superados, ainda que sejam, muitas vezes, historicamente conhecidos. Contudo, ressalta-se que, geralmente, o conhecimento acerca desses obstáculos tem sido difundido em linguagem predominantemente técnica sob a forma de “diagnósticos” (*e.g.* hidroclimáticos; socioambientais) em instrumentos de planejamento, como os Planos de bacias. Dessa forma, urge que tais desafios sejam expostos com mais clareza, de modo que o conhecimento em torno deles seja mais difundido e utilizado como mecanismo para dar maior celeridade ao processo de tomada de decisões, possibilitando ainda a correção de eventuais falhas de planejamento.

Nas bacias hidrográficas, entraves hidroclimáticos, legais, políticos e organizacionais devem ser conhecidos e solucionados pautando-se em uma visão holística, na qual diversos campos da ciência atuem para solução dos problemas (JARDIM; LANNA, 2003; VIEIRA, 2008; ARAÚJO; RIBEIRO; VIEIRA, 2012; OLIVEIRA, 2013). Esta visão, porém, não deve negligenciar peculiaridades locais, mantendo-se atenta aos princípios de boa governança, como participação, responsabilidade, transparência e representatividade (VIEIRA; RIBEIRO, 2010; AL-SAIDI, 2017; ATEF *et al.*, 2019).

Dado o exposto, a escolha da bacia hidrográfica do rio Capibaribe como estudo de caso considerou os seguintes fatores: a amplitude documental, de políticas, projetos e programas existentes; o fato de a bacia, no contexto do Projeto Áridas (IPEA, 1995), apresentar, ainda em 1995, as piores condições de sustentabilidade de seus recursos hídricos quando comparada a demais bacias brasileiras; o fato de ser uma bacia estadual com abrangência regional em termos de complexidade do ambiente; e sua extrema relevância para a SH e para o desenvolvimento do estado de Pernambuco e especialmente da Região Metropolitana do Recife (RMR).

As abordagens relacionadas à vulnerabilidade e sustentabilidade hídricas da bacia do Capibaribe estão presentes em instrumentos de planejamento, como o Projeto Áridas (IPEA, 1995; GONDIM FILHO, 1994) e o Projeto de Sustentabilidade Hídrica de Pernambuco (PSHPE) (PERNAMBUCO, 2012), além do próprio Plano Hidroambiental da Bacia do Capibaribe (PHA) (PERNAMBUCO, 2010a). Nos cenários tendenciais para o ano de 2020 do Projeto Áridas, quanto à qualidade e quantidade da água, as bacias do Capibaribe, Una e Ipojuca apresentaram os resultados mais críticos em termos de sustentabilidade hídrica.

⁵ Baseando-se em Braga *et al.* (2015) e Scott *et al.* (2013), entende-se por **desafios à SH**: problemas, obstáculos e/ou conflitos responsáveis por ameaçar ou comprometer a disponibilidade sustentável de quantidades e qualidades adequadas de água para sociedades e ecossistemas, contribuindo para sua maior vulnerabilidade.

Conforme o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) (PERNAMBUCO, 1998), a bacia do Capibaribe é a maior do Agreste pernambucano e a 4ª maior Unidade de Planejamento (UP) do estado, com área de 7.454,88 km², o equivalente a cerca de 7,58% da área de Pernambuco. O PHA Capibaribe reforça em seu Resumo Executivo que a bacia “exibe um ambiente complexo no qual se evidenciam contrastes climáticos, de relevo, de solos e de cobertura vegetal, além dos socioeconômicos, que exigem um modelo de gestão hídrica e ambiental que atenda às suas peculiaridades sub-regionais e locais” (PERNAMBUCO, 2010a, p.22).

Portanto, entende-se que as complexidades dos processos de gerenciamento das águas devem ser compreendidas com clareza, pois permitem trazer à tona obstáculos à consolidação de políticas públicas, por exemplo, possibilitando ainda encontrar oportunidades à reestruturação do sistema e ao fortalecimento de medidas adaptativas (CARVALHO; CURI, 2016; LOPEZ PORRAS; STRINGER; QUINN, 2019). Diante disso, espera-se a contribuição desta tese para uma sinalização concisa acerca dos desafios à SH presentes na escala da bacia do rio Capibaribe, ressaltando-se a relevância em superá-los com agilidade.

Esta pesquisa sugere duas formas principais para alcançar maior clareza na exposição desses desafios: a primeira por meio de mapas e a segunda por meio da proposta de um IVH. Considera-se que este índice pode ser compreendido como uma representação quantitativa de tais desafios. Entretanto, a medição através de um indicador composto representa uma dificuldade à parte, por consistir na quantificação de fenômenos dinâmicos (biofísicos, econômicos, sociais) que moldam as condições locais. Ainda assim, tendo em vista as projeções futuras de estresse sem precedentes na demanda e no fornecimento de água, um IVH é uma ferramenta poderosa para identificar impotências e estados de riscos dos sistemas, fortalecendo as estratégias adaptativas frente a um clima em constante alteração (ANANDHI; KANNAN, 2018).

O mapeamento desses entraves à luz da GIRH se faz relevante não apenas por trazer um olhar direto em torno das especificidades da bacia, mas por fazer uso de uma representação visual de linguagem acessível, permitindo a compreensão do conteúdo por diferentes atores envolvidos. Adicionado a isso, a proposta do IVH tem sua contribuição à medida que desenvolve uma metodologia para quantificar os desafios identificados, fornecendo métricas que permitem comparar desempenhos e estabelecer prioridades (CUTTER *et al.*, 2008). Sobretudo, os resultados devem cumprir papéis de mecanismos orientadores para alcançar a segurança hídrica na bacia, operacionalizando este conceito.

1.2 HIPÓTESE

A identificação dos desafios à segurança hídrica sob a ótica do modelo integrado de gestão das águas permite uma sinalização mais direta acerca de insuficiências históricas, e um Índice de Vulnerabilidade Hídrica pode ser utilizado como ferramenta para quantificar tais desafios.

1.3 OBJETIVOS

Conforme delineado abaixo, os objetivos do trabalho foram divididos em geral e específicos.

1.3.1 Objetivo geral

Identificar os principais desafios à segurança hídrica na bacia hidrográfica do rio Capibaribe à luz da gestão integrada dos recursos hídricos (GIRH)⁶ e propor a criação de um Índice de Vulnerabilidade Hídrica (IVH).

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Desenvolver uma estrutura teórica para compreender as evoluções conceituais relativas à segurança e à vulnerabilidade hídrica na perspectiva da sustentabilidade global.
- b) Discorrer sobre experiências de propostas e utilização de índices de vulnerabilidade hídrica, bem como de índices correlacionados ao conceito segurança hídrica.
- c) Traçar o panorama da Gestão Integrada de Recursos Hídricos na bacia em estudo.
- d) Identificar a existência de desafios institucionais e de planejamento, avaliando de que forma eles podem representar possíveis entraves à sustentabilidade hídrica na bacia.

⁶ O papel multidimensional da água exige o envolvimento de diversas instituições no gerenciamento deste recurso. Pode-se considerar a abordagem da GIRH como um sinônimo do conceito geral de desenvolvimento sustentável aplicado à gestão dos recursos hídricos. O conceito pressupõe uma visão holística, que implica a necessária informação acerca de dimensões sociais, econômicas e ambientais, bem como de suas relações mútuas (CEREZINI, 2018; WWAP, 2019).

1.4 METODOLOGIA E ESTRUTURA GERAL DA TESE

Quanto à metodologia, a tese se caracteriza como de natureza aplicada, com objetivo descritivo-exploratório e abordagem mista (qualitativa e quantitativa). Nesse sentido, adotou-se o estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Capibaribe-Pernambuco, Brasil. Segundo Lima *et al.* (2012), tal método faz uso de procedimentos variados de coleta dados, de forma que o processo de avaliação e interpretação pode envolver diferentes modelos de análise (de conteúdo, descritiva, documental, entre outros).

Do ponto de vista descritivo, o trabalho visa principalmente a descrição das características de uma população, fenômeno ou de uma experiência (GIL, 2008). No que se refere à característica exploratória, reforça-se que os estudos de caso são também utilizados como etapas de exploração na pesquisa de fenômenos pouco investigados ou ainda como estudos-piloto para orientação do *design* de estudos de casos múltiplos (YIN, 2005 *apud* CAVALCANTI, 2015, p.167).

Foram adotadas abordagens do tipo qualitativa, com emprego de metodologia de Observação Participante; e quantitativa, com expressão de informações por meio de dados numéricos. Dessa forma, conforme relata Yin (2015), as abordagens se complementam, permitindo uma melhor compreensão dos fenômenos estudados. Quanto às etapas metodológicas, estas foram detalhadas individualmente para cada objetivo proposto pela pesquisa, conforme representação do Quadro 1:

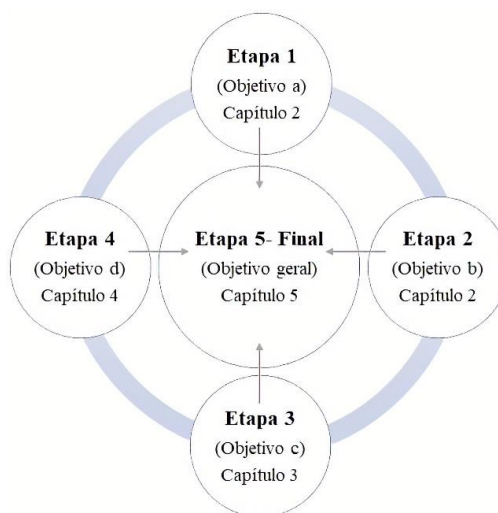
Quadro 1- Objetivos e Etapas Metodológicas

Objetivos	Etapas	Técnicas	Resultados
a) Desenvolver uma estrutura teórica para compreender as evoluções conceituais relativas à segurança e à vulnerabilidade hídrica na perspectiva da sustentabilidade global.	Capítulo 2- Etapa 1	Revisão bibliográfica	Quadros síntese; Mapa conceitual;
b) Discorrer sobre experiências de propostas e utilização de índices de vulnerabilidade hídrica, bem como de índices correlacionados ao conceito segurança hídrica.	Capítulo 2- Etapa 2	Revisão bibliográfica	Discussão Teórica;
c) Traçar o panorama da GIRH na bacia com base nos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos;	Capítulo 3- Etapa 3	Análise documental	Quadro síntese;
d) Identificar a existência de desafios institucionais e de planejamento, avaliando de que forma eles podem representar possíveis entraves à sustentabilidade hídrica na bacia.	Capítulo 4- Etapa 4	Triangulação metodológica	Matriz Swot; Discussão Teórica;
Geral: Identificar os principais desafios à segurança hídrica na bacia hidrográfica do rio Capibaribe à luz da gestão integrada dos recursos hídricos (GIRH) e propor a criação de um Índice de Vulnerabilidade Hídrica (IVH).	Capítulo 5- Etapa 5- Final	Triangulação metodológica	Mapas da bacia; Layout proposta IVH.

Fonte: A autora (2020)

A estruturação da tese se deu em formato de capítulos, sendo cada um destes referente à uma etapa, de maneira a facilitar a compreensão das ideias expostas, bem como os processos de submissão de artigos científicos. Reforça-se, no entanto, que as etapas foram delineadas para estabelecer uma sequência de fundamentações-base que dão suporte às etapas subsequentes e ao desenvolvimento global da pesquisa, convergindo para a consolidação do seu objetivo geral (Figura 1).

Figura 1- Esquema da estruturação geral da tese



Fonte: A autora (2020)

A primeira etapa (capítulo 2) traz um debate em torno de uma estrutura teórica que aborda as evoluções conceituais dos termos segurança hídrica e vulnerabilidade hídrica no contexto da sustentabilidade global, resultando em um mapa conceitual (“*theoretical framework*”). Tais evoluções foram abordadas ainda na esfera estadual, sendo apresentado quadro síntese das principais leis que guardam relação com o tema. O capítulo 2 abriga também a segunda etapa, na qual fez-se uso de ampla revisão bibliográfica de artigos científicos nacionais e internacionais para discorrer sobre experiências de propostas e utilização de índices de vulnerabilidade hídrica, bem como de índices de sustentabilidade na esfera dos recursos hídricos.

Na terceira etapa (capítulo 3), a análise de leis, projetos, programas e documentos complementares foi o método base escolhido para traçar o panorama da gestão integrada dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Capibaribe, tendo como base os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). A etapa número 4 (Capítulo 4) teve como objetivo a identificação de desafios no ambiente institucional da bacia hidrográfica do rio

Capibaribe. Os casos de análise foram a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) e o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe (COBH-CPB). Por fim, a etapa 5 atende ao objetivo geral da tese, apresentando os resultados: mapas dos desafios da bacia e *layout* da proposta do IVH.

2 SEGURANÇA E VULNERABILIDADE HÍDRICA: EVOLUÇÕES CONCEITUAIS À LUZ DA GESTÃO INTEGRADA E SUSTENTÁVEL

Nesta seção aborda-se a temática das evoluções conceituais da SH e VH à luz da GIRH.

2.1 OBJETIVO

Este capítulo teve como finalidade o desenvolvimento de uma estrutura teórica para compreensão de evoluções conceituais relativas à segurança e à vulnerabilidade hídrica na perspectiva da sustentabilidade global, além da identificação de experiências de propostas e utilização de índices correlacionadas a esses conceitos.

2.2 METODOLOGIA

A metodologia consistiu em extensa revisão bibliográfica de publicações que abordavam conceitos-chave intrínsecos ao tema, como: a) Sustentabilidade Global (*e.g.* UN, 2015); b) Socio-hidrologia (*e.g.* SIVAPALAN *et al.*, 2014; MAO *et al.*, 2017); c) GIRH (*e.g.* SAVENIJE; VAN DER ZAAG, 2008; GWP-C, 2015); d) SH (*e.g.* GWP, 2000; OECD, 2013); e) Resiliência (*e.g.* ADGER, 2000; DJALANTE; THOMALLA, 2010; MARCHESE *et al.*, 2018); f) Vulnerabilidade (*e.g.* ADGER, 2006; SULLIVAN, 2011; PLUMMER; de LOË; ARMITAGE, 2012). Entre outras publicações e legislações. A partir do aporte teórico, foi desenvolvido o mapa conceitual relativo à SH e à VH na perspectiva da sustentabilidade global.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados e discussões são apresentados a seguir.

2.3.1 Segurança Hídrica (SH)

Devido às perdas progressivas e generalizadas de serviços ecológicos, alcançar a segurança hídrica a partir de uma perspectiva de desenvolvimento sustentável requer um compromisso global significativo para redirecionar a trajetória descendente dos ecossistemas e promover níveis coletivos de gerenciamento de recursos naturais. Até o início dos anos 90, o conceito de SH estava significativamente focado em infraestruturas hidráulicas para conciliar demandas e disponibilidade de água, contando com soluções de engenharia centralizadas e sem considerar ou priorizar medidas de prevenção com boa relação custo-benefício (VÖRÖSMARTY *et al.*, 2018; GLEICK, 1993, 2002)⁷.

No entanto, esse conceito evoluiu substancialmente, passando a considerar análises multifatoriais que vão de encontro às visões tradicionalistas, nas quais as relações interdisciplinares e transdisciplinares costumavam ser negligenciadas (COOK; BAKER, 2012; JAMES; SHAFIEE-JOOD, 2017; BOGARDI *et al.*, 2012). As mudanças crescentes no clima e no uso e ocupação do solo tornaram a gestão da água uma tarefa difícil, acrescentando variabilidade hidrológica e incerteza aos processos de tomada de decisão (UNESCO, 2013). Nesse contexto, o conceito de SH também está evoluindo para acompanhar as complexas interações entre seres humanos e o meio ambiente.

Consequentemente, os desafios para alcançar a segurança da água assumiram uma dimensão global entre os governos, considerando fundamentalmente a sustentabilidade das nações. Tal fato contribuiu para o surgimento de novas estruturas conceituais que abordam a natureza inter-relacionada dos recursos globais, e exemplo do nexo água-energia-alimento. Esses três eixos estão sob pressão constante, considerando sua importância em sustentar a existência e a sobrevivência da vida humana, conforme apontado por Pasqual, Bollmann e Scott (2016), Pasqual, Lardizabal e Herrera (2015) e Rasul e Sharma (2014).

Os conceitos de segurança hídrica formulados por organizações internacionais incluem a importância da água para atender às demandas humanas essenciais de subsistência. Além da ONU, organizações como o *World Water Council*, *Global Water Partnership* e *WaterAid* exploram abordagens quantitativas e qualitativas da disponibilidade de água para as

⁷ Gleick (2002, p.373) traz o conceito de caminhos rígidos ou “*hard paths*” e caminhos flexíveis da água ou “*soft water paths*”: o primeiro depende quase exclusivamente da infraestrutura centralizada para captar, tratar e fornecer suprimentos de água, enquanto o segundo complementar o primeiro investindo em instalações descentralizadas, tecnologias, políticas eficientes e capital humano.

necessidades humanas básicas, destacando o papel de proteção do ecossistema e sua relevância na melhoria da vida das sociedades (UN WATER, 2013; WWC, 2012; GWP, 2014; WATERAID, 2012). A abordagem baseada no risco da água é contemplada pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OECD), que também considera os riscos responsáveis pelo enfraquecimento da resiliência dos sistemas de água doce (OECD, 2013).

Enquadramentos de múltiplas perspectivas para a SH e usando amplas revisões de literatura são apresentados por Hoekstra, Buurman e van Ginkel (2018), sublinhando-se que diferentes contextos contribuem para diferentes interpretações do termo. Destaca-se a atenção especial que tem sido dada às questões de segurança hídrica urbana (SHU), com estruturas integradas para abordagens quantitativas aplicáveis às cidades em todo o mundo (KRUEGER; RAO; BORCHARDT 2019), modelos de avaliação da SHU baseados na teoria de catástrofes (YANG *et al.*, 2012) e métodos de seleção de indicadores para medir a SHU de cidades ao longo do tempo (JENSEN; WU, 2018).

No que se refere a índices de segurança hídrica, muitos têm sido diretamente relacionados ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável da água (ODS-6). Gain, Giupponi e Wada (2016) usam uma estrutura de análise espacial de múltiplos critérios para fornecer uma primeira compreensão do status global de segurança hídrica. Os autores apresentam como meta monitorar o progresso em direção aos ODS em diferentes países (*e.g.* China, Índia, Austrália, Brasil), levando em consideração três dimensões principais (física, socioeconômica e governança) e agregando os indicadores de quatro critérios principais: 'disponibilidade', 'acessibilidade aos serviços', 'segurança e qualidade' e 'gestão'.

Métricas de SH baseadas em ODS também foram propostas por Van Noordwijk *et al.* (2016). Por meio de um estudo de caso na Indonésia, os autores afirmam que os ciclos de aprendizado adaptável provavelmente direcionam o progresso em direção aos ODS, supondo que a maneira como as pessoas e os ecossistemas possam se adaptar às mudanças climáticas seja a chave do conceito de segurança. O Quadro 2 apresenta um resumo dos conceitos de segurança hídrica abordados por órgãos internacionais e pela ANA.

Quadro 2- Principais conceitos de segurança hídrica

Autoria	Conceito de Segurança Hídrica
WaterAid 2012	O acesso confiável à água em quantidade suficiente e de qualidade para as necessidades básicas humanas, em pequena escala, garantia dos meios de subsistência e dos serviços dos ecossistemas locais, juntamente a uma adequada gestão dos riscos inerentes aos desastres relacionados com a água.
ONU 2013	A capacidade de uma população de salvaguardar o acesso sustentável a quantidades adequadas de água de qualidade para garantir meios de sobrevivência, o bem-estar humano, o desenvolvimento socioeconômico; para assegurar proteção contra poluição e desastres relacionados à água, e para preservação de ecossistemas em um clima de paz e estabilidade política.

OECD 2013	Gerir riscos associados à água, incluindo riscos de armazenamento de água, excesso, poluição e riscos de enfraquecer ou debilitar a resiliência dos sistemas de água doce.
World Water Council 2013	- Consiste, inicialmente, na garantia de necessidades essenciais do dia a dia, como saúde e alimento: água para produzir produtos alimentícios e melhorar rendimentos agrícolas; água limpa e segura para ajudar a reduzir doenças de veiculação hídrica- que continuam a ser uma das principais causas de morte. - Consiste ainda na garantia de segurança econômica e social para produção de bens e serviços necessários ao desenvolvimento e aumento da qualidade de vida. Também abrange a segurança ecológica para retornar à natureza o papel essencial da água para preservação da biodiversidade e manutenção de ecossistemas.
Global Water Partnership – GWP 2014	A essência da segurança hídrica é que o interesse pelo recurso base está acompanhado do interesse ao serviço que explora ou utiliza o recurso base, como o uso humano, agricultura, atividades econômicas e proteção ambiental. Ambos aspectos de qualidade e quantidade de água devem ser considerados uma vez que a qualidade afeta o valor da água e o impacto ao meio ambiente. Segurança hídrica significa aproveitar o potencial hídrico e combater os efeitos destrutivos da água; ou seja, os danos causados por inundações, secas, deslizamentos de terra, erosão, poluição e transmissão de doenças.
OECD GWP 2015	O objetivo da segurança hídrica é aproveitar as oportunidades e gerenciar os riscos associados à água e, ao fazê-lo, promover o crescimento sustentável e maior bem-estar.
ANA 2015	Condição que visa garantir quantidade e qualidade aceitável de água para abastecimento, alimentação, preservação de ecossistemas e demais usos, associados a um nível aceitável de riscos relacionados com a água para as pessoas, economias e meio ambiente.

Fonte: Adaptado de Melo e Formiga-Johnsson (2017)

Na escala nacional, observa-se por meio do exposto no quadro 2, que a ANA segue os moldes e tendências das organizações internacionais ao consolidar uma abordagem conceitual relativa à segurança hídrica no quadro da gestão dos recursos hídricos brasileiros. Porém, embora os objetivos de assegurar a quantidade e a melhoria da qualidade de água tenham sido contemplados na Política Nacional de Recursos Hídricos, o conceito de seguridade da água é recente e carece ainda de legitimidade. Nesse sentido, coloca-se em evidência o Projeto de Lei nº 65, de 2017, do Senado Federal, que propôs incluir a SH como um dos pilares da Lei das Águas e incluir os Planos de Segurança Hídrica entre os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 2017a).

Ainda na esfera nacional, faz-se importante destacar o papel do Plano Nacional de Segurança Hídrica, lançado em 2019, fruto de parceria entre a ANA e o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). O Plano se configura como iniciativa inédita no país, e se alinha com os conceitos internacionais de SH, visando, entre outros, assegurar “um planejamento integrado e consistente de infraestrutura hídrica com natureza estratégica e relevância regional, até o horizonte de 2035, para redução dos impactos de secas e cheias” (ANA, 2019a, p.17).

O PNSH concebeu o Índice de Segurança Hídrica (ISH), com o intuito de “retratar, com simplicidade e clareza, as diferentes dimensões da segurança hídrica, incorporando o conceito de risco aos usos da água” (ANA, 2019a, p.20). Assim como o ISH, indicadores compostos relacionados à SH têm sido eficazes ao utilizar parâmetros técnicos que permitem traçar panoramas da segurança dos recursos hídricos, especialmente em áreas urbanas e em bacias

hidrográficas em geral (*e.g.* RIBEIRO; PIZZO, 2011; TUCCI, 2017; DUTRA, 2017; WANG; LI; LI, 2018; MACHADO, 2018).

Partindo para uma abordagem da esfera estadual, em Pernambuco, pode-se verificar por meio de uma análise contextual histórica que houve uma consolidação de marcos político-institucionais responsáveis por introduzir formalmente o conceito de segurança hídrica. A preocupação em expandir os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário passou a agregar fatores relativos à melhoria da eficiência desses serviços e da gestão institucional, especialmente a partir do ano de 2010. No que se refere à legislação, o quadro 3 reúne os principais instrumentos legais de Pernambuco que guardam relação com o tema.

Quadro 3- Instrumentos legais de Pernambuco relacionados à temática de segurança hídrica

Ano	Instrumento Legal PE	Descrição da matéria
1971	Lei Estadual 6.307 29 de julho de 1971	Autoriza o Poder Executivo a constituir a Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) e dá outras providências.
1994	Decreto nº 18.251 21 de dez de 1994	Aprova o Regulamento Geral do Fornecimento de Água e da Coleta de Esgotos, realizadas pela Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA.
1997	Lei nº 11.426 17 janeiro de 1997	Dispõe sobre a Política e o Plano Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências.
	Lei nº 11.427 17 de janeiro de 1997	Dispõe sobre a conservação e a proteção das águas subterrâneas no Estado de Pernambuco e dá outras providências.
	Decreto nº 20.269 24 de dez de 1997	Regulamenta a Lei 11426/1997 que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Plano Estadual de Recursos Hídricos e institui o SIGRH.
1998	Decreto nº 20.423 26 de março de 1998	Regulamenta a Lei nº 11.427 de 17 de janeiro de 1997 que dispõe sobre a conservação e a proteção das águas subterrâneas no Estado.
	Decreto nº 20 786 10 de agosto de 1998.	Aprova o Regulamento do Código Sanitário do Estado de Pernambuco. Realiza a execução da política governamental de abastecimento de água e esgotamento sanitário.
1999	Lei nº 11.629 28 de janeiro de 1999	Dispõe sobre a estrutura organizacional do Poder Executivo Estadual, cria e extingue cargos e dá outras providências. Criação Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), extinta pela Lei complementar nº49 de 31 de janeiro de 2003 e novamente criada pela Lei 13.205, de 19 de janeiro de 2007.
2000	Portaria SRH nº 25 06 de junho de 2000	Estabelece distância mínima entre poços tubulares nas Bacias Sedimentares Costeiras de Pernambuco, define critérios e limites para captação de água subterrânea.
2003	Lei nº 12.505 16 de dez de 2003	Cria o Quadro de Servidores e Empregados da Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - CPRH, e dá outras providências.
2005	Lei nº 12.984 30 de dez de 2005	Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências.
2009	Resolução CRH nº 005/2009 –	Dispõe sobre aprovação de Projetos de conservação, proteção e recuperação dos Recursos Hídricos pelos Comitês de Bacias Hidrográficas/COBHS e Conselhos Gestores de Ações/CONSUS no Estado de Pernambuco e dá outras providências.
2010	Lei nº 14.028 26 de março de 2010	Cria a Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC, para complementar o SIGRH e fortalecer o planejamento e regulação dos usos múltiplos dos recursos hídricos e dá outras providências.
	Lei nº 14.090 17 de junho de 2010	Institui a Política Estadual de Enfrentamento às Mudanças Climáticas de Pernambuco, e dá outras providências. * Plano Estadual de Mudanças Climáticas (2011).
	Lei nº 14.091 17 de junho de 2010	Institui a Política Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, e das outras providências. * Programa Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação

	Lei nº 14.258 23 de dez de 2010	Institui a Política Estadual de Gerenciamento Costeiro, e dá outras providências. Tem por objetivo geral disciplinar e orientar a utilização dos recursos naturais da Zona Costeira do Estado de Pernambuco.
2012	Decreto nº 38.147 de 4 de maio de 2012	Estabelece os procedimentos para realização de aquisições e contratação de obras e serviços necessários à execução das ações emergenciais de combate aos efeitos da estiagem no âmbito do Estado de Pernambuco nos anos de 2011 e 2012.
	Resolução CRH nº 05 17 de outubro de 2012	Cria e nomeia Grupo de Trabalho para normatização de exploração de areia em leito seco de rios intermitentes em Pernambuco.
	Decreto nº 38.752 22 de Out de 2012	Estabelece procedimentos administrativos de fiscalização do uso de recursos hídricos no Estado de Pernambuco, e dá outras providências.
2013	Lei nº 14.922 18 de março de 2013	Institui a Política Estadual de Convivência com o Semiárido. *Plano Estadual de Convivência com o Semiárido*
2017	Resolução CRH nº02 03 de maio de 2017	Estabelece normas e procedimentos para obtenção de outorgas do direito de uso dos recursos hídricos em aluviões localizadas em rios intermitentes no Estado de Pernambuco, tendo em vista a exploração de areias.
	Portaria Conjunta APAC/CPRH nº 001/2017	Estabelecem condições e procedimentos para obtenção da Licença Ambiental e da Outorga do Uso dos Recursos Hídricos nos mananciais de domínio do Estado de Pernambuco.

Fonte: A autora (2020)

2.3.2 Vulnerabilidade Hídrica (VH)

Segundo Rotava (2014), muitos são os obstáculos e implicações no que diz respeito à obtenção de um conceito geral para a vulnerabilidade. O autor faz uma compilação de 22 definições para esse conceito, contemplando publicações entre os anos de 1980 e 2013, e reforçando que o termo muitas vezes se confunde “com definições anteriores de risco, e da mesma forma, parece ter problema na conexão entre o nível teórico e operacional” (ROTAVA, 2014, p.32). Este problema de relação teórico-operacional é também apontado por Berrouet, Machado e Villegas-Palacio (2018), que sinalizam ainda que, diante das degradações e perdas dos serviços ecossistêmicos, uma crescente atenção tem sido dada à análise da vulnerabilidade dos sistemas socioecológicos.

Em se tratando especificamente da vulnerabilidade hídrica, Perveen e James (2011, p.321) definem o termo como a “vulnerabilidade de uma região resultante da disponibilidade limitada de recursos hídricos e uso intensivo da água”. Nesse aspecto, Plummer, de Loë e Armitage (2012) realizaram uma síntese das ferramentas de avaliação de vulnerabilidade hídrica existentes, de maneira a facilitar o uso e adaptação de tais ferramentas a contextos particulares. Os autores identificaram 710 indicadores de VH, categorizados em 22 subdimensões e cinco dimensões (recursos hídricos; outros ambientes físicos; economia; instituições e social).

Da pesquisa dos autores acima citados, a GIRH surge chamando a atenção para uma gama diversificada de valores associados à água e a discussão ilustra até que ponto as ferramentas de avaliação da VH analisadas refletem uma abordagem holística. Esta discussão é também contemplada por Sullivan (2011), que realizou a identificação do estado atual da

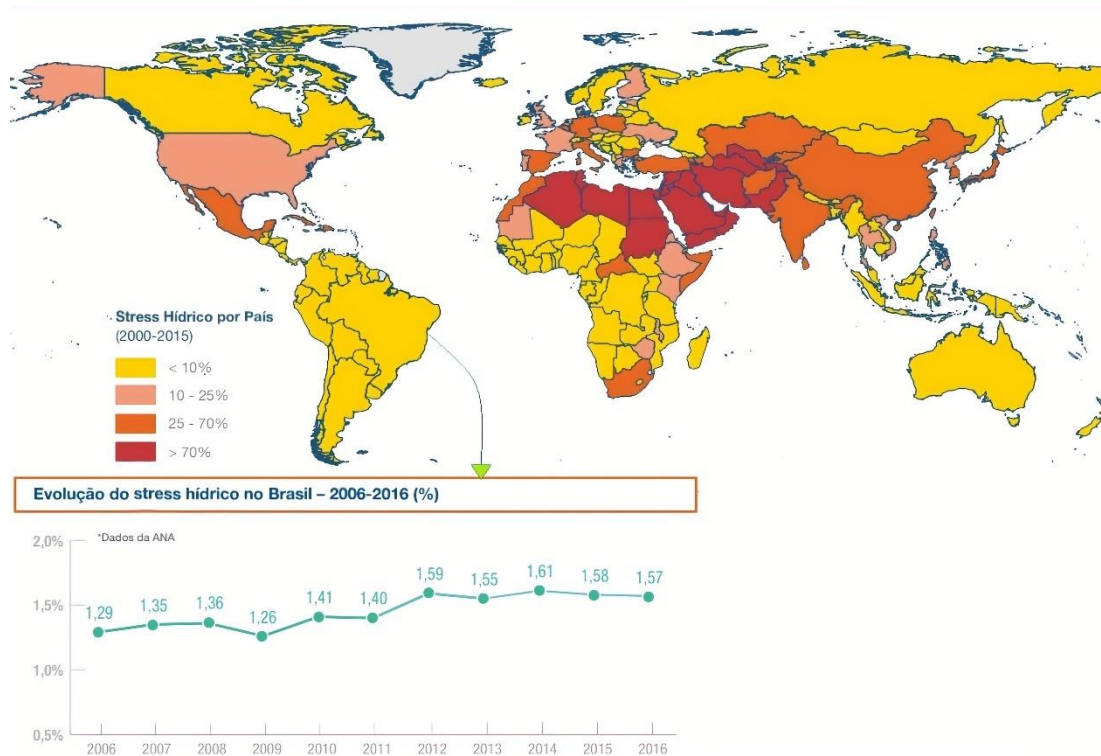
vulnerabilidade hídrica em escala municipal na África do Sul, e por Hurd *et al.* (1999), que apresentou um conjunto de indicadores de vulnerabilidade regional dos usos da água em bacias hidrográficas nos Estados Unidos.

Ainda no país norte-americano, observa-se um crescente interesse pelos estudos de VH a partir da década de 90. Gleick (1990, *apud* HURD *et al.* 1999, p.1400) examinou “cinco medidas de vulnerabilidade às mudanças climáticas e as aplicou a cada uma das 18 principais regiões de recursos hídricos dos EUA”. No México, Mendoza, Villanueva e Adem (1997) desenvolveram uma avaliação similar em regiões hidrológicas do país. No Brasil, também no início da década de 90, o IPEA adotou cinco estimadores da vulnerabilidade dos sistemas hídricos regionais, realizando ainda análises de vulnerabilidade às secas em cenários de mudanças climáticas (IPEA, 1995).

Tais análises foram desenvolvidas por meio de indicadores compostos de vulnerabilidade no contexto dos recursos hídricos, ferramentas que têm se mostrado úteis para medir o desempenho e a saúde das bacias hidrográficas e sistemas de água. É nessa perspectiva que Gleick (2015, p.2) afirma que “qualquer esforço para avaliar as vulnerabilidades dos recursos hídricos será limitado pela escolha de indicadores, pela qualidade e disponibilidade dos dados e por detalhes específicos da região”. O autor reforça, desta maneira a importância em “desenvolver definições, ferramentas e métricas claras que ofereçam maneiras consistentes de categorizar vulnerabilidades relacionadas à água, a fim de identificar pontos de acesso ou riscos regionais e as melhores estratégias para reduzi-los” (GLEICK, 2015, p.2).

Chamando a atenção novamente para o Brasil, salienta-se a relevância de avaliações de VH especificamente desenhadas para as realidades locais, principalmente de regiões críticas. Apesar de o país apresentar bons índices quando comparado no cenário mundial (Figura 2), as atuais conjunturas reafirmam disparidades históricas em termos da segurança hídrica dos sistemas brasileiros. No ano de 2015, 9% das cidades brasileiras necessitavam de novas fontes hídricas, e aproximadamente 50% apresentavam vulnerabilidades associadas à produção de água (ANA, 2019b).

Figura 2- Estresse hídrico no Brasil e no mundo



Fonte: ANA (2019b)

2.3.3 Mapa Conceitual e linha do tempo

A Figura 3 mostra a estrutura teórica desenvolvida para dar suporte ao mapa conceitual relativo à SH e à VH na perspectiva da sustentabilidade global.

Figura 3- Base teórica do mapa conceitual: SH e VH na perspectiva da sustentabilidade global



Fonte: A autora (2020)

Baseando-se no conteúdo da figura 3, destaca-se que o conceito de desenvolvimento sustentável surgiu na década de 1970, chamando atenção para o gerenciamento de recursos naturais do mundo de modo a manter as condições de vida na Terra. No contexto dos recursos hídricos, Marques, da Cruz e Pires (2015) apontam que os usos desse conceito nos serviços urbanos de água têm aumentado, principalmente aqueles inspirados nas perspectivas do tripé da sustentabilidade, ou *Triple Bottom Line (TBL)*. Conforme Liner e deMonsabert (2011,

p.335), "com o tripé da sustentabilidade, os esforços integrados de planejamento de recursos hídricos devem analisar alternativas para abordar as metas potencialmente conflitantes de economia (financeira), ambiental (saúde humana e ecológica). e questões sociais (benefício à humanidade)".

Com relação ao cenário atual de sustentabilidade global, abordando especificamente a Agenda 2030 e seus ODS, nota-se a partir do ODS-6 e de suas metas relacionadas, que a Gestão Integrada de Recursos Hídricos está inserida neste cenário. Segundo Nshimbi (2019), os princípios da GIRH visam aumentar a segurança da água através da implementação coordenada da gestão. Nesse sentido, estudos recentes têm usado ferramentas e métodos diversos para investigar os impactos da implementação da GIRH para melhorar os benefícios econômicos e ambientais em diferentes bacias hidrográficas (AL-JAWAD *et al.*, 2019). Tundisi (2008) reforça a inovação de sistemas de gestão diante do posicionamento central da água, considerando o panorama da sustentabilidade e das mudanças globais (Figura 4):

Figura 4- Inovação de Sistemas de Gestão dos Recursos Hídricos considerando posição central da água em relação a processos



Fonte: Tundisi (2008)

Faz-se importante ainda para esta discussão enfatizar as diferenças entre a GIRH e o conceito de Socio-hidrologia. Massuel (2018, p. 2510) afirma que “a Socio-hidrologia avançou no campo da hidrologia considerando os seres humanos e suas atividades como parte do ciclo da água, e não como fatores externos”. Essa ciência interdisciplinar tem um grande papel no gerenciamento sustentável da água, pois tem o estudo da coevolução dos seres humanos e da água na paisagem como sua essência. Portanto, a prática da GIRH é fundamentalmente apoiada pela ciência da Socio-hidrologia (SIVAPALAN *et al.*, 2014).

Trazendo o conceito de resiliência para esse contexto, Mao *et al.* (2017, p. 3665) argumentam que 'avaliar a resiliência em um contexto socio-hidrológico é desafiador por conta dos diferentes enquadramentos da resiliência relacionados à água, incluindo resiliência hidrológica a distúrbios antropogênicos, resiliência social a desastres hidrológicos e resiliência socio-hidrológica. Os autores também apontam que as intervenções precisam ser consideradas em todas as fontes de resiliência, incluindo os subsistemas humanos e de água.

Na mesma dimensão complexa, a segurança hídrica é definida por Srinivasan, Konar, Sivapalan (2017, p.12) como um “problema multifacetado, indo além do mero equilíbrio de oferta e demanda. As primeiras tentativas de quantificar a segurança dos recursos hídricos basearam-se em abordagens estáticas pautadas em índices que falharam em reconhecer que a ação humana é intrínseca ao ciclo da água”.

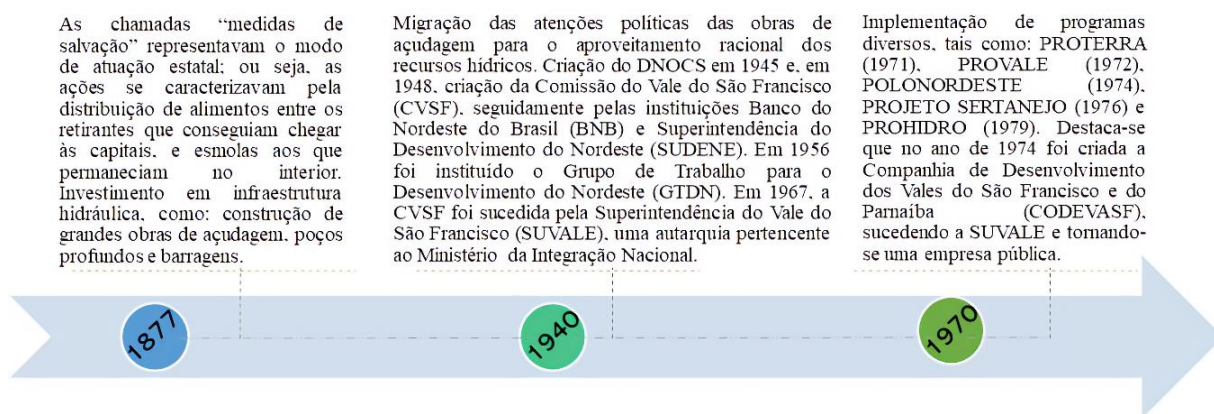
Ainda no tocante à Figura 3, Plummer, de Loë e Armitage (2012) afirmam que as avaliações de vulnerabilidade hídrica precisam ser holísticas, de maneira a serem, assim, úteis para os atores e formuladores de políticas de água. Tal afirmação corrobora o disposto nas literaturas, nas quais sugere-se que as práticas de gestão centralizada de cunho fundamentalmente higienista contribuem para que os sistemas estejam mais suscetíveis a danos em função da exposição a forças externas relacionadas à água. As concepções higienistas de gerenciamento hídrico trazem problemas intrínsecos: à medida que o foco recai nas consequências da urbanização, inicia-se uma espiral de demandas na qual são aceitos volumes de escoamento cada vez maiores (MIGUEZ; GREGORIO; VEROL, 2017).

Essa disposição administrativa de caráter centralizador teve como alicerce predominante um conhecimento científico unifocal essencialmente pragmático, que, opondo-se às premissas da socio-hidrologia, por exemplo, negligenciava a interdisciplinaridade característica da ciência hidrológica (TUCCI, 1993). Salienta-se aqui o disposto por Dooge (1988, p. 64), de que “o desenvolvimento dos recursos hídricos não é simplesmente a aplicação do conhecimento hidrológico a um problema de projeto na engenharia hidráulica. A alocação eficiente e racional de recursos do desenvolvimento da água deve se preocupar também com recursos financeiros e humanos”.

No caso brasileiro, os caminhos em destino à insegurança hídrica vinham sendo fortalecidos pelas práticas de gestão centralizadora, nas quais os governos estaduais e federal definiam suas políticas sem que houvesse a participação da sociedade civil, usuários de água e governos locais (ABERS; JORGE, 2005). Tais tipos de práticas tendem a ser desatentas aos aspectos de justiça

social, fator que favorece a propensão para conjunturas de estresse hídrico.⁸ (WADE, 2018). De acordo com Campos e Fracalanza (2010), a descentralização do sistema brasileiro de gestão hídrica seguiu a Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988) e foi inspirada nos aspectos do modelo francês de gestão participativa, considerando a criação de agências e comitês de bacia. Em termos de políticas públicas para alcance da SH, Passador *et al.* (2007) configuram uma linha do tempo com três períodos a saber (Figura 5):

Figura 5- Linha do tempo de Políticas Públicas brasileiras para garantia da SH

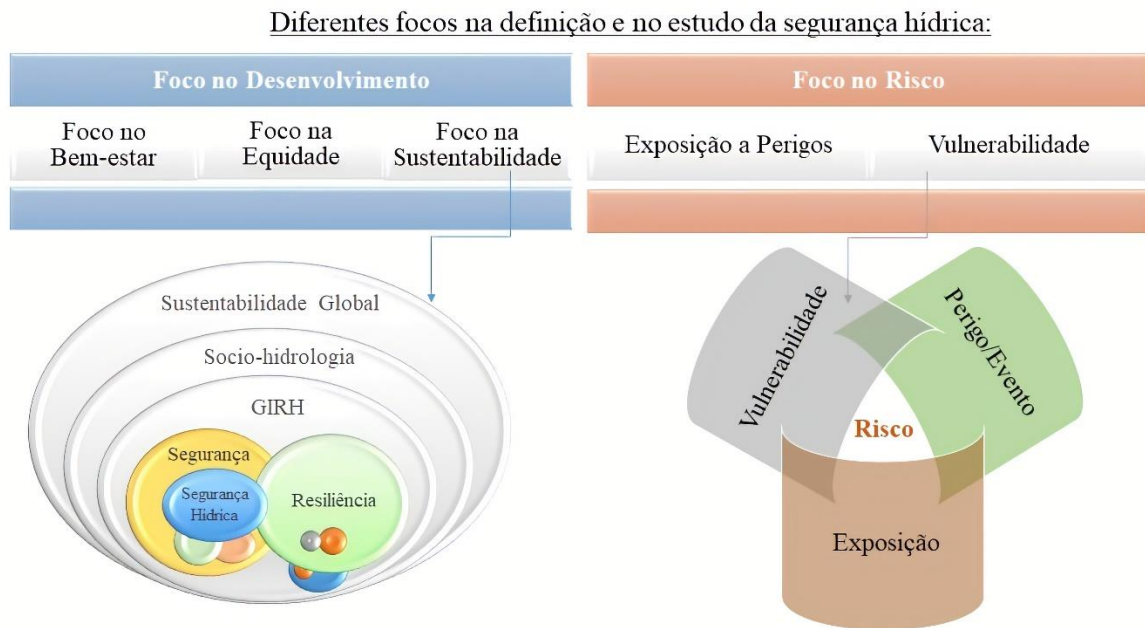


Fonte: A autora (2020)

Considerando-se o exposto, a Figura 6 sintetiza as discussões apresentadas neste capítulo e apresenta o mapa conceitual para elucidar as abordagens de SH e de VH na perspectiva da sustentabilidade global.

⁸ “O **estresse hídrico** é o resultado da escassez de água e pode se manifestar como insegurança na água potável, acesso deficiente, saúde precária, conflito sobre os recursos hídricos, falha na colheita, insegurança alimentar e / ou insegurança energética” (WATERAID, 2012, p.9).

Figura 6- Mapa conceitual da SH e da VH na perspectiva da sustentabilidade global



Fonte: A autora (2020)

Segundo Hoekstra, Buurman e van Ginkel (2018), existem diferentes focos na definição e no estudo da segurança hídrica: (i) focos no desenvolvimento e (ii) focos no risco. Com relação ao (i), o foco na sustentabilidade foi o utilizado nesta pesquisa. Nesse sentido, baseando-se em Lew *et al.* (2016), este estudo concorda que um entendimento prático da perspectiva da sustentabilidade é em termos de seus objetivos principais, que visam, entre outros, a proteção e manutenção (segurança) dos recursos naturais (*e.g.* água), enfrentando e mitigando mudanças indesejáveis (resiliência).

No que se refere aos focos no risco, a abordagem analisada foi a da vulnerabilidade. De acordo com Garrick e Hall (2014), o risco não é diretamente observável, devendo, portanto, ser avaliado em função de suas componentes perigo, exposição e vulnerabilidade, às quais conceituam-se da seguinte forma (GARRICK; HALL, 2014, p.619):

- Perigo- Fenômenos com potencial de causar danos ou prejuízos: secas, inundações, abastecimento/saneamento inadequado, qualidade prejudicial da água;
- Exposição- Pessoas, meios de subsistência, infraestrutura e ativos socioeconômicos que podem sofrer danos causados por eventos perigosos;
- Vulnerabilidade: Propensão a sofrer danos.

Miguez, Gregorio e Verol (2017) complementam que a vulnerabilidade age no sentido contrário ao da resiliência, diminuindo as capacidades de recuperação e resistência dos sistemas. Cutter *et al.* (2008) acrescentam que as práticas ambientais insustentáveis adicionam vulnerabilidade às sociedades, à medida que reduzem as oportunidades para alcance da resiliência. De acordo com os autores, embora sejam processos dinâmicos, vulnerabilidade e resiliência são comumente considerados fenômenos estáticos para propósitos de medição.

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto no presente capítulo, observa-se que as evoluções conceituais no campo dos recursos hídricos passaram a contemplar abordagens interdisciplinares com análises socioambientais que, por muito tempo, costumaram ser negligenciadas. Especialmente após a eclosão do modelo de GIRH, faz-se cada vez mais necessário compreender as novas concepções no contexto da sustentabilidade e das mudanças globais. Tal fato se faz relevante não apenas por fornecer as bases para análises mais precisas, mas para que os conceitos possam ser operacionalizados e introduzidos nos projetos de sistemas hídricos e nos processos de governança da água em geral.

3 PANORAMA DA GIRH NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIBARIBE

Aborda-se nesta seção o panorama da Gestão Integrada de Recursos Hídricos na bacia em estudo.

3.1 OBJETIVO

Neste capítulo, objetivou-se traçar um panorama da GIRH na bacia hidrográfica do rio Capibaribe com base nos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos.

3.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Apresenta-se a seguir a fundamentação teórica.

3.2.1 Direito à água: aspectos gerais da PNRH

O reconhecimento da água como direito humano fundamental é ainda recente e a proteção deste direito exige, além da sua formalização normativa, esforços constantes para sua consolidação prática. No panorama mundial, a chamada “Década da Água Potável”, período entre 1980 e 1990, marcou o início de maiores conscientizações em torno deste direito. Porém, seu reconhecimento se firmou apenas no ano de 2010, por meio da Resolução 64/292- “O direito humano à água e ao saneamento” – da ONU (AITH; ROTHBARTH, 2015; ONU, 2010).

No Brasil, o processo histórico-jurídico do direito à água possui marcos temporais, tendo início com a promulgação da Constituição Federal de 1988, à qual deu sustentação para o que seria reverberado anos após, em 1997, com a chamada Lei das Águas (9433/97). Destaca-se, entre este período, a realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), no Rio de Janeiro. Também conhecida como Cúpula da Terra, ou ainda Eco-92 e Rio-92, a CNUMAD teve como principal fruto a assinatura da Agenda 21⁹,

⁹ Assinada por 179 países, a Agenda 21 representou um grande marco em prol do desenvolvimento sustentável das nações. No cenário nacional, houve a construção da Agenda 21 Brasileira, que teve sua primeira fase entre 1996- 2002 e foi posteriormente elevada à condição de Programa do Plano Plurianual (PPA 2004-2007). Ressalta-se ainda o Decreto Presidencial de 03 de fevereiro de 2004, que cria a Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Brasileira, e dá outras providências (BRASIL, 2004).

que dispõe em seu capítulo 18 sobre a “Proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos” (BARBOSA; BARBOSA, 2012).

A Lei 9433/97 institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) e regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal. Entre os objetivos da PNRH, conforme art. 2º da referida Lei, tem-se o de “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (BRASIL, 1997).

Em oposição ao Código de Águas de 1934, o qual apresentava como foco o controle e incentivo do aproveitamento industrial das águas (BRASIL, 1934), a Lei das Águas formaliza os pressupostos da GIRH no Brasil por meio da descentralização administrativa, instituindo a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da PNRH. Nessa conjuntura, Wolkmer e Pimmel (2013) evidenciam as complexidades adicionadas com este processo, visto que a bacia impõe novas integrações entre as divisões espaciais geopolíticas e os espaços naturais geográficos. Os autores reforçam, todavia, a importância desta mudança, considerando-se que as bacias hidrográficas constituem as principais formas naturais terrestres dentro do ciclo hidrológico, captando entradas (precipitação) e convergindo-as em saídas de água (escoamento).

No que se refere às Competências Constitucionais do direito de legislar sobre as águas no Brasil, estas são gozadas somente pela União e pelos Estados, não possuindo, os municípios, domínio ou titularidade das águas (POMPEU, 2010). Cabe citar, portanto, o art. 31 da Lei 9433/97, o qual aponta:

Na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, os Poderes Executivos do Distrito Federal e dos municípios promoverão a integração das políticas locais de saneamento básico, de uso, ocupação e conservação do solo e de meio ambiente com as políticas federal e estaduais de recursos hídricos. (BRASIL, 1997, art. 31).

Tratando-se de águas subterrâneas, conforme art. 26 da Constituição Federal¹⁰, sua gestão e dominialidade serão sempre do estado. Senra e Hager (2003) falam dos papéis dos estados de São Paulo e Pernambuco, os primeiros a apresentarem legislações específicas acerca do assunto. Nessa perspectiva, muitos autores têm discorrido sobre as fragilidades do arcabouço legal brasileiro em termos de águas subterrâneas. Tendo em vista a relevância dos recursos hídricos

¹⁰ No ano de 2000, uma a Proposta de Emenda à Constituição- PEC 43/2000 (BRASIL, 2000a) teve como ementa “Modificar a redação dos artigos 20, III, e 26, I, da Constituição Federal, para definir a titularidade das águas subterrâneas”. A PEC foi, no entanto, rejeitada.

subterrâneos para a segurança hídrica nacional, verifica-se a urgência de aprofundamentos da PNRH no tocante à temática, especialmente considerando-se as quedas de qualidade das águas superficiais, que têm crescido demandas descontroladas sobre os aquíferos (HAGER *et al.*, 2002; ALVES JR; HERRMANN, 2016; VILLAR, 2016).

A promulgação da Lei das Águas ampliou as possibilidades de utilização de instrumentos de gestão no país, porém trouxe desafios diversos que vão desde o entendimento desses instrumentos até a sua integração e implementação (SILVA; RIBEIRO, 2006). Nesse sentido, notam-se esforços para medir a implementação dos instrumentos de gestão da PNRH, com casos de estudo na bacia do rio São Francisco (SPINOLA; VITORIA; CERQUEIRA, 2016; BRITO, 2017), na bacia interestadual Piancó-Piranha-Açú (DICTORO; HANAI, 2015) e na lagoa Rodrigo de Freitas (PEREIRA; MEDEIROS, 2009). Na esfera institucional, sublinha-se o Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas (Progestão), regulamentado por meio da Resolução ANA nº 379/2013 (ANA, 2018). A Figura 7 mostra os cinco instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

Figura 7- Instrumentos da PNRH

Instrumentos da PNRH- Lei 9433/97		
Planejamento Controle adm. do uso Planejamento	C&C	Planos de Recursos Hídricos (PRH) Art. 6: planos diretores que visam a fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos.
	C&C	Enquadramento dos corpos d'água Art. 9: enquadramento em classes, segundo os usos preponderantes da água, visando a ação preventiva e assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas.
	C&C	Outorga dos direitos de usos dos recursos hídricos Art. 11: tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.
	Econômico	Cobrança pelo uso de recursos hídricos Art. 19: objetiva: I - reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor; II - incentivar a racionalização do uso da água; III - obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos.
	De informação	Sistema de informações sobre recursos hídricos (SNIRH) Art. 25: sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão. *Os dados gerados pelos órgãos integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos serão incorporados ao Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos.

Fonte: A autora (2020).

De acordo com Moura (2016), os instrumentos de políticas ambientais no Brasil podem ser classificados em quatro grandes grupos: i) instrumentos regulatórios ou de comando e controle (C&C); ii) instrumentos econômicos; iii) instrumentos de cooperação e acordos voluntários; e

iv) instrumentos de informação. No âmbito da PNRH, a classificação feita pela autora compreende os seguintes grupos:

- C&C: buscam direcionar o comportamento da sociedade e dos agentes econômicos por meio de permissões ou proibições previamente estabelecidas, baseadas em restrições legais, regulamentações ou normatizações; - Econômicos: direcionam e incentivam indiretamente comportamentos favoráveis ao meio ambiente, por meio de custos ou benefícios associados às alternativas de ação; - De informação: buscam orientar, influenciar ou persuadir os agentes públicos ou privados a atuarem de forma benéfica ao meio ambiente, por meio da disponibilização de informações e da disseminação de valores favoráveis ao meio ambiente. (MOURA, 2016, pp. 112-114).

Para Granziera (2001) a divisão destes instrumentos se dá em dois grandes grupos, sendo um relativo ao planejamento e outro referente ao controle administrativo do uso. Já Porto e Porto (2008) afirmam que os instrumentos podem ser enquadrados, de acordo com sua finalidade, em: de disciplinamento (outorga), de incentivo (cobrança) e de apoio (sistemas de informação).

Entre os instrumentos de planejamento, os PRH e o enquadramento dos corpos d'água assumem papéis de destaque quanto à ampliação das possibilidades do planejamento tradicional, tendo em vista as características de construção de consensos por meio de processos participativos. Os PRH devem ser adotados como instrumentos prioritários e de visão de longo prazo, devendo ser elaborados nas escalas nacional, estadual e de bacias- havendo inter-relação entre os planos de diferentes escalas (SANTIN; GOELLNER, 2013; MOURA; SILVA, 2017).

Apesar do reconhecimento como instrumento mais importante da PNRH, Silva (2006) enfatiza que os PRH têm sido elaborados, de maneira geral, por iniciativas isoladas, fator que acentua a desintegração destes instrumentos. Quanto ao enquadramento, este estabelece metas de qualidade dos recursos hídricos pactuadas entre os diferentes atores da bacia. Os critérios sobre a classificação dos corpos d'água, as diretrizes para o enquadramento e as condições e padrões de lançamentos de efluentes encontram-se dispostos na Resolução CONAMA nº 357/2005 (ANA, 2016; LUZ; FERREIRA, 2011).

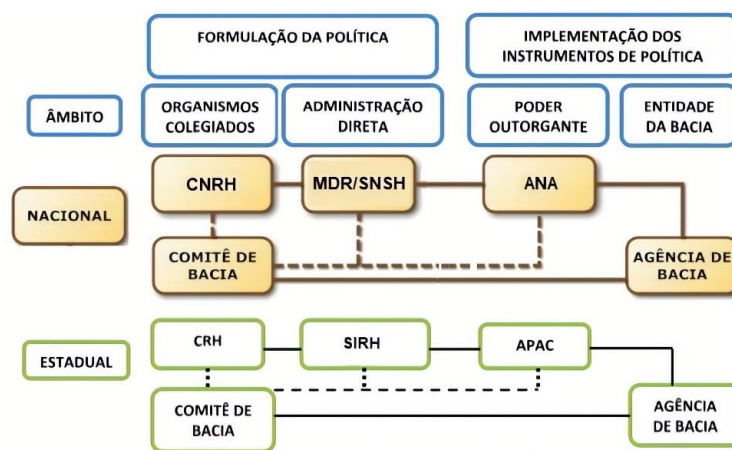
No grupo dos instrumentos de controle administrativo do uso encontram-se a outorga e a cobrança. Segundo Trindade (2016), a outorga visa manter o controle quali-quantitativo dos usos dos recursos hídricos e a garantia do efetivo exercício dos direitos de acesso à água. Único instrumento de natureza econômica, a cobrança, se adequadamente implantada, contribui para garantir a sustentabilidade das bacias, favorecendo mudanças comportamentais dos usuários e usos mais racionais dos recursos hídricos (VERA, 2014; SILVA; RIBEIRO, 2006). “A

cobrança está condicionada à existência de outorga, que lhe é precedente, seja ela provisória, seja definitiva” (ROCHA; KHOURY; DAMASCENO, 2018, p. 155).

Acerca do SINGREH, este possui entre seus objetivos, conforme art. 32 da Lei das Águas, implementar a PNRH e arbitrar administrativamente conflitos relacionados aos usos dos recursos hídricos. Integram o SINGREH (art. 33): I – o Conselho Nacional de Recursos Hídricos; I-A. – a Agência Nacional de Águas; II – os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; III – os Comitês de Bacia Hidrográfica; IV – os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídrico e V – as Agências de Água.

Cabe salientar que a Lei 13.844/2019 alterou o disposto na Lei 9.984/2000, e a ANA passou a ser autarquia sob regime especial vinculada ao Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), o qual dispõe de uma Secretaria Nacional de Segurança Hídrica (SNSH). A Figura 8 mostra a estrutura do SINGREH e do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos do estado de Pernambuco

Figura 8- Sistemas Nacional e Estadual de Gerenciamento Recursos Hídricos



Fonte: Adaptado de Pernambuco (2010a)

3.2.2 Aspectos gerais da GIRH em Pernambuco e na bacia do Capibaribe

Na última década houve um avanço expressivo no que se refere à formulação de leis, programas e projetos para fortalecimento da segurança hídrica no estado de Pernambuco. Segundo Gouveia e Pedrosa (2015), as políticas governamentais para enfrentamento da escassez de água no estado têm sido fortemente embasadas, tendo como suporte um conjunto amplo de dispositivos legais. Os autores salientam, porém, que os processos de aplicação das

leis sugerem aperfeiçoamentos, refletindo as dificuldades de implementação que são observadas em diversas áreas de atuação do setor público brasileiro.

A gestão dos recursos hídricos em Pernambuco foi legalmente instituída pela Lei estadual 11.426/1997 (PERNAMBUCO, 1997) (revogada pela Lei Estadual nº 12984 de 2005), que prevê a Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH) e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIGRH) (PERNAMBUCO, 2005). O arranjo mais recente de gestão hídrica estadual foi consolidado por meio da Lei nº 16.520, de 27 de dezembro de 2018 (PERNAMBUCO, 2018), conforme apresentado na figura 8. Tal Lei dispõe sobre a estrutura e o funcionamento do Poder Executivo estadual e atribui à Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos (SIRH) a responsabilidade de “formular e executar as políticas estaduais de recursos hídricos e de saneamento; coordenar o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco; implantar e consolidar os instrumentos da política estadual de recursos hídricos” (PERNAMBUCO, 2018, p.1) entre outras atribuições.

Nesse contexto, destaca-se o papel da Agência Pernambucana de Águas e Clima, que compõe a estrutura descentralizada do Poder Executivo estadual. Criada no ano 2010, através da Lei Estadual nº 14.028 (PERNAMBUCO, 2010b), a agência tem como finalidade a execução da PERH e o controle do uso da água na esfera dos recursos hídricos estaduais e dos federais nos termos delegados. A APAC é autarquia sob regime especial (entidade da administração pública estadual indireta) com personalidade jurídica de Direito Público e autonomia administrativa, técnica e financeira, vinculada à Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos de Pernambuco (PERNAMBUCO, 2010b, 2018).

A agência é também responsável pelo monitoramento hidrometeorológico, previsões de tempo e clima, além da operação dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos no estado. Órgão executor da Política Estadual de Recursos Hídricos, a autarquia é ainda autoridade outorgante do direito de uso dos recursos hídricos estaduais, o que inclui a outorga de direito de usos para construção de barragens, sendo, nos termos da Lei Federal 12.334/2010 (BRASIL, 2010), órgão fiscalizador do cumprimento da Lei de Segurança de Barragens.

A APAC tem a função de dar suporte e apoio ao funcionamento dos colegiados de bacias hidrográficas, instâncias responsáveis por tomar decisões e acompanhar a execução dos programas em seus respectivos âmbitos de atuação (LIMA *et al.*, 2018). Em se tratando dos Comitês de bacia hidrográfica, suas atribuições estão previstas na Lei 12.984 de 2005 (PERNAMBUCO, 2005). Assim, a Resolução nº 07 do CRH, de 08 de maio de 2007, dispõe sobre a homologação da criação do Comitê da bacia hidrográfica do rio Capibaribe –

COBH/Capibaribe, órgão colegiado, consultivo e deliberativo, que compõe o SIGRH (PERNAMBUCO, 2007).

O COBH/Capibaribe foi constituído em 23 de março de 2007, tendo entre suas finalidades, dispostas no art. 2 da citada Resolução nº 07 do CRH: “V – assegurar o uso múltiplo das águas de superfícies e subterrâneas; e X - estudar e propor alternativas de desenvolvimento sustentável da bacia” (PERNAMBUCO, 2007, p. 12). Entre as atribuições do comitê, têm-se “VI – aprovar o enquadramento dos corpos de água em classe de uso preponderante e encaminhar ao CRH para a homologação; e XI – propor ao CRH valores a serem cobrados pelo uso dos recursos hídricos na bacia, na ausência de Agências de Bacias” (PERNAMBUCO, 2007, p. 12). No que se refere à composição do COBH/Capibaribe, esta baseia-se no disposto no art. 46 da Lei 12.984/2005, que teve sua redação alterada pelo art. 30 da Lei nº 14.028/2010:

Art. 46. Os COBHs serão compostos por:

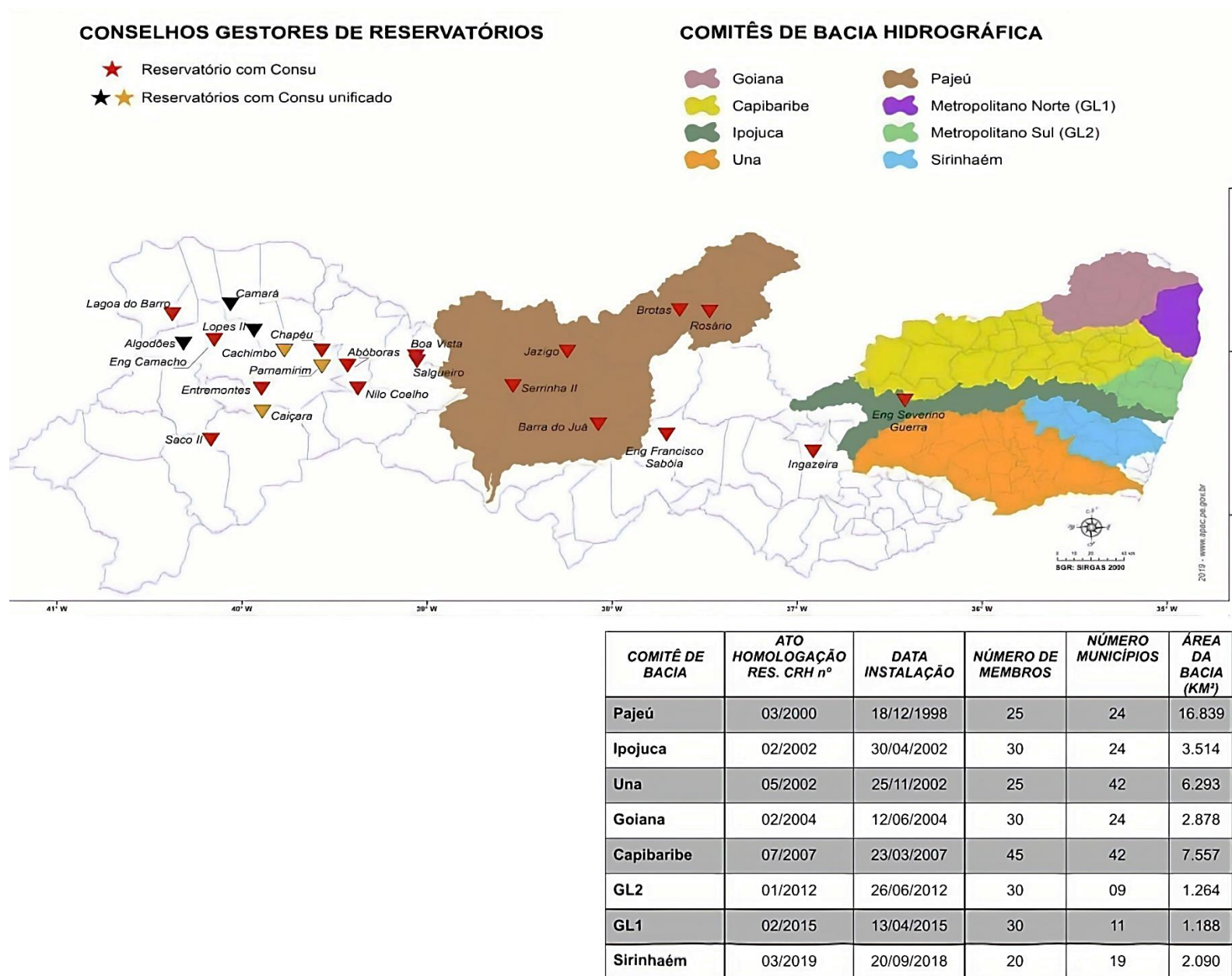
I - representantes dos Poderes Executivos da União, do Estado e dos Municípios, inseridos na área da bacia hidrográfica respectiva, correspondendo a, no mínimo 20% (vinte por cento) e, no máximo, a 40% (quarenta por cento) do total de membros; II - representantes de entidades civis, correspondendo a, no mínimo, 20% (vinte por cento), e a, no máximo 40% (quarenta por cento) do total de membros, cabendo a sua escolha e indicação por: a) universidades, institutos de ensino superior e entidades de pesquisa e desenvolvimento tecnológico; e b) organizações sociais e não governamentais com atuação em recursos hídricos, previstas nesta Lei; III – usuários de recursos hídricos, correspondendo a 40% (quarenta por cento) dos membros. (PERNAMBUCO, 2005, art. 46).

No contexto de programas e projetos para aprimorar o sistema de gestão e regulação do uso da água em Pernambuco, destaca-se o Projeto de Sustentabilidade Hídrica. Com acordo de empréstimo firmado com o Banco Mundial assinado em 2000, o PSHPE teve efetividade declarada em junho de 2010. O projeto objetivou a melhoria da oferta sustentável de água e serviços de saneamento para a população residente na Bacia do rio Capibaribe e na Região Metropolitana do Recife, sendo a obra do sistema Pirapama a contrapartida do governo de Pernambuco junto ao Banco Mundial (BIRD) (PERNAMBUCO, 2012).

Contemporâneo ao PSHPE tem-se o PHA-Capibaribe, lançado em 2010. Baseado no Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe (PDRH Capibaribe-2002- PERNAMBUCO, 2002), o PHA é fruto do contrato nº 004/2009 firmado entre o governo de Pernambuco, por meio da Secretaria de Recursos Hídricos, e Consórcio, com recursos do PROÁgua Nacional e do Banco Mundial. O processo de elaboração do PHA Capibaribe incluiu a participação crítica de uma câmara técnica do COBH/Capibaribe, que contribuiu com

avaliações de conteúdo e sugestões nas diversas etapas de formulação (PERNAMBUCO, 2010a). A figura 9 mostra um mapa da localização dos COBHs em Pernambuco.

Figura 9- Comitês de bacia hidrográfica em Pernambuco



Fonte: Sá (2019)

3.2.3 A bacia hidrográfica do rio Capibaribe

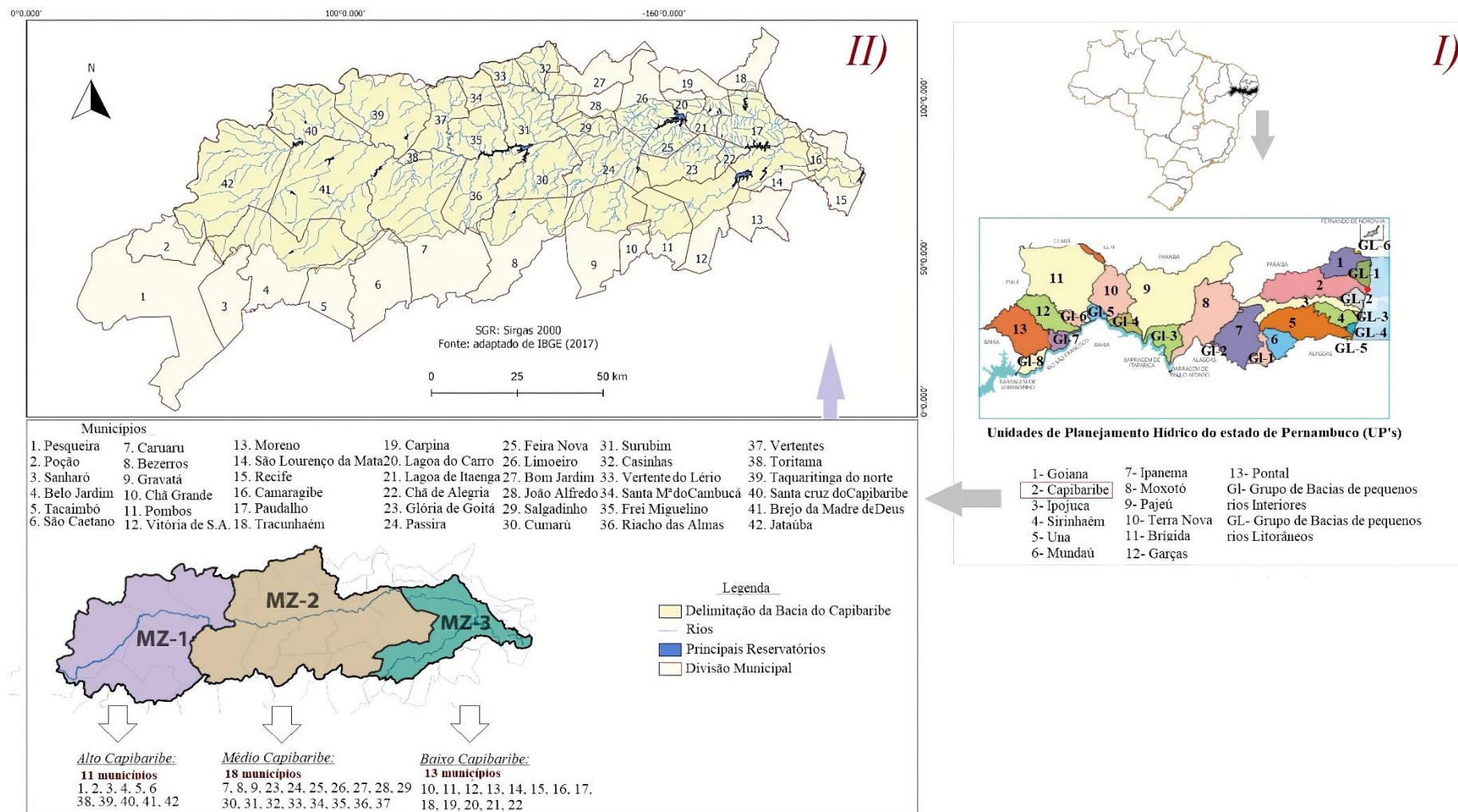
A bacia do rio Capibaribe (figura 10) é uma das principais unidades de planejamento hídrico do estado de Pernambuco (UP2), localizando-se na porção nordeste do estado, entre 07° 41' 20" e 08° 19' 30" de latitude sul, e 34° 51' 00" e 36° 41' 58" de longitude oeste. No seu curso de aproximadamente 275 km desde a sua nascente, entre os municípios de Poção e Jataúba, até a sua foz, na capital Recife, o rio corta 42 municípios, dos quais 15 estão totalmente inseridos na área da bacia, 16 estão parcialmente inseridos e 11 possuem sede na bacia (PERNAMBUCO, 2010c).

A bacia se divide em três macrozonas, MZ-1, MZ-2 e MZ-3, identificadas respectivamente como Alto, Médio e Baixo Capibaribe. No Alto e Médio Capibaribe encontram-se 29 municípios, havendo déficits hídricos. Em decorrência desse fato, além da imperativa necessidade de conservação de água nos leitos arenosos de cursos d'água intermitentes, é essencial a importação desse recurso natural, principalmente do rio São Francisco, através de canais e adutoras. Na área do baixo Capibaribe, MZ-3, há um balanço hídrico positivo, visto que as necessidades podem ser atendidas pela produção de água na própria macrozona, necessitando apenas de uma boa gestão dos recursos hídricos em relação à recarga das áreas de aquíferos, controle de poluição e orientação à demanda (BRAGA, 2016; BRAGA *et al.* 2015).

Há uma alta variabilidade em termos de precipitações na bacia, com valores entre 600 e 2400 mm ao ano e um total anual médio de aproximadamente 1135 mm. A porção oeste apresenta clima semiárido com 550 mm/ano de chuva e temperatura média do ar entre 20 e 22°C, sendo caracterizada por solos rasos e vegetação de Caatinga (arbustos de espinhos, cactos e gramíneas). Periodicamente esta região sofre com as consequências dos eventos de seca. A parte leste da bacia, por sua vez, é caracterizada por solos mais profundos, vegetação de Mata Atlântica e clima úmido/subúmido, com 2400 mm/ano de chuva e temperatura média do ar entre 25 e 26°C. Quanto ao regime fluvial, o rio é intermitente em seu alto e médio cursos, tornando-se perene a partir da cidade de Limoeiro (PERNAMBUCO, 2002; RIBEIRO NETO *et al.*, 2014; MOURA *et al.*, 2017).

A Figura 10 foi desenvolvida a partir de IBGE (2017); Pernambuco (2010a) e Silva, Montenegro e Souza (2017).

Figura 10- Bacia hidrográfica do rio Capibaribe- Pernambuco, Brasil



Fonte: A autora (2020).

3.3 METODOLOGIA

Neste capítulo, assim como no seguinte, houve prevalência da abordagem metodológica qualitativa. De maneira a traçar um panorama da GIRH na bacia do rio Capibaribe, foi realizada extensa revisão bibliográfica e análise documental, bem como consultas junto ao órgão gestor de recursos hídricos do estado. O primeiro passo consistiu na formulação do embasamento teórico em acordo com a temática abordada. Para tal, foram reunidos e catalogados para análise, através do *software* “Mendeley”, artigos científicos, instrumentos jurídicos, entre outros documentos nacionais e internacionais.

Segundo Bardin (1977), a análise documental tem por objetivo, enquanto tratamento de informações contidas num conjunto de documentos, dar uma nova forma e representação a essas informações, de modo a maximizar os aspectos informacionais e de pertinência. Sendo assim, especialmente para elaboração do quadro síntese que traça o panorama da GIRH na bacia, a escala do grau de implementação dos instrumentos baseou-se nos critérios de análise qualitativa de Dutra (2017) e Silva e Silva (2014) (Quadro 4):

Quadro 4- Escala de definições para grau de implementação dos instrumentos de gestão

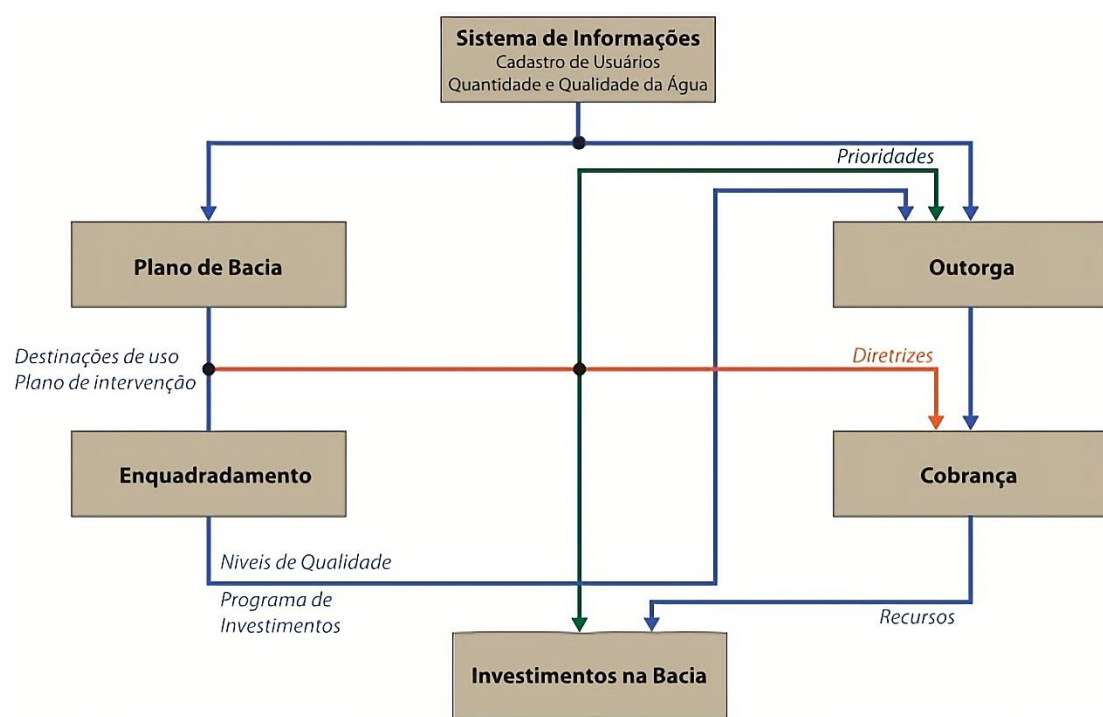
Grau de Implementação	Descrição	
	Enquadramento dos corpos d'água	Outorga Captação
Muito Alto	Enquadramento implantado há no mínimo 5 anos; Análises regulares junto ao órgão ambiental para monitoramento das metas estabelecidas;	Outorga implantada há no mínimo 5 anos; Diagnóstico e Cadastro atualizados- últimos 5 anos (dos usuários de águas (superficiais e subterrâneas) na bacia; Análises regulares de reduções do consumo de água;
Alto	Enquadramento implantado há no mínimo 5 anos;	Outorga implantada há no mínimo 5 anos; Diagnóstico e Cadastro dos usuários de águas (superficiais e subterrâneas) na bacia;
Médio	Enquadramento implantado há menos de 5 anos;	Outorga implantada há menos de 5 anos; Estudos de Diagnóstico e Cadastro de usuários.
Baixo	Enquadramento em processo de elaboração- estudo ou proposta em lei- ou submetido à aprovação do Conselho de RH.	Outorga implantada há menos de 5 anos;
Muito Baixo	Classes de corpos de água estabelecidas pela legislação ambiental.	Outorga em processo de implantação- em estudo ou proposta em lei.
Não Implementado	Nenhuma ação referente à implantação.	Nenhuma ação referente à implantação.
Grau de Implementação	Descrição	
	Cobrança pelo uso - Captação	Sistema de Informações
Muito Alto	Cobrança implantada há no mínimo 5 anos; Análises regulares de controle de arrecadações; Aplicações prioritárias dos valores arrecadados.	Sistema implantado há no mínimo 5 anos; Pesquisas de qualidade operacional do sistema; Coordenação unificada do sistema. Monitoramento de atualização de dados e Planejamento anual de modernização do sistema.
Alto	Cobrança implantada há no mínimo 5 anos; Análises de controle de arrecadações; Estudos para aplicações prioritárias dos valores arrecadados.	Sistema implantado há no mínimo 5 anos; Análises de pesquisa de qualidade operacional do sistema; Coordenação unificada do sistema.
Médio	Cobrança implantada há menos de 5 anos; Análises de controle de arrecadações.	Sistema implantado há no mínimo 5 anos; Estudos para análises de pesquisa de qualidade operacional do sistema;
Baixo	Cobrança implantada há menos de 5 anos.	Sistema implantado há menos de 5 anos.
Muito Baixo	Cobrança em processo de implantação- em estudo ou proposta em lei.	Sistema em processo de implantação- em estudo ou proposta em lei.
Não Implementado	Nenhuma ação referente à implantação.	Nenhuma ação referente à implantação.

Fonte: A autora (2020)

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com Rocha, Khoury e Damasceno (2018), os instrumentos da PNRH funcionam como peças de uma engrenagem cujo funcionamento completo está condicionado à coexistência de todos esses instrumentos e ao cumprimento de suas respectivas funcionalidades. Mercure *et al.* (2019) adicionam que, diante do panorama de mudanças globais, muitos mecanismos de gestão da política ambiental brasileira incluem diretrizes integradoras para lidar com o chamado *nexus*¹¹. Araújo *et al.* (2015) salientam, porém, que, ainda que o modelo brasileiro de gerenciamento hídrico esteja alinhado às tendências internacionais, a implementação dos instrumentos da PNRH requer esforços significativos. Nesse contexto, urge uma compreensão cada vez mais detalhada em torno das relações entre os instrumentos de gestão hídrica (Figura 11).

Figura 11- Relações entre os instrumentos de gestão de recursos hídricos



Fonte: Pernambuco (2010a)

¹¹ “O **Nexus Energia-Água-Comida** é um dos mais complexos desafios de sustentabilidade enfrentados pelo mundo. Isso é particularmente verdadeiro no Brasil, onde interações pouco compreendidas no *Nexus* estão contribuindo para o desmatamento em larga escala, para mudanças no uso da terra, escassez de água e energia e para maior vulnerabilidade às mudanças climáticas” (MERCURE *et al.*, 2019, p. 230).

Nessa perspectiva, o Quadro 5 apresenta uma síntese do panorama da GIRH na bacia do rio Capibaribe considerando-se o grau de implementação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos. O quadro foi desenvolvido a partir de Silva e Silva (2014), Dutra (2017) e APAC (2019a).

Quadro 5- Panorama dos instrumentos da PNRH na bacia do Capibaribe

	<i>Instrumento da PNRH</i>	<i>Responsabilidade pela elaboração</i>	<i>Apoio à implementação (apreciar e aprovar)</i>	<i>Corresponsável</i>	<i>Grau de implementação</i>
1	Plano de RH	Agência de Bacia* APAC	COMITÊ DE BH e CRH	COMITÊ DE BH	<u>DOIS PLANOS EXISTENTES</u>
2	Enquadramento	Agência de Bacia* CRH- definição dos critérios quantitativos	COMITÊ DE BH	APAC (cadastro dos usuários); CPRH (critérios ambientais)	BAIXO
3	Outorga Captação	SIRH e APAC	–	CPRH (licenciamento ambiental)	ALTO
4	Cobrança Captação	SIRH e APAC ou delegar para Agência de Bacia*	CRH COBH	COMITÊ DE BH (propor os valores a serem cobrados); CRH (homologação)	MUITO BAIXO
5	Sistema de Informações	SIRH e APAC	–	CPRH (integração com Sist. Inf. meio ambiente)	MÉDIO

*Não há Agências de Bacia no estado de Pernambuco.

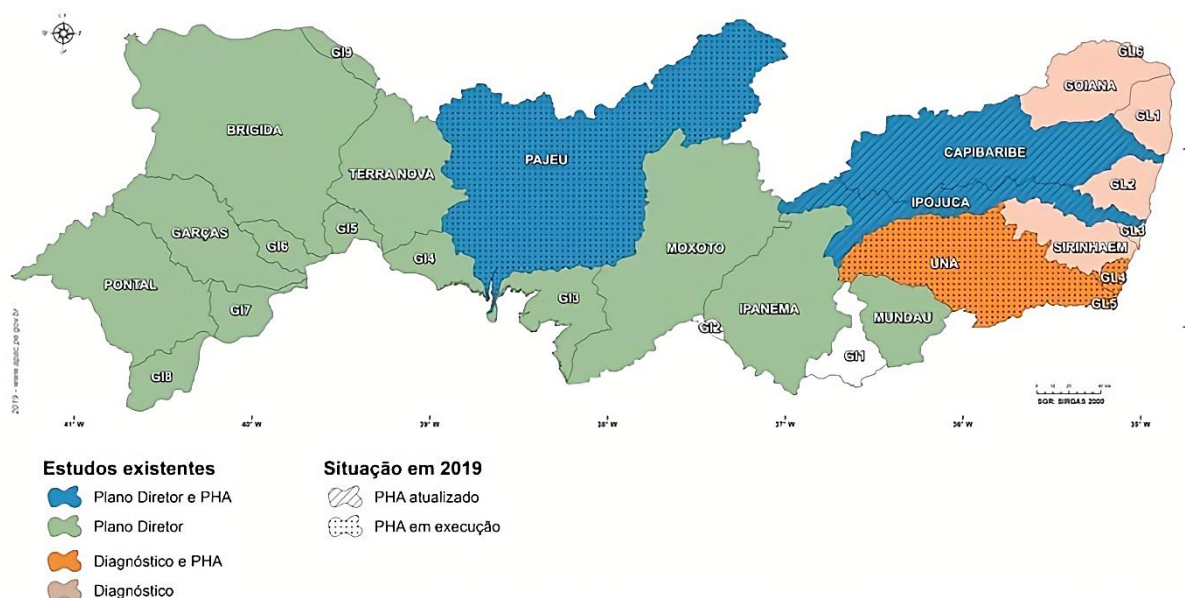
Fonte: A autora (2020)

Com base no exposto no Quadro 5, apresentam-se abaixo as discussões:

1- Planos de Recursos Hídricos (PRH)

Enquanto instrumentos de planejamento da PNRH, os PRH são considerados norteadores da gestão, possuindo caráter multidisciplinar e de construção permanente (WOLKMER; PIMMEL, 2013). A bacia do Capibaribe possui dois Planos, sendo o mais recente o Plano Hidroambiental, de 2010, baseado no PDRH Capibaribe de 2002. Dessa forma, no panorama da GIRH da bacia, a análise documental permitiu concluir que esta apresenta alto grau de implementação em se tratando de PRH quando comparada ao cenário estadual (Figura 12).

Figura 12- Mapa dos Planos de Bacia- Pernambuco



Fonte: APAC (2019a)

O PHA Capibaribe mostra-se atualizado em termos de diagnóstico, conteúdos e metas, prevendo em sua estruturação a publicação de relatórios técnicos e a construção de base de dados informacional, sendo composto por cinco Tomos: Tomo I- Diagnóstico hidroambiental da bacia, dividido em três volumes (recursos hídricos; o ambiente natural; socioeconomia e legislação); Tomo II- Cenários Tendenciais e Sustentáveis; Tomo III - Planos de Investimentos; Tomo IV- Resumo Executivo e Sistematização da Base de Dados e Tomo V- Mapas.

O Tomo III foi formulado como resposta aos diferentes problemas e potencialidades identificados no Diagnóstico Hidroambiental. Os chamados Planos de Investimentos apresentam-se como ações complementares àquelas já implantadas, em fase de implementação ou planejadas para a bacia hidrográfica do rio Capibaribe. Eles foram focados em ações estruturais e não estruturais, segundo três Eixos Temáticos, de modo a ampliar a abrangência dessas ações, como também o acesso aos seus resultados: Eixo I-socioambiental; Eixo II- infraestrutura hídrica e Eixo III- gestão dos recursos hídricos. Os Planos de Investimentos foram planejados para um horizonte de 15 anos, sublinhando-se a explanação:

“Tendo como pressuposto a importância da garantia da oferta de água para suprir o abastecimento humano e promover o desenvolvimento socioeconômico, a implantação das ações propostas deverá obedecer a uma lógica sequencial que garanta sinergia ao sistema, considerando os demais programas em desenvolvimento pelo governo do Estado e prefeituras municipais, otimizando as respostas socioambientais no espaço geográfico da Bacia.” (Pernambuco 2010d, p. 45).

Cabe salientar, contudo, que, no que se refere aos Planos de Investimentos previstos no PHA, o grau de implementação destes apresenta variações a depender do Eixo temático analisado, conforme investigado por Silva e Silva (2014); Moura *et al.* (2018) e Moura, Falcão e Montenegro (2019).

2- Enquadramento

Acerca do instrumento de enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes, este apresentou baixo grau de implementação na bacia, conforme definições dispostas no quadro 4. Por não apresentar proposta aprovada de enquadramento, os corpos de água doce da bacia do Capibaribe enquadram-se na classe 2, seguindo a orientação da Resolução CONAMA Nº 357/2005. Segundo art. 4 desta Resolução, as águas doces Classe 2 podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano- após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas e à recreação de contato primário, tais como esqui aquático, natação e mergulho.

No âmbito do seu Plano Hidroambiental, a bacia do Capibaribe possui uma proposta preliminar de referência para enquadramento dos corpos hídricos (maior parte de classes 1 e 2), a qual não teve aprovação formalizada pelo comitê (BRAGA *et al.*, 2015). No contexto estadual, a bacia do rio Ipojuca é a única que dispõe de proposta enquadramento aprovada, fato ocorrido na IIª reunião extraordinária do COBH Ipojuca em dezembro de 2019.

Nessa conjuntura, houve o desenvolvimento de pesquisas para elaboração de proposta de referência para enquadramento dos corpos d'água na bacia, conforme apresentado por Silva Junior *et al.* (2012). A proposta elaborada pelos autores apresenta elevada demanda por corpos hídricos das Classes 1 e 2, sendo desenvolvida também no âmbito do Plano Hidroambiental da bacia. Na escala dos reservatórios, Oliveira *et al.* (2018) apresentaram a aplicação de um Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) de maneira a avaliar a condição de um corpo hídrico em relação às metas de enquadramento estabelecidas no reservatório de Jucazinho.

3- Outorga Captação

O instrumento de outorga (captação) foi o único a apresentar alto grau de implementação na bacia. De acordo com o art. 12 da Lei das Águas, estão sujeitos à outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos¹²:

I - Derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo; II - Extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo; III - lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final; IV - Aproveitamento dos potenciais hidrelétricos; V - Outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água. (BRASIL, 1997, art.12).

A outorga foi implantada no estado de Pernambuco no ano de 1998, exceto para o lançamento de efluentes, sendo, nesta época, concedida pelo então órgão gestor de recursos hídricos e protocolada na Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH). Atualmente compete à APAC, para as águas de domínio estadual, a concessão de outorgas para captação de água dos corpos hídricos e, conforme disposto no art.21 da PERH, este processo é realizado de forma unificada ao licenciamento ambiental. A partir do ano de 2016, todavia, houve o encerramento das atividades do “balcão único”¹³, e os requerimentos de outorga passaram a ser realizados diretamente através do Protocolo da APAC (PERNAMBUCO, 2008; APAC, 2016).

O art. 18 da PERH apresenta as modalidades de outorga, a saber: I) concessão administrativa- quando a água se destinar a uso de utilidade pública; e II) autorização administrativa- quando a água se destinar a outras finalidades. Na bacia do rio Capibaribe prevalece a modalidade de concessão, havendo predominância de emissão de outorgas superficiais entre os anos de 2001 a 2009, tendo-se o baixo Capibaribe (MZ-3) como região de maior número de emissões (SILVA JUNIOR; SILVA, 2014).

A partir do ano de 2010, contudo, passou a prevalecer a emissão de outorgas subterrâneas, estas que, entre os anos de 1998 e 2018, correspondem a cerca de 72% do número total de

¹² Esta pesquisa avaliou os direitos de uso dos itens I) e II) do referido artigo, tendo em vista a disponibilidade de dados para análise.

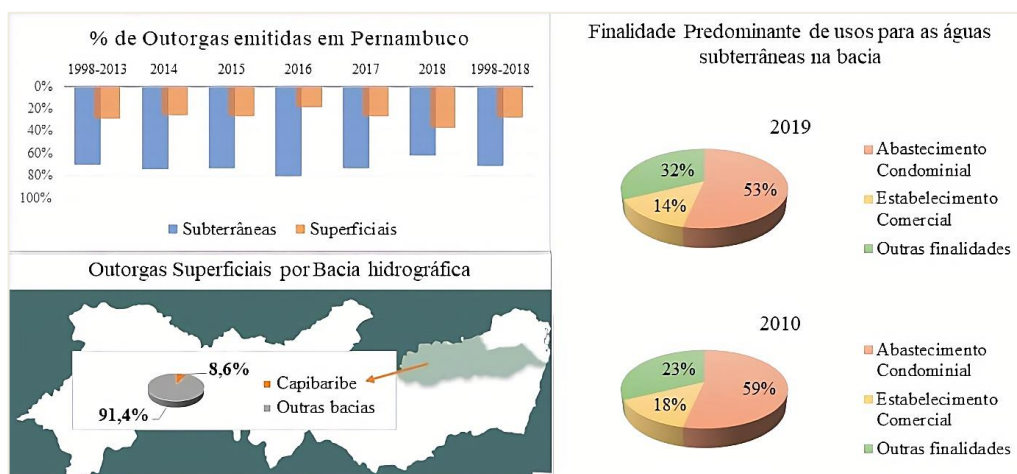
¹³ Na chamada atividade de “balcão único” a entrada dos requerimentos de outorga de uso da água e licenciamento ambiental em Pernambuco era realizada unicamente através da Agência Estadual de Meio Ambiente- CPRH (APAC, 2016).

outorgas emitidas em Pernambuco e a menos de 5% do volume total outorgado no estado. A cidade do Recife possui o maior número de poços outorgados, representando 65% do total de poços cadastrados pela APAC (PERNAMBUCO, 2005; PERNAMBUCO 2010c; SILVA JUNIOR; SILVA, 2014; APAC, 2013, 2019; SIRH, 2019).

A bacia do Capibaribe possuía em 2013 um percentual de 8,6% das outorgas superficiais de Pernambuco, com finalidade predominante de uso da água para a irrigação (42%), seguindo-se do abastecimento público (40%), abastecimento industrial (11%) e (7%) para abastecimentos comerciais, pecuária e piscicultura. Para águas subterrâneas, no mesmo ano, entre os titulares de outorgas para captação destacam-se os usuários para abastecimento condominial (59%) dos usuários outorgados, seguindo-se por abastecimento comercial (18%) e industrial (9%). A partir da figura 13, nota-se que os números do ano de 2019- referentes à finalidade predominante de uso para as águas subterrâneas- sofreram poucas alterações quando comparados ao ano de 2013 (APAC, 2013; PERNAMBUCO, 2010c; SIRH, 2019).

Ressalta-se ainda, no contexto da bacia hidrográfica do rio Capibaribe, o contrato de R\$ 1.413.552,35 pago através do PSHPE para realização do diagnóstico de usuários da bacia e cadastro de águas superficiais (rios, reservatórios e lançamento de efluentes) - concluído em 2018. Identificaram-se 682 pontos sujeitos a cadastro, em uma vistoria de 3305 pontos, resultando em um volume total anual captado de 206.299.323,60 m³ (APAC, 2019a). A Figura 13 mostra um panorama simplificado do instrumento de Outorga na bacia do rio Capibaribe.

Figura 13- Outorga do uso dos recursos hídricos na bacia do rio Capibaribe



Fonte: A autora (2020)

4- Cobrança

Acerca deste instrumento econômico, constatou-se um grau de implementação Muito Baixo na bacia, cabendo destacar que ainda não há implementação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos nas águas de domínio de Pernambuco. A PERH se apresenta em conformidade com a PNRH em todos os aspectos de cobrança; entretanto, a Lei Estadual prevê que haja a regulamentação deste instrumento por meio de lei específica. A Política Estadual adiciona ainda que a arrecadação proveniente deste instrumento deverá constituir receita do Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO), com aplicação prioritária dos valores na bacia hidrográfica em que estes forem arrecadados, mediante aprovação do respectivo COBH (PERNAMBUCO 2005, 2010c).

Segundo art. 23 da Lei Estadual 12.984/2005, “compete ao órgão gestor de recursos hídricos implantar a cobrança pelo uso da água, ou delegar essa atribuição às Agências de Bacia, cabendo aos COBHs propor os valores a serem cobrados e ao CRH sua homologação”. O *status* atual em torno da cobrança na bacia do rio Capibaribe consiste em aprovação de Projeto de Lei (PL) em reunião extraordinária do CRH no mês de novembro de 2019. O Quadro 6 mostra um resumo dos estudos de valores de cobrança pelos usos da água em Pernambuco.

Quadro 6- Valores de estudos da cobrança pelo uso da água em Pernambuco

Valores de Referência		
Tipo de Uso	Unidade	PPU _{ref} (R\$)
Subterrânea	m ³	R\$ 0,0500
Captação de Água Superficial	m ³	R\$ 0,0360
Vazão de diluição	m ³	R\$ 0,0012
Valores para cobrir o custeio da APAC		
Tipo de Uso	Unidade	PPU _{ref} (R\$)
Subterrânea	m ³	R\$ 0,065
Captação de Água Superficial	m ³	R\$ 0,0468
Vazão de diluição	m ³	R\$ 0,00156
Valores para cobrir o custeio da APAC & Operações das Infraestruturas Hídricas		
Tipo de Uso	Unidade	PPU _{ref} (R\$)
Subterrânea	m ³	R\$ 0,105
Captação de Água Superficial	m ³	R\$ 0,0756
Vazão de diluição	m ³	R\$ 0,00252

* PPU- Preço Público Unitário

Fonte: APAC (2018)

5- Sistema de Informações

O estado de Pernambuco foi pioneiro no Brasil no que se refere à implementação de um Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos- SIRH-PE, sendo este consolidado ainda no ano de 1996, dispondo de recursos SIG, interface gráfica e disponibilidade de acesso pela internet. O sistema foi ainda fundamental para suporte às decisões governamentais e desenvolvimento do primeiro Plano de Recursos Hídricos do estado. Porém, a ausência de estruturas de suporte que promovessem a constante atualização do SIRH-PE causou a sua descontinuidade (PERNAMBUCO, 2008, p.16).

Analisando-se o grau de implementação deste instrumento na escala da bacia do rio Capibaribe, o resultado apontou para uma implementação Média, considerando-se os requisitos dispostos na metodologia. Entre os instrumentos investigados, o SIRH-PE foi o que apresentou maiores dificuldades de obtenção de informações sobre o estado atual de implantação. No contexto geral, faz-se necessário a constante atualização tecnológica do Sistema, o resgate e atualização dos dados e a ampliação/atualização de suas funcionalidades, conforme disposição do Plano Estratégico de Recursos Hídricos e Saneamento do estado (PERNAMBUCO, 2008).

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, nota-se que a escala de definições desenvolvida permitiu avaliações sobre o grau de implementação dos instrumentos da PNRH, possibilitando análises do panorama geral da GIRH na bacia do Capibaribe. Contudo, são necessários monitoramentos regulares que possibilitem dar maior cobertura aos instrumentos de gestão, considerando, por exemplo, avanços acerca da outorga para lançamento de efluentes¹⁴ e dos instrumentos adicionais existentes na PERH (fiscalização do uso e monitoramento dos recursos hídricos).

Por consistir em um processo subjetivo e de metodologia primordialmente qualitativa, análises similares devem ser estimuladas de modo a se tornarem procedimentos regulares no ambiente da gestão integrada dos recursos hídricos- não apenas na bacia em estudo, mas nas demais Unidades de Planejamento hídrico do estado. Adicionalmente, tais análises devem englobar também estudos de integração entre os níveis de planejamento hídrico, visto que os PRH apresentam as diretrizes em prol da eficiência da gestão integrada das águas.

¹⁴ Pinheiro *et al.* (2013) propuseram uma metodologia de auxílio acerca da outorga para lançamento de efluentes na bacia do rio Capibaribe, com definição de critérios e utilização de modelo de qualidade de água.

4 GOVERNANÇA HÍDRICA NA BACIA DO RIO CAPIBARIBE: UM DEBATE SOBRE OS DESAFIOS INSTITUCIONAIS

Nesta seção são discutidos os desafios institucionais e a governança hídrica na bacia em estudo.

4.1 OBJETIVO

O presente capítulo teve como objetivo identificar a existência de desafios no ambiente institucional da bacia hidrográfica do rio Capibaribe, Pernambuco-Brasil, avaliando como eles podem representar possíveis entraves à sustentabilidade hídrica da bacia. Como casos de análise, têm-se a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) e o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe (COBH/Capibaribe).

4.2 METODOLOGIA

A triangulação metodológica foi utilizada para alcance do objetivo deste capítulo (Figura 14). Esta técnica faz uso de vários métodos, com vieses de neutralização ou compensação, em investigações do mesmo fenômeno, fortalecendo, assim, a validade dos resultados investigados (GREENE; CARACELLI; GRAHAM, 1989).

Figura 14- Triangulação metodológica



Fonte: A autora (2020)

Sendo assim, as ferramentas de análise pautaram-se conforme estruturação apresentada (THEODORO, NASCIMENTO & HELLER, 2015):

I) **Análise de Campo:** por meio da técnica observação participante foi possível coletar dados e informações acerca dos ambientes institucionais da APAC e COBH/Capibaribe de maneira a incluir a participação do pesquisador (observador) no processo. A técnica possibilita uma abordagem fiel ao fenômeno retratado (MÓNICO *et al.*, 2017). Esta etapa consistiu na observação durante eventos direta ou indiretamente vinculados à APAC e ao COBH nos anos de 2018 e 2019, tais como: I Encontro de Juventudes da Bacia do Capibaribe (I ENJUCA); III Encontro de Comitês de Bacias de Pernambuco (III ECOB-PE); III Conferência em Gestão Participativa de Reservatórios e Bacias Hidrográficas. Além de presença em reuniões/plenárias do Comitê, bem como em treinamentos e reuniões na APAC.

II) **Análise Documental:** a seleção documental considerou fundamentalmente a temática foco da pesquisa (segurança hídrica; GIRH; governança da água, políticas públicas entre outros); e o objeto de estudo (bacia do rio Capibaribe; APAC; COBH/Capibaribe). Esta etapa permitiu confrontar as informações coletadas de diferentes fontes com as experiências de campo, auxiliando na catalogação do conteúdo explorado. Além da análise de literaturas e produções acadêmicas, foram analisados dispositivos legais (*e.g.* PERH), programas e projetos (*e.g.* PSHPE; PHA; Projeto Áridas), bem como documentos internos, como deliberações normativas, planilhas, entre outros.

III) **Análise de Conteúdo:** apresenta como foco o vasto campo das comunicações delineadas em determinado evento, não se restringindo unicamente aos dados, de maneira a permitir inferências e interpretações acerca destas comunicações (BARDIN, 1977). Sendo assim, durante o III ECOB-PE (maio de 2019) fez-se a aplicação de questionários e entrevistas com os membros do Comitê do Capibaribe. Para a APAC, a análise de conteúdo foi desenvolvida primordialmente por meio de entrevistas ao longo de estágio voluntário no ano de 2018, e de consultas no ano de 2019, possibilitando a imersão no ambiente organizacional e a percepção em torno dos desafios institucionais vivenciados correlacionados à temática proposta.

As análises da triangulação foram utilizadas para formulação de uma matriz SWOT interinstitucional APAC-COBH/Capibaribe. A sigla SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*), ou matriz FFOA/FOFA, significa, respectivamente: forças, fraquezas, oportunidades e ameaças. O método é bastante utilizado para examinar uma organização e os diversos fatores que afetam seu funcionamento, sendo usado para o planejamento organizacional e auxiliando a delinear os focos do processo de gestão. Inicialmente aplicada no campo empresarial e de administração de empresas, a matriz demonstrou ser eficaz e de fácil aplicabilidade, o que contribuiu para difundir sua aplicação nas mais diversas áreas da ciência.

No campo dos recursos hídricos, tem sido especialmente aplicada para avaliação de arranjos de gestão das águas e instrumentos de gerenciamento (OTTONI *et al.*, 2011; ALOVISI JÚNIOR; BEREZUK, 2012).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Estudos têm sinalizado que a desatenção com os desafios institucionais presentes na GIRH pode contribuir para intensificar os impactos de eventos extremos de seca, por exemplo, conforme explorado por Silva (2014) e Silva, Galvão e Silva (2015). Baseados nos princípios institucionais para a governança de recursos de uso comum, identificados por Ostrom (1990), os autores mostraram que deficiências na gestão hídrica intensificam os impactos das secas sobre os usuários de água, reforçando-se a importância da compreensão de eventos extremos em uma perspectiva de Sistemas Sócio Ecológicos (SSE). Nesse contexto, o Quadro 7 mostra a matriz SWOT interinstitucional APAC-COBH/Capibaribe, a partir da qual foi possível identificar a existência de desafios no ambiente institucional da bacia hidrográfica do rio Capibaribe.

Quadro 7- Matriz SWOT interinstitucional APAC e COBH/Capibaribe

	<i>Fraqueza</i>	<i>Força</i>
<i>Ambiente interno</i>	01 Participação dos membros do COBH não é eficiente no que diz respeito ao acompanhamento do PHA e à cobrança do cumprimento de suas respectivas metas.	Contribuição técnica dos membros em grupos de trabalho, câmaras técnicas e gestão técnica na direção do COBH.
	02 Os membros não se reúnem frequentemente com o grupo referente ao setor por eles representado no COBH.	Grau de divulgação satisfatório, por parte dos membros, de ações e pautas do COBH.
	03 Há baixa frequência de participação dos usuários de recursos hídricos no COBH.	Os membros se consideram informados acerca das decisões sobre a gestão de recursos ambientais da bacia.
	04 O comitê não consegue arbitrar, em primeira instância administrativa, conflitos relacionados aos recursos hídricos na bacia.	Articulação social satisfatória a partir de discussões, sugestões, mobilização social e inserção de demandas da sociedade.
	05 Regularidade de reuniões (APAC-COBH) para discutir a implementação das metas do PHA e elaborar uma estrutura de monitoramento. Falta de um sistema para realizar o monitoramento por meio de armazenamento documental e de dados.	Projeto da APAC de 2017 de uma metodologia para acompanhamento dos investimentos na bacia do rio Ipojuca pode ser replicado à bacia do Capibaribe para monitoramento do PHA e de demais projetos.
	06 Dificuldade do Comitê e da APAC no que se refere à sensibilização de gestores públicos municipais para envolvimento na GIRH.	Crescente incentivo à promoção de diálogo e engajamento de jovens na GIRH, com pioneirismo na bacia do Capibaribe: <i>e.g.</i> I Enjuca 2018, fruto de articulação COBH-APAC- Coletivo Jovem de Meio Ambiente.

Ambiente externo	07	Garantia de discussões políticas que não tenham cunho partidário.	Os membros compreendem as temáticas e a linguagem utilizada nas reuniões.
	08	Lacunas na área de comunicação do COBH devido à ausência de um planejamento estratégico. Além disso, carece de fortalecimento por meio de redes sociais e de uma comunicação rápida e efetiva entre os membros.	Aprimoramento da comunicação da APAC no ano de 2019: atualização do site e criação de redes sociais. Tal fator contribui de maneira indireta para a comunicação acerca das ações do COBH.
	<i>Ameaça</i>		<i>Oportunidade</i>
	09	Desconhecimento da sociedade civil sobre a atuação do Comitê e sobre a GIRH.	Modernização dos meios de comunicação para dar maior visibilidade e proporcionar maior conhecimento em torno da temática.
	10	Ausência de recursos de apoio, logística e custeio que garantam a participação dos membros em reuniões e ações do comitê. Enfraquecimento de apoio financeiro para o COBH realizar ações.	Possibilidade de participação e conhecimento acerca de gestão da água na bacia. Permite aos membros ampliarem sua rede de contatos para articulação em prol da bacia
	11	Não conciliação de agendas nas atividades do COBH, considerando-se que a participação no comitê é voluntária.	Desenvolvimento de pesquisas científicas na área de GIRH e convênios junto à APAC para resolução de problemáticas do COBH e da Agência.
	12	Alternância política para a descontinuidade de projetos de revitalização da bacia.	Novos investimentos na GIRH diante do fortalecimento das agendas ambientais mundiais e dos debates em torno das mudanças climáticas.

Fonte: A autora (2020)

Segundo Scherer (2017), entre os diversos aspectos que a análise SWOT auxilia, têm-se o da tomada de decisões e a possibilidade de visualização dos elementos que ajudam/pontos fortes (forças e oportunidades) e daqueles que atrapalham/pontos fracos (fraquezas e ameaças) o desempenho de uma organização/empresa. O autor acrescenta que tal análise é usualmente aplicada durante o planejamento estratégico, promovendo uma cenarização subjetiva que fornece subsídios para aperfeiçoamento do ambiente institucional. Nesse sentido, foi possível identificar três grandes grupos temáticos de desafios institucionais nos ambientes interno e externo da GIRH da bacia do rio Capibaribe. Diante disso, apresentam-se abaixo as discussões em torno do quadro 7.

4.3.1 Ambiente Interno

I) Conhecimento e Participação- Itens 01 ao 04.

As fraquezas identificadas nesse grupo de desafios dizem respeito, especialmente, aos problemas em torno da participação dos membros do COBH/Capibaribe. A baixa participação de membros da sociedade civil e de usuários e a frágil participação dos membros do Poder

Público têm sido um desafio enfrentado por muitos comitês de bacia no Brasil. Mesquita (2018) analisou os fatores que comprometem a participação dos membros do Comitê de Bacia Hidrográfica dos Afluentes do Rio Preto do Distrito Federal, reforçando o fato de que a composição de um comitê deve refletir os múltiplos interesses com relação às águas da bacia.

Os fatores analisados pelo autor em termos de conhecimento e participação são similares aos elucidados por Cerezini (2018), Rauber e Cruz (2013), Lopes e Teixeira (2012) e Rodorff *et al.* (2015). Sendo assim, sobre o disposto nos itens 02 e 03, ressalta-se que há ainda pouco conhecimento sobre as posições de representatividade e os papéis dos membros do COBH/Capibaribe. Todavia, estas fraquezas podem ser superadas por meio de capacitações dos membros para o exercício da atividade de membros (RAUBER; CRUZ, 2013).

Em torno dos itens 01 e 04, nota-se que, apesar das contribuições técnicas dos membros do comitê, muitos desconhecem as ações previstas no PHA e tal fator contribui para o enfraquecimento organizacional do COBH. Dessa forma, faz-se importante salientar o que foi apontado por Lima *et al.* (2018, p.83): “ a organização do comitê deve estar vinculada tanto à sua agenda objetiva, com relação à gestão de conflitos potenciais e futuros dos usos das águas, quanto à sua capacidade de gerar os recursos necessários para sua sustentação”.

De acordo com o documento do COBH/Capibaribe para o mandato 2017/2020 (COBH, 2017), dispõem-se de 45 vagas para membros titulares e seus respectivos suplentes no comitê. Entretanto, 7 (sete) vagas do setor de usuários de água encontram-se desocupadas, havendo, portanto, um total de 38 representações. Responderam às entrevistas um total de 17 representantes, entre os quais 82% possuem pelo menos a escolaridade de ensino superior. Dos entrevistados, 65% pertencem ao sexo masculino, enquanto 35% são sexo feminino. A Tabela 01 mostra o resumo das informações expostas.

Tabela 1- Números dos entrevistados COBH/Capibaribe

Representação	Real	Entrevistados	
Sociedade Civil	9	5	56%
Usuários de água	11	4	36%
Poder Público	18	8	44%
Total:	38	17	45%

Fonte: A autora (2020)

II) Engajamento Operacional- Itens 05 e 06.

No que se trata do desafio de engajamento operacional na bacia do rio Capibaribe, estes foram abordados por Moura *et al.* (2018) e Moura, Falcão e Montenegro (2019). Segundo os autores, verifica-se um enfraquecimento, a partir do ano de 2017, no que tange o engajamento

entre APAC e COBH/Capibaribe para acompanhamento e priorização dos planos de investimentos previstos no Plano Hidroambiental da bacia.

Adicionalmente, de acordo com Sá (2019), nota-se uma significativa alternância da estrutura governamental relacionada à gestão dos recursos hídricos em Pernambuco, fato que pode acarretar reflexos negativos nos avanços da implementação da política hídrica da bacia e do estado. No caso específico da APAC, a autora reforça que há mudanças de vinculação administrativa da agência em curtos espaços de tempo, e que estas podem se configurar como entraves à governança hídrica da bacia caso não contemplem o adequado fluxo de informações interinstitucionais.

Os debates sobre o desafio de engajamento operacional são apontados em demais bacias hidrográficas brasileiras, a exemplo da bacia do Jaguaribe no Ceará (LEMOS; OLIVEIRA, 2004), da bacia do Rio das Velhas em Minas Gerais (THEORODO; NASCIMENTO; HELLER, 2015) e na bacia do Rio Mogi Guaçu em São Paulo (LOPES; TEIXEIRA 2012). Nesta última, os autores têm como objetivo “contribuir para a criação de uma cultura de monitoramento e avaliação entre os representantes que compõem os organismos de bacias” (LOPES, TEIXEIRA, 2012, p.28). Os autores destacam ainda a necessidade de articulação entre os vários componentes do território na busca pelo desenvolvimento sustentável e pelo cumprimento dos dispositivos dos planos de bacia.

Diante das fraquezas identificadas neste grupo de desafios, porém, nota-se a potencialidade das forças do ambiente interinstitucional. A adesão de um sistema de monitoramento de ações pode beneficiar as instituições bilateralmente, à medida que este promove um engajamento direto em prol do acompanhamento de Planos, programas e projetos no ambiente da bacia. Além disso, a promoção do engajamento de juventudes nos processos de gestão se adequa às evoluções globais e ao Estatuto Nacional da Juventude (BRASIL, 2013), ao passo que utiliza uma ótica preventiva de gerenciamento de recursos naturais e compreende o papel do jovem como futuro gestor de tais recursos (FALCAO *et al.*, 2019; IPEA, 2009).

III) Informação e Comunicação- Itens 07 e 08.

O acesso à informação integra o terceiro grupo temático de desafios institucionais do ambiente interno da bacia. Acerca deste desafio, Barbosa, Mushtaq e Alam (2017) apontam a necessidade de que as informações provenientes das discussões ocorridas nos comitês de bacia sejam transmitidas para além das fronteiras dos comitês. Os autores complementam que os representantes destes colegiados precisam também trazer posicionamentos institucionais, e não individuais e políticos, caso contrário os COBHs concordarão ou discordarão de indivíduos, e

não dos setores os quais estes indivíduos representam. Tal fato se alinha à fraqueza apontada no item 07, no qual aponta-se como força a linguagem utilizada para comunicação entre os setores institucionais.

A comunicação adequada entre instituições e setores usuários na governança hídrica é um ponto crucial na gestão dos riscos e conflitos. Nesse sentido, salienta-se a necessidade de adoção de uma plataforma de dados colaborativa, na qual se possa compartilhar informações geradas em diferentes setores (SOUZA JÚNIOR *et al.*, 2017; ZATTAR, 2017). Siegmund-Schultze (2017) acrescenta que é importante que haja um acompanhamento dos reais impactos das deliberações políticas ao longo da história, de modo que os processos de tomada de decisão sejam baseados em evidências e possam antecipar impactos potenciais para diferentes cenários futuros.

Dessa forma, conforme Wolkmer e Pimmel (2013, p.177), “a gestão colaborativa constitui um método que permite à cidadania contribuir para eficácia da gestão dos recursos hídricos proposta na lei. No entanto, para que essa participação seja significativa, é preciso que haja um sistema de informações”. Entende-se, nessa perspectiva, que a força relacionada ao aprimoramento do sistema de informação e comunicação no ambiente da APAC traz reflexos positivos para o COBH/Capibaribe. No entanto, assim como o caso do Comitê dos Afluentes do Rio Preto-DF, nota-se que a falta de comunicação entre os membros do comitê, bem como a ausência de meios de divulgação dos trabalhos por ele desenvolvidos, são fatores que comprometem o funcionamento dos COBHs (MESQUITA, 2018).

4.3.2 Ambiente Externo

Tratando-se das ameaças e oportunidades do ambiente externo, a discussão em torno dos desafios institucionais apresenta-se a seguir:

I) Conhecimento e Participação- Item 9

Configurado como ameaça, o desconhecimento da sociedade civil sobre o papel do comitê tende a refletir em usos inadequados da água ao longo da bacia e, por conseguinte, traz reflexos à sustentabilidade hídrica desta. Este fator pode ser justificado considerando que a atuação dos comitês é fundamentada nos arranjos da boa governança¹⁵, incentivando e

¹⁵ **Governança hídrica adaptativa:** “regula o acesso à água por meio de instituições flexíveis, inclusivas e inovadoras, aumentando a capacidade de adaptação do sistema diante da incerteza. Isso é necessário para sistemas

permitindo processos inclusivos de tomada de decisão que envolvem interesses e práticas sobre a água sem discriminação. Tais arranjos integram, por exemplo, o aprendizado das relações com a água dos povos indígenas, tribos, comunidades rurais e outros grupos, possibilitando ampliar o conhecimento em torno de práticas de conservação dos recursos hídricos. (WWAP, 2019).

Sugere-se, todavia, que, para transpor esta ameaça em direção às oportunidades, deve-se partir de reformulações que sigam o caminho interno-externo. Isso se faz extremamente relevante não apenas para difundir boas práticas institucionais, mas para gerar oportunidades de contribuições externas. Dessa maneira, compreende-se o desafio institucional de conhecimento e participação como um caminho progressivo e dinâmico entre os ambientes internos e externos. Entender este caminho, bem como as evoluções das estruturas de governança da água, é fundamental, especialmente no contexto de crises hídricas (EMPINOTTI; BUDDS, AVERSA, 2018).

II) Engajamento Operacional & III) Informação e Comunicação- Itens 10, 11 e 12

As ameaças identificadas encontram-se inseridas no grupo de desafios de Engajamento Operacional, seguindo a linha do prévio debate teórico deste trabalho. Especificamente sobre a ameaça do item 11, este problema foi mencionado por mais de 50% dos entrevistados do COBH/Capibaribe, refletindo a imprescindibilidade de atenção acerca de fortalecimento do engajamento operacional do comitê.

No que se refere à oportunidade deste mesmo item, Steinicke (2016) aborda a importância da cooperação das academias de ciência e engenharia para o fornecimento de informações e recomendações com base científica que podem ser de grande utilidade para os decisores políticos e para iniciativas de aceitação pública. Experiências em países das Américas do Norte e Sul comprovaram o potencial considerável dos diálogos ciência-política para influenciar as decisões de governança da água relacionadas ao clima, sendo destacadas as necessidades de aprimoramento de competências para o sucesso desses diálogos, como: inclusão, envolvimento, interação e influência (SCOTT *et al.*, 2012).

Em torno do engajamento operacional, informação e comunicação para além dos casos institucionais analisados neste capítulo, faz-se importante salientar as disposições de Empinotti, Budds e Aversa (2018, p.7): “o encontro de arranjos institucionais antigos e novos engendrou

com escassez de água, pois eles sofrem exposição específica ao contexto à degradação da terra e às mudanças climáticas” (LOPEZ PORRAS; STRINGER; QUINN, 2019, p.519).

as práticas de governança, criando estruturas que muitas vezes transcendem os espaços de negociação promovidos pela Lei da Águas (9433/97) e pela Lei do Saneamento (11.445/07)”.

Reforça-se, nesse sentido, que em Pernambuco, além da APAC, duas agências reguladoras foram criadas para regular volumes, impactos ambientais e preços da água, respectivamente: CPRH (Agência Estadual de Meio Ambiente) e ARPE (Agência Estadual de Regulação). Além destas, a Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) é responsável pela rede de abastecimento de água e saneamento, seguindo as premissas da Lei de Saneamento Básico (BRASIL, 2007). Esta fragmentação administrativa, porém, pode contribuir para a fragmentação dos papéis e das responsabilidades em torno da gestão das águas, podendo desencadear fortes implicações locais (PETELET-GIRAUD *et al.*, 2018; CARY *et al.*, 2014).

4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas exposições do presente capítulo, a partir dos casos de análise da APAC e do COBH/Capibaribe, pôde-se identificar desafios no ambiente da governança hídrica¹⁶ da bacia do rio Capibaribe. Os resultados da matriz SWOT permitiram a identificação de três grandes desafios institucionais nos ambientes interno e externo da GIRH: I) Conhecimento e Participação; II) Engajamento Operacional e III) Informação e Comunicação.

A APAC é um órgão fundamental para a execução da PERH, enquanto o COBH/Capibaribe tem, entre suas atribuições, aprovar o enquadramento dos corpos de água e propor os valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos na bacia. Diante disso, observa-se que tais desafios podem se configurar como entraves à sustentabilidade hídrica¹⁷ da bacia, à medida que as instituições analisadas articulam os interesses de diversos setores pelos usos múltiplos da água,

¹⁶ **Governança da água:** “Definida como a gama de processos políticos, organizacionais e administrativos pelos quais os interesses da comunidade são articulados, sua contribuição é incorporada, as decisões são tomadas e implementadas, e os tomadores de decisão são responsabilizados no desenvolvimento e gerenciamento dos recursos hídricos e na entrega de recursos” (BAKKER; MORINVILLE, 2013, P.2).

¹⁷ **Sustentabilidade hídrica:** “A sustentabilidade hídrica implica justamente em se manter um equilíbrio dinâmico entre a oferta e a demanda por água, de modo que os mananciais – superficiais e/ou subterrâneos – sejam utilizados a taxas iguais ou inferiores à sua capacidade de regeneração” (RIBEIRO; PIZZO, 2011, p. 172). Corresponde à “manutenção continuada de um balanço hídrico favorável, em quantidade e qualidade, entre a oferta de água com elevados níveis de garantia e a demanda social para usos múltiplos” (VIEIRA, 2002, p.106).

e suas fraquezas e ameaças podem trazer reflexos diretos na manutenção de um equilíbrio dinâmico entre a oferta e a demanda por água na bacia.

5 GESTÃO INTEGRADA E DESAFIOS À SEGURANÇA DOS RECURSOS HÍDRICOS: PROPOSTA DE ÍNDICE DE VULNERABILIDADE HÍDRICA (IVH) NA BACIA DO RIO CAPIBARIBE

Nesta seção apresentam-se os resultados referentes ao objetivo geral do trabalho.

5.1 OBJETIVO

O presente capítulo teve como objetivo identificar os principais desafios à segurança hídrica na bacia hidrográfica do rio Capibaribe à luz da GIRH, propondo-se a criação de um Índice de Vulnerabilidade Hídrica.

5.2 METODOLOGIA

Assim como no capítulo anterior, a triangulação metodológica foi o método principal utilizado para alcance dos objetivos propostos. Para a identificação dos principais desafios à SH na bacia em estudo, seguiram-se as seguintes etapas: a) Análise documental, especialmente do Plano Hidroambiental da bacia, de legislações e dos resultados dos capítulos anteriores; b) Compilação de dados informacionais dos municípios que integram a bacia em planilha Excel; c) Uso do *software Google earth -My Maps* para construção de mapa personalizado informativo com dados dos municípios que integram a bacia em estudo; d) Desenvolvimento dos mapas dos desafios por meio da ferramenta *ArcGis Maps* do *software Power Bi*; e) Uso do *software QR Code Generator* para gerar os *QR Codes* dos mapas desenvolvidos e f) Discussão dos resultados dos mapas.

Para a construção da proposta do IVH, seguiram-se as seguintes etapas metodológicas: a) Revisão das literaturas e dos resultados dos capítulos anteriores, especialmente do Capítulo 2; b) Desenvolvimento dos primeiros passos recomendados pelo Manual sobre a Construção de Indicadores Compostos (OECD, 2008): I) Referencial teórico e II) Seleção de dados. Para a construção do Passo I, foi realizada a definição do conceito de Vulnerabilidade Hídrica, sendo esta fundamentalmente baseada nos trabalhos Sivapalan *et al.* (2014), Sullivan (2011), Adger (2006), Plummer; De Loë e Armitage (2012) e Yoshino (2017). Para a construção do Passo II, a avaliação em torno da seleção de dados teve o suporte do embasamento teórico construído no passo anterior, sendo selecionados índices para a composição do IVH e feita uma discussão dos resultados em torno do subíndice de vulnerabilidade social a partir dos dados do Atlas da

Vulnerabilidade Social (IPEA, 2015). Para cálculo estimado do IVS da bacia, foi realizada ponderação dos valores do IVS de cada município em função do percentual da área por ele ocupada.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.3.1 Mapas dos desafios à SH na bacia

Para Gheyi *et al.* (2012), no que se refere à disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos, os atuais e os futuros desafios da sociedade merecem constante atenção dos pesquisadores, tendo em vista a ampliação dos conflitos entre os usuários e a vulnerabilidade dos sistemas hídricos de muitos países. Em função da globalização econômica e da pressão social, a chamada cidadania pelas águas integra a estrutura de uma urgente mudança que deve se processar na cultura organizacional da governança hídrica. Esta mudança se faz também importante para o desenvolvimento de novos valores que auxiliem a aumentar a capacidade adaptativa de indivíduos e organizações públicas e privadas diante de realidades em rápida transformação (REBOUÇAS, 1997).

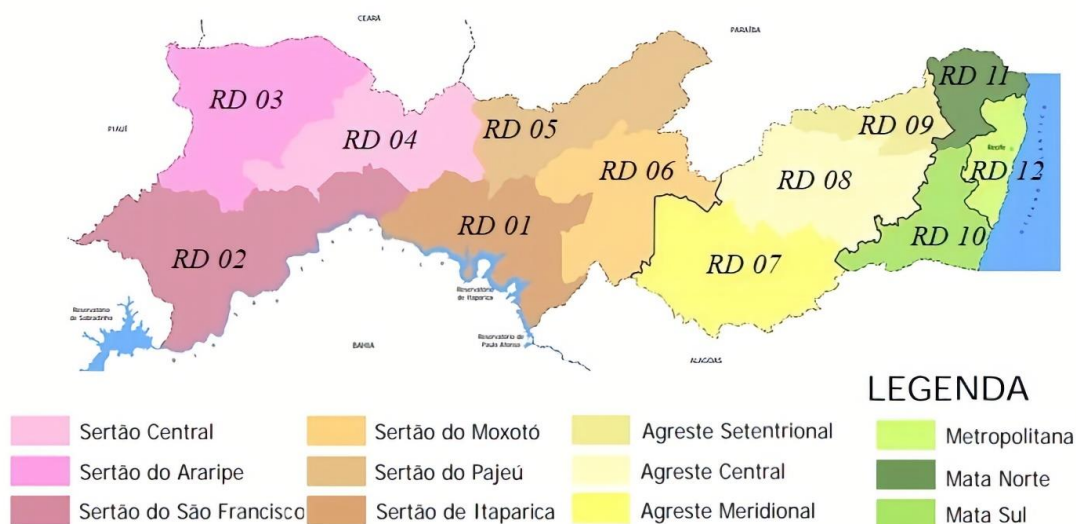
No caso específico do nordeste brasileiro, Vieira (2002) apresenta a relevância do conceito de sustentabilidade hídrica para a região, enfatizando que “a gestão integrada dos recursos hídricos é fator primordial na consecução do desenvolvimento sustentável, tanto na dimensão econômico-social quanto na dimensão geo-ambiental (em particular, quanto ao ordenamento do espaço regional)” (VIEIRA, 2002, p.106). Nesse contexto, esta tese apresentou uma conceituação para os chamados **desafios à segurança hídrica**, sendo estes definidos como: problemas, obstáculos e/ou conflitos responsáveis por ameaçar ou comprometer a disponibilidade sustentável de quantidades e qualidades adequadas de água para sociedades e ecossistemas, contribuindo para sua maior vulnerabilidade.

A bacia hidrográfica do rio Capibaribe possui abrangência regional (Agreste, Mata e Litoral), contemplando cinco das doze Regiões de Desenvolvimento (RD)¹⁸ do estado de Pernambuco (Figura 15): RD 08- Agreste central, RD 09 – Agreste setentrional, RD 10 – Mata Sul, RD 11 – Mata Norte e RD 12 – Região Metropolitana. Os resultados dos diagnósticos do PHA permitiram dividir a bacia nas três Macrozonas (MZ-1, MZ-2 e MZ-3), substituindo as

¹⁸ Os incisos VIII e X do artigo 1º da LC 388/18 passaram a vigorar com as alterações feitas pela Lei Complementar nº 397, de 30 de novembro de 2018: o município de Pombos, que anteriormente integrava a RD 10- Mata Sul, passou a integrar a RD8- Agreste central.

Unidades de Análise (UA1, UA2, UA3, UA4) adotadas preliminarmente. Esta divisão foi feita a partir de modelagem do *software* MAGRE (Modelo de Aproveitamento e Gestão dos Recursos Hídricos), e teve como base, entre outros, as características climáticas e as potencialidades hídricas da bacia (PERNAMBUCO, 2010c; PERNAMBUCO, 2010g).

Figura 15- Regiões de Desenvolvimento de Pernambuco (RD)



Fonte: Adaptado de SIRH (2003)

As Macrozonas respeitam os limites municipais e as localidades que geram demanda para cada sistema de abastecimento de água, apresentando a seguinte configuração: - Macrozona 1 - Área da bacia a montante do reservatório Jucazinho (Surubim); Macrozona 2 - Área entre o reservatório Jucazinho (Surubim) e o reservatório Carpina (Lagoa do Carro); e Macrozona 3 - A região a jusante do reservatório Carpina (Lagoa do Carro).

Esse macrozoneamento hidrológico se mostrou mais realista com relação à operação dos sistemas hídricos da bacia, passando a ser adotado para a análise de cenários e para a espacialização dos Planos de Investimentos (Tomo 3 do Plano Hidroambiental), mostrando-se, dessa forma, adequado para o atendimento do objetivo geral desta pesquisa. À luz da GIRH e no âmbito da bacia hidrográfica em estudo, apresentam-se a seguir os mapas e as respectivas discussões acerca dos principais desafios à segurança hídrica identificados. Na Figura 16, tem-se o mapa inicial de situação dos desafios, seguida pelas Figuras 17 (Desafios MZ-1), 18 (Desafios MZ-2) e 19 (Desafios MZ-3).

Figura 16- Mapa de situação dos Desafios à SH na bacia do Capibaribe

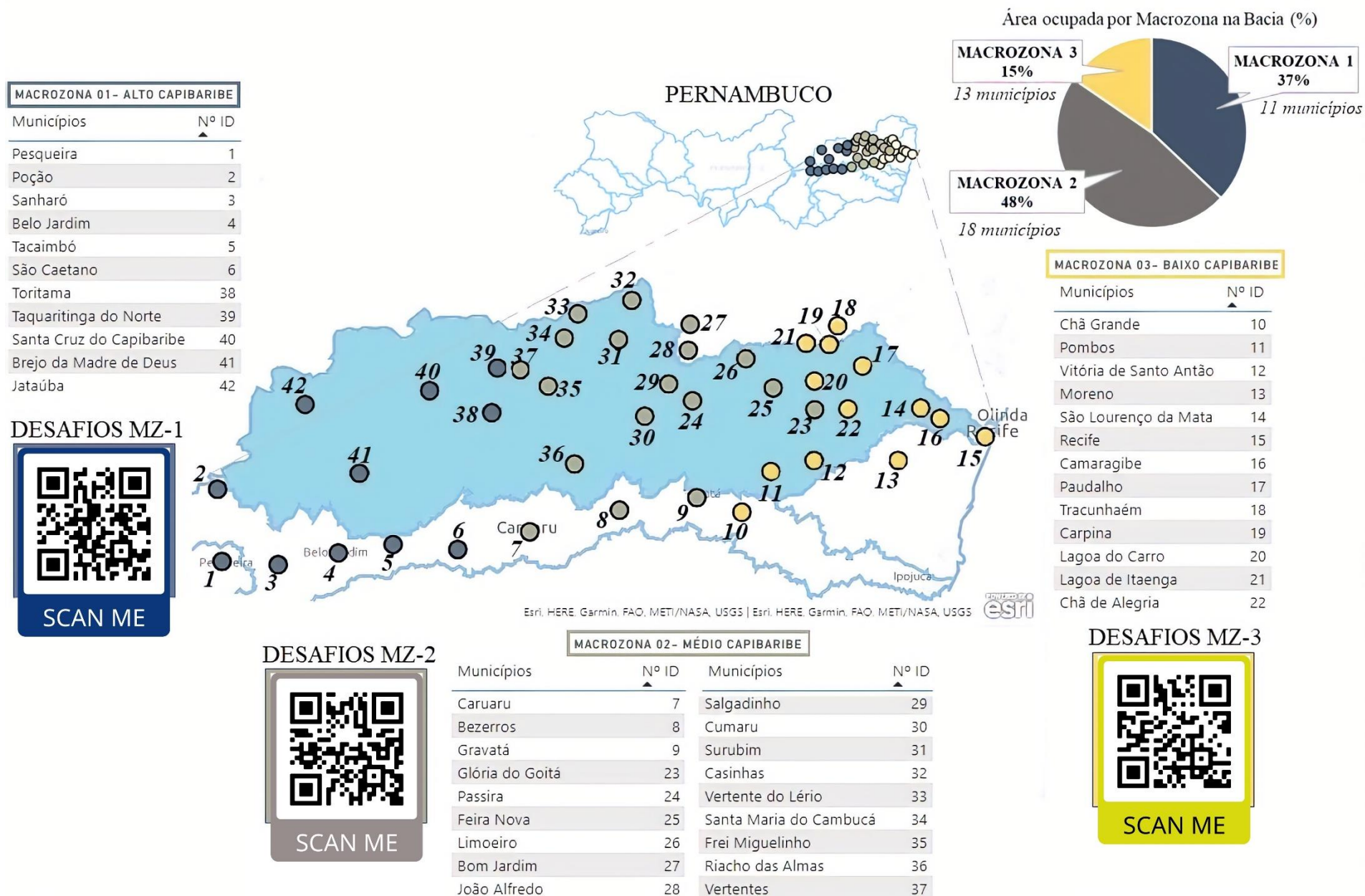


Figura 17- Desafios à Segurança Hídrica na bacia do Capibaribe- Macrozona 1



Fonte: A autora (2020)

- Macrozona 1 (MZ-1)

- a) D1. MZ-1: Disponibilidade Hídrica e Exploração ilegal de areia em leito seco do rio

A região do Alto Capibaribe (Macrozona 1) compreende 11 municípios, distribuídos entre as Regiões de desenvolvimento do Agreste Central (1, 2, 3, 4, 5, 6, 41 e 42) e do Agreste Setentrional (38, 39, 40). A hidrografia desta região não é densa, apresentando vazão efêmera e com muitos cursos d'água funcionando como drenos naturais das águas da chuva. Em se tratando da pluviometria, a MZ-1 possui chuvas escassas e as menores precipitações anuais médias da bacia, sendo estas da ordem de 650 mm. Nesse contexto, a quantidade anual de chuvas se mostra insuficiente para alimentação dos mananciais e atendimento aos usos múltiplos da água, havendo necessidade imperativa de conservação da água no leito arenoso dos cursos hídricos intermitentes (Braga *et al.*, 2015, 2016; PERNAMBUCO 2010c).

Ressalta-se a baixa vocação hidrogeológica do Alto Capibaribe, com formação de subsolo rochoso- embasamento cristalino- que limita as possibilidades de se encontrar águas subterrâneas. Essas águas podem estar em fraturas de rochas ou nos depósitos aluvionais. Ao contrário das reservas hídricas superficiais, no caso dos aquíferos aluviais, não há incidência direta da radiação solar, e a água fica mais protegida da evaporação: quanto maior a espessura da camada de areia acima do nível freático, menos calor atingirá a reserva hídrica.

Nessa perspectiva, tem-se como desafio histórico na região do Alto Capibaribe a exploração ilegal de areia no leito seco do rio. As águas das areias de aluvião têm garantido o abastecimento de muitas famílias durante os períodos de seca, sendo comum o uso de cacimbões e retiradas minerais artesanais. No entanto, progrediu um processo de extração mineral intensiva e mecanizada das areias (principalmente nos períodos de alta do setor de construção civil), sendo feito o uso de dragas e retroescavadeiras. Tal processo se configura como grande obstáculo à segurança hídrica das famílias que vivem nessa região, visto que as camadas de areia funcionam como cisternas naturais e sua retirada compromete o potencial de armazenamento da água nos períodos chuvosos (Braga *et al.*, 2016)¹⁹.

- b) D2. MZ-1: Problemas nos Reservatórios do Alto Capibaribe

¹⁹ “A Resolução 01/2013 do Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA) estabelece normas e procedimentos no licenciamento ambiental para a exploração de areia e argila em leitos secos de rios intermitentes no Estado de Pernambuco. A norma exige que a exploração em leito de rios intermitentes seja precedida de pesquisa através de malha de sondagem, de licença ambiental e de outorga dos recursos hídricos. Além disso, veda qualquer exploração de aluviões em local onde exista alguma intervenção para uso das águas superficiais: barragens, açudes, barreiros e correlatos; ou de águas subterrâneas: barragens subterrâneas, poços amazonas ou em locais em que exista alguma cultura agrícola, quer temporária, quer permanente” (Braga *et al.*, 2015, p.59).

Tem-se como principal reservatório do Alto Capibaribe o de Poço Fundo, localizado no município de Santa Cruz do Capibaribe (40) à leste de Jataúba (42), integrando o conjunto dos cinco principais reservatórios da bacia. Concluído em 1987 e com capacidade máxima de acumulação de 27,75 milhões de metros cúbicos, Poço fundo é propriedade do Governo do Estado de Pernambuco. A barragem tem por finalidade o abastecimento e a irrigação, com atendimento às sedes urbanas de Brejo da Madre de Deus (41), Jataúba (42) e Santa Cruz do Capibaribe (40) (ANA, 2017).

Apesar da conclusão de obras de recuperação da passarela, do vertedouro e do canal de restituição, em 2013, Poço Fundo integra a lista das barragens em alto risco no estado no ano de 2019, conforme divulgado pela Confederação Nacional de Municípios (CNM). Na cenarização hídrica da MZ-1, a parte jusante da barragem não apresentou déficit até o ano de 2015; porém, para o horizonte de 2025, mostrou déficit de 10% considerando-se um período de recorrência de 10 anos (SIRH, 2013; PERNAMBUCO, 2010g).

Entre os principais problemas acerca da barragem de Poço Fundo, destaca-se que dificilmente há contribuição das águas drenadas nas microbacias dos cursos d'água a montante da barragem para a vazão do rio Capibaribe. Nos trechos após a barragem, é comum o uso de cacimbões para fornecimento de água em caminhões pipa para áreas urbanas e para o abastecimento de propriedades rurais. Salienta-se ainda um problema diretamente relacionado ao Desafio 1 desta Macrozona, o qual consiste na retenção dos sedimentos gerados na parte alta da bacia, fator que contribuiu para reduzir drasticamente a reposição de sedimentos nos trechos a jusante do reservatório e, consequentemente, prejudica a capacidade de armazenamento dos depósitos aluvionais (Braga *et al.*, 2016).

c) D3. MZ-1: Poluição decorrente das lavanderias do setor têxtil

O chamado Polo de confecções do Agreste de Pernambuco é o segundo maior em importância econômica do país, sendo força motriz da economia de municípios como Toritama (38) e Santa Cruz do Capibaribe (40), com geração de quatro em cada dez empregos formais e informais. A elevada concentração da indústria de confecção de roupas nesses municípios implica a presença de grande número de lavanderias industriais. Tal fato tem sido responsável por comprometer significativamente o quadro ambiental na região do Alto Capibaribe, em virtude especialmente do aumento do esgoto advindo de pequenas e médias indústrias de confecções nos últimos anos, bem como da ausência de tratamento adequado desses efluentes (PERNAMBUCO 2010c, e).

Apesar da Lei estadual 14.549, de 2011 (PERNAMBUCO, 2011) tratar, em seu art. 40, de infração administrativa ambiental para toda ação ou omissão que resulte em poluição ou

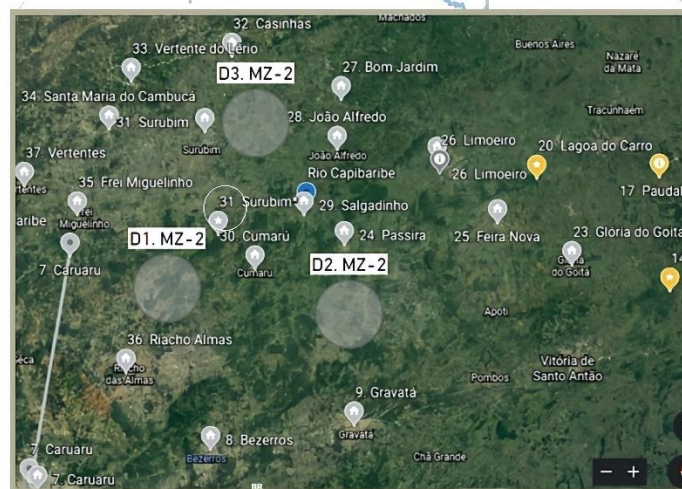
degradação ambiental, Lima *et al.* (2016) reforçam as realidades de muitas lavanderias do setor têxtil do Alto Capibaribe e o não cumprimento dos dispositivos legais. Em uma análise de alocação dos custos em projetos de despoluição para o rio Capibaribe, Costa e Ferreira (2019) apontam os impactos ambientais do setor de confecções e informam que Santa Cruz do Capibaribe (5ª maior população entre os municípios com sede na bacia) seria o oitavo município a arcar com os maiores custos de despoluição do rio.²⁰

²⁰ Faz-se importante destacar as obras da Adutora do Alto Capibaribe, que teve edital lançado em 2018 pela COMPESA. Esta obra de infraestrutura hídrica visa antecipar a chegada da água da transposição do rio São Francisco para o Agreste, transportando 371 L/s de água captada no Rio Paraíba, perto do Açude Boqueirão, no município de São Miguel- Paraíba. Estima-se que a obra vá beneficiar 230 mil pessoas nas cidades de Santa Cruz do Capibaribe, Toritama, Jataúba, Taquaritinga do Norte, Vertentes, Frei Miguelinho, Santa Maria do Cambucá, Vertente do Lério e no distrito de São Domingos, em Brejo da Madre de Deus, além de Barra de São Miguel, no Cariri paraibano (COMPESA, 2019).

Figura 18- Desafios à Segurança Hídrica na bacia do Capibaribe- Macrozona 2

MACROZONA 02- MÉDIO CAPIBARIBE

MACROZONA 02- MÉDIO CAPIBARIBE	
Municípios	Nº ID
Caruaru	7
Bezerros	8
Gravatá	9
Glória do Goitá	23
Passira	24
Feira Nova	25
Limoeiro	26
Bom Jardim	27
João Alfredo	28
Salgadinho	29
Cumaru	30
Surubim	31
Casinhas	32
Vertente do Lério	33
Santa Maria do Cambucá	34
Frei Miguelinho	35
Riacho das Almas	36
Vertentes	37



D1. MZ-2

Desafio 1: Déficits, Pressões e Usos múltiplos dos recursos hídricos.



35. Frei Miguelino

Fonte: Google earth (2019); Pernambuco (2010d)

D2. MZ-2

Desafio 2: Problemas relacionados aos Arranjos Produtivos Locais (APLs)



9. Gravatá

D3. MZ-2

Desafio 3: Problemas nos Reservatórios do Médio Capibaribe.



Fonte: Braga *et al.* (2015). Google earth (2019)
Pernambuco (2010c)

27. Bom Jardim



- Macrozona 2 (MZ-2)

- a) D1. MZ-2: Déficits, Pressões e Usos múltiplos dos recursos hídricos

O Médio Capibaribe compõe-se de 18 municípios, ocupando uma área equivalente a 48% da área total da bacia. Com exceção do município de Glória do Goitá (23), localizado na Mata Sul (RD-10), os demais municípios da MZ-2 encontram-se no Agreste Central (RD-8) (7, 8, 9, 36) e no Agreste Setentrional (RD-9) (24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 e 37).

Para a caracterização do semiárido, tem-se como indicador importante o índice de vulnerabilidade climática, referente ao número de dias com déficit hídrico (dias secos consecutivos). A partir da década de 70, os volumes de chuvas na região do semiárido têm sido, em geral, menores em relação aos anos anteriores. No trimestre chuvoso, entre os anos de 1999 a 2003, áreas da região Agreste apresentaram déficit hídrico superior a 30 dias. Apesar de ser tradicionalmente lembrado pelas ocorrências dos eventos de seca, o semiárido nordestino é também suscetível a enchentes, a exemplo do ano de 2004, no qual registraram-se mais de 1000 mm de chuva no período de um mês, quando a média histórica anual é de 600 mm (PERNAMBUCO, 2010c). A Tabela 2 (desenvolvida a partir de Apac 2019b) mostra o acumulado anual médio de chuvas para o ano de 2018 nas mesorregiões pernambucanas.

Tabela 2- Acumulado anual médio de chuvas nas mesorregiões de Pernambuco em 2018

	<i>Acumulado anual médio 2018 (mm)</i>	<i>Média climatológica (mm)</i>	<i>Desvio (%)</i>
<i>RMR</i>	1476	2053	-28,1
<i>ZONA DA MATA</i>	1164	1344	-13,4
<i>AGRESTE</i>	610	769	-20,6
<i>SERTÃO</i>	625	615	1,8

Fonte: A autora (2020)

Nota-se a partir da Tabela 2 que o Agreste pernambucano teve o menor acumulado médio de chuvas no ano de 2018 entre as mesorregiões do estado. Conforme a cenarização realizada pelo PHA Capibaribe, o abastecimento humano não apresentou déficits para os horizontes simulados nos municípios de Limoeiro (26), Surubim (31) e Cumaru (30). A cenarização mostrou ainda um déficit da ordem de 80% para a demanda de irrigação e indústria, ou seja, haverá um ano em cada 10 em que o déficit atingirá 80%, isto para a situação de 2010 até o horizonte de 2025 (PERNAMBUCO, 2010g). As criticidades da Macrozona 2 em termos de segurança hídrica têm sido fortemente debatidas ao longo dos últimos anos. Além dos cenários

de escassez projetados e consolidados, o acelerado crescimento populacional da região eleva as pressões pelos usos da água, adicionando maior complexidade às tomadas de decisões.

Destaca-se que, segundo Alcântara e Aguiar (2006), o Agreste apresenta grande potencial para a produção de pescado por meio do cultivo intensivo e da pesca artesanal. Todavia, os autores salientam a necessidade de melhoria da qualidade de técnicas de pesca visando a resolução de conflitos de interesse e o aumento racional da produção. O PHA sinalizou a formação de colônias de pescadores de Limoeiro (26) e Feira nova (25) no ano de 2010. Apesar da região da bacia não contar com áreas de reservas indígenas, há titulação de comunidades quilombolas em Passira (5) -Cacimbinha; Bezerros (8) - Guaribas e Salgadinho (29) - Conte (PERNAMBUCO, 2010a).

b) D2. MZ-2: Problemas relacionados aos Arranjos Produtivos Locais (APLs)

O perfil territorial diverso, dinâmico e competitivo é característico da bacia do rio Capibaribe, estando em grande medida atrelado à expansão dos Arranjos Produtivos Locais, os APLs. “Os APLs se caracterizam por um conjunto de fatores econômicos, políticos e sociais localizados em um mesmo território e voltados para o desenvolvimento de atividades econômicas correlatas” (BRAGA *et al.*, 2015, p.42). O Agreste central representa a 2ª RD mais importante economicamente de Pernambuco, concentrando o APL de tecidos e confecções, mais conhecido como Polo de Confecções do Agreste, sendo constituído particularmente no entorno do eixo Caruaru (7), Toritama, Santa Cruz do Capibaribe e Taquaritinga do Norte (PERNAMBUCO, 2010g).

Os municípios de Caruaru (7) e Gravatá (9) destacam-se pelos rebanhos de pecuária bovina de corte e setor moveleiro. Registra-se ainda o impacto crescente dos APLs do Turismo sobre a dinâmica econômica da região, notadamente em municípios como Caruaru, Bezerros e Gravatá, que possuem como principais atrações turísticas o comércio (Feira da Sulanca), o artesanato, o turismo do forró (São João) e o circuito do frio. Há também atividade turística no município de Salgadinho (29), devido à existência de fontes hidrominerais com reconhecidos efeitos medicinais, e no município de Bom Jardim (27), onde está localizada a Pedra do Navio, referência no turismo do Agreste Setentrional.

A acelerada expansão horizontal da mancha urbana na região do médio Capibaribe decorre, em grande medida, da implantação de novos empreendimentos econômicos. À medida que movimentam a economia da região, os APLs também têm adicionado maiores dificuldades ao gerenciamento hídrico da MZ-2, notando-se a carência de estudos mais detalhados em torno dos impactos causados na bacia.

c) D3. MZ-2: Problemas nos Reservatórios do Médio Capibaribe

Os reservatórios de Eng. Gercino Pontes (Tabocas) e Antônio Gouveia Neto (Jucazinho) são os principais da região do Médio Capibaribe, estando localizados, respectivamente, nos municípios de Caruaru (7) e Surubim (31). O primeiro foi concluído em 1958 e é propriedade do Governo do Estado; enquanto o segundo foi inaugurado em 1999, de propriedade do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS). Ambos possuem finalidade de usos da água para abastecimento, adicionando-se as finalidades de controle de enchentes e piscicultura na barragem de Jucazinho (ANA, 2017).

A barragem de Jucazinho é a maior em capacidade máxima da bacia, surgindo diante dos cenários históricos de excesso e escassez de água e tendo sua construção ocorrido após alguns eventos de enchentes entre os anos de 1970 e 1980. Com capacidade máxima de acumulação de 327,04 milhões de metros cúbicos e volume para amortecimento de enchentes de 100×10^6 m³, o reservatório é extremamente relevante para o Agreste pernambucano, responsável pelo abastecimento de 78% das demandas de retirada identificadas na bacia, destacando-se o abastecimento urbano, uso que representa 80% da vazão total associada ao açude (ANA, 2017).

Com sistema adutor formado por 10 estações de tratamento de água (ETA), sendo oito compactas e duas estações do tipo convencional, encontra-se na área de contribuição hídrica de Jucazinho a maior concentração industrial têxtil de Pernambuco. Tal fato tem sido responsável por provocar impactos negativos de comprometimento da qualidade das águas, diminuindo de maneira progressiva a potencialidade de atendimento aos usos múltiplos, especialmente quanto ao abastecimento público. Os elevados teores de sais classificam a água da barragem como salobra e o Índice de Qualidade da Água (IQA) é classificado como “bom” (PERNAMBUCO, 2010a; GUIMARÃES; BARBOSA, 2017).

No papel de concepção de Jucazinho²¹, podem ser beneficiadas com sensíveis reduções do risco de inundações as cidades de Salgadinho (29) e Limoeiro (26), podendo conferir ainda aumento do fator de segurança referente à proteção da cidade do Recife- Baixo Capibaribe- contra enchentes de grande magnitude. Ressalta-se que a operação atual do reservatório não o utiliza para controle de enchentes. Integrando o grupo de reservatórios operados para usos

²¹ “O sistema adutor do Jucazinho tem duas linhas adutoras principais, a Norte e a Sul, que juntas totalizam 270,9 km de extensão, de Surubim à Gravatá, e a capacidade de aduzir 1.810 L/s aos municípios de Surubim, Salgadinho, Passira, Cumaru, Vertente do Lério, Santa Maria da Cumbuca, Frei Miguelinho, Vertentes, Caruaru, Riacho das Almas, Gravatá e mais 45 distritos com população total de cerca de 800 mil habitantes nas bacias dos rios Capibaribe e Ipojuca” (PERNAMBUCO, 2010c, p.107).

múltiplos, registra-se a presença da aquicultura, com empreendimentos de pisciculturas em tanques de rede (PERNAMBUCO, 2010c; MELO *et al.*, 2017).

Apesar de o Plano Hidroambiental apontar a não existência de conflitos pelo uso da água no reservatório Jucazinho, é salientada a necessidade de atenção especial em relação à qualidade da água da barragem, sendo este identificado como o maior problema do reservatório associado ao comprometimento da segurança hídrica. A deterioração da qualidade da água, decorrente da inserção de nutrientes pelo uso e ocupação da bacia contribuinte, tem preocupado gestores e técnicos da COMPESA. Tendo em vista a importância socioeconômica da barragem para a região, salienta-se a indispensabilidade de monitoramentos regulares que sejam atentos às variações sazonais e investiguem as possíveis causas das mudanças de qualidade da água (MELO *et al.*, 2017).

Figura 19- Desafios à Segurança Hídrica na bacia do Capibaribe- Macrozona 3



- Macrozona 3 (MZ-3)

- a) D1. MZ-3: Conflitos pelo uso da água e Problemas nos Reservatórios do Baixo Capibaribe

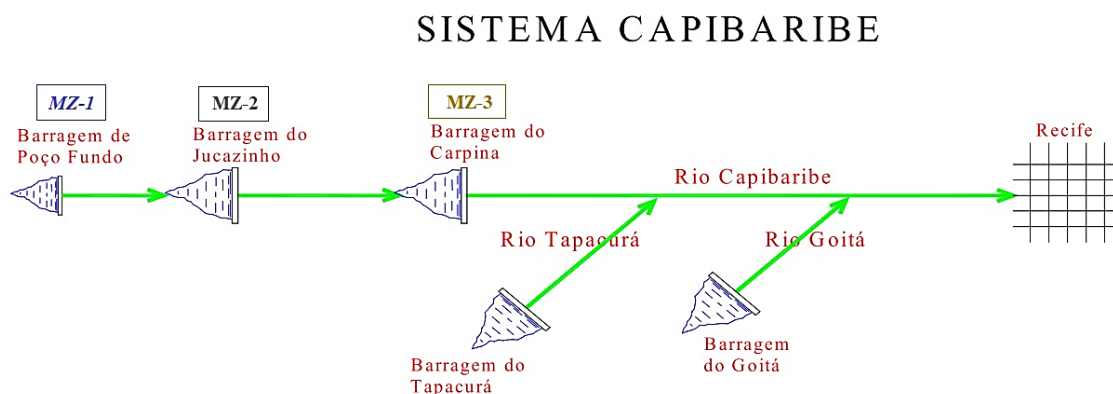
A Macrozona 3, ou Baixo Capibaribe, ocupa 15% da área total da bacia, sendo composta por 13 municípios. Com exceção do município de Pombos (11) no Agreste Central, os demais municípios da MZ-3 estão na RD da Mata Norte (17, 18, 19, 20, 21 e 22); Mata Sul (10 e 12) e metropolitana (13, 14, 15 e 16). Nessa região o balanço hídrico é positivo; à medida que se aproxima do oceano atlântico, a bacia apresenta maiores linhas anuais médias de precipitação, com valores anuais médios na faixa de 1500 mm para a MZ-3. Nesse contexto, especialmente nos médios e baixos cursos do rio, há registros de inundações históricas que atingiram a capital Recife (15) e outras cidades ribeirinhas nesses cursos.

Nessa perspectiva, foram adotadas medidas ao longo dos anos para solução dos problemas de enchentes, principalmente após a cheia do ano de 1975. Destaca-se nesse cenário a construção de barragens com fins de controle de cheias, que contribuíram para reduzir significativamente os efeitos desses problemas. Entre os cinco principais reservatórios da bacia do rio Capibaribe, três encontram-se na MZ-3, a saber: Carpina (20/21), Tapacurá (14) e Goitá (17).

O PHA Capibaribe verificou que os principais conflitos pelo uso da água registrados na bacia foram no reservatório de Carpina (Barragem de Lagoa do Carro). Apesar de ser domínio da União, a barragem, inaugurada em 1978, é operada pela COMPESA. Tendo em vista o fato de que o controle de cheias é um uso que requer que a bacia hidráulica armazene o mínimo volume possível, há conflitos com os demais usos que pretendem armazenar o volume máximo possível para assegurar as demandas necessárias para o período de estiagem. Nesse sentido, no geral, a diminuição dos volumes d'água armazenados no reservatório provocam reclamações, especialmente por parte dos pescadores usuários da barragem (PERNAMBUCO, 2010c).

Assim como a Barragem de Lagoa do Carro, o reservatório de Tapacurá foi inicialmente construído para controle de cheias, funcionando como parte do esquema de proteção do Recife contra as enchentes do rio Capibaribe e para o suprimento hídrico da capital e outras localidades sob sua área de influência da RMR. Concluída em 1973 e localizada no município de São Lourenço da Mata (14), Tapacurá passou a ter fins de usos múltiplos, sendo a 3ª maior barragem da bacia em capacidade máxima. A Figura 20 e o Quadro 8 apresentam os principais reservatórios da bacia.

Figura 20- Representação do sistema adutor Capibaribe



Fonte: Pernambuco (2010c)

Quadro 8- Principais reservatórios da bacia do rio Capibaribe

Principais reservatórios da Bacia do rio Capibaribe					
Nome	Município	Nº ID do Município	Macrozona (MZ)	Capacidade máxima (m³)	Finalidade
Jucazinho	Surubim	31	MZ-2	327.035.000	Abastecimento / Controle de cheias/ piscicultura
Carpina (Lagoa do Carro)	Lagoa do Carro*	20	MZ-3	270.000.000	Abastecimento/ Controle de Cheias/pesca
Tapacurá	São Lourenço da Mata	14	MZ-3	94.200.000	Abastecimento / Controle de cheias
Goitá	Paudalho**	17	MZ-3	52.000.000	Controle de Cheias
Poço Fundo	Santa Cruz do Capibaribe	40	MZ-1	27.750.000	Abastecimento / Irrigação
Engenho Gercino Pontes (Tabocas)	Caruaru***	7	MZ-2	13.600.000	Abastecimento / Irrigação
Cursai	Paudalho	17	MZ-3	13.000.000	Abastecimento
Várzea do Una	São Lourenço da Mata	14	MZ-3	11.568.010	Abastecimento
Oitis	Brejo da Madre de Deus	41	MZ-1	3.020.159	Abastecimento / Irrigação
Mateus Vieira	Taquaritinga do norte	39	MZ-1	2.752.000	NI
Machado	Brejo da Madre de Deus	41	MZ-1	1.597.000	Abastecimento
Santa Luzia	Carpina	19	MZ-3	1.540.263	Abastecimento
Matriz da Luz	Camaragibe	16	MZ-3	1.250.000	Abastecimento / Irrigação
Sítio Piaça	Belo Jardim	4	MZ-1	1.167.924	NI
Lagoa do Porco	Surubim	31	MZ-2	1.036.200	Abastecimento
* A Barragem de Carpina encontra-se entre os municípios de Lagoa do Carro e Lagoa de Itaenga;					Nº RESERVATÓRIOS-
*** A Barragem de Goitá encontra-se entre os municípios de Paudalho e São Lourenço da Mata					15
*** A Barragem de Tabocas encontra-se entre os municípios de Caruaru e Brejo da Madre de Deus					

Fonte: Adaptado de Pernambuco (2010c)

b) D2. MZ-3: Urbanização, aumento de demandas hídricas e impactos ambientais

A MZ-3 caracteriza-se pela região mais urbanizada da bacia. Espaços anteriormente destinados ao armazenamento natural das águas, tais como várzeas, áreas permeáveis e talvegues naturais deixaram de existir ou foram significativamente afetados pela ação antrópica. A intensa urbanização da área foi responsável por aumentos de demandas e impactos ambientais diversos, como a potencialização do comportamento das enchentes com aumento dos picos de vazão. A demanda é definida como a quantidade de água requerida para atendimento às necessidades dos usuários, podendo ser consuntiva ou não consuntiva; enquanto o consumo implica a parte da demanda efetivamente consumida pelos usuários. As principais demandas de água estão ligadas ao abastecimento humano, à indústria e à irrigação.

Apesar de ocupar uma área de 15% da bacia, o Baixo Capibaribe possui as maiores demandas e consumos quando comparado às demais Macrozonas, superando, no cenário para população urbana em 2010, um valor de demanda da ordem de 110 milhões de metros cúbicos por ano (PERNAMBUCO, 2010c). Destaca-se a demanda de água para irrigação de cana-de-açúcar na Zona da Mata, realizada com caráter suplementar, denominada de irrigação de salvação. A usina Petribu, situada em Carpina (19), possui captação própria diretamente no rio Capibaribe, de vazão significativa para abastecimento industrial (PERNAMBUCO, 2010c).

Na cenarização realizada pelo PHA, visualizou-se um cenário sustentado possível com a regularização dos reservatórios da área, de maneira a minimizar os déficits industriais e de irrigação. Caso esta regularização implique impactos negativos sobre a garantia no atendimento do abastecimento humano, será necessário um mínimo de racionamento na demanda em irrigação e indústria, para obter garantia máxima do abastecimento humano. “Nessa região, a vazão ecológica provoca déficit em algumas demandas, exigindo estudos mais detalhados para propiciar um balanço adequado entre a utilização da água e a preservação do equilíbrio ecológico” (PERNAMBUCO, 2010g, p.V).

c) D3. MZ-3: Degradação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, saneamento ambiental e fiscalização

A poluição é uma realidade ao longo de todo o rio Capibaribe, especialmente devido às concentrações elevadas de fósforo, amônia e coliformes termotolerantes. Concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) iguais a zero e elevada Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), observadas a jusante dos centros industriais e urbanos, evidenciam o lançamento de efluentes domésticos e industriais acima da capacidade de autodepuração do rio. A jusante das cidades

de Paudalho (17), Vitória de Santo Antão (12), São Lourenço da mata (14), Camaragibe (16) e Recife (15), tem-se elevadas concentrações de fósforo, nitrogênio amoniacal e coliformes fecais, evidenciando a poluição provocada pelo lançamento irregular de esgotos domésticos (PERNAMBUCO, 2010f).

Apesar de conhecidos os processos de degradação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas na bacia, o monitoramento tem sido focado nas fontes poluidoras, mostrando os trechos mais comprometidos do rio e carecendo de avaliações mais detalhadas acerca de sua capacidade de autodepuração. Nesse sentido, a proposta do Plano de monitoramento hidroambiental do rio Capibaribe, apresentada no PHA, detalha esses aspectos, visando ainda ampliar o monitoramento quantitativo da água a fim de relacionar quantidade e qualidade (PERNAMBUCO, 2010d).

Salienta-se o papel da integração junto ao setor de saneamento para controle da degradação da qualidade das águas, tendo em vista que a Lei do Saneamento Básico, 11.445/2007, aponta a bacia hidrográfica como unidade de referência para o planejamento do setor. “O saneamento ambiental interfere na quantidade e qualidade das águas, pois atua como demanda e potencial causador de impactos” (PERNAMBUCO, 2010f, p.97). Dessa forma, a realização de diagnósticos na área de saneamento, com avaliações das ações implementadas no setor e levantamentos das infraestruturas existentes constitui ferramenta trivial para identificação de problemas das bacias hidrográficas e para consequente minimização da degradação da qualidade hídrica.

O Baixo Capibaribe apresenta boa vocação hidrogeológica, contemplando parte das bacias sedimentares Pernambuco-Paraíba e a do Cabo, onde estão os aquíferos Cabo, Boa Viagem e Beberibe. Nesse sentido, a MZ-3 possui o número mais expressivo de outorgas de águas subterrâneas, principalmente para abastecimento condominial na capital Recife (15). Embora exista um Decreto Estadual (38.752/2012) que estabelece procedimentos administrativos de fiscalização do uso de recursos hídricos no estado e um Mapa de Zoneamento Explotável de Águas Subterrâneas na RMR (Resolução CRH Nº 04/2003), há desafios a serem transpassados no que tange à fiscalização dessas águas, tendo em vista a complexidade da região e os céleres processos de ocupação territorial.

5.3.2 Proposta de IVH na bacia do rio Capibaribe

Nota-se, ao longo das últimas décadas, diversas abordagens para medir questões complexas em escalas global e local sob a forma de indicadores compostos. Esses indicadores agregam questões multidimensionais, possuindo a vantagem de resumir tais questões, acompanhar progressos e facilitar a comunicação pública. Todavia, ressalta-se que aspectos críticos de incerteza, sensibilidade e robustez têm recebido pouca atenção e muitos criadores de índices não têm fornecido evidências, por exemplo, das escolhas acerca de agregações e ponderações. Nesse sentido, de modo a fortalecer a validade dos índices e melhorar sua qualidade metodológica, faz-se importante incorporar e considerar resultados de disciplinas como estatística e econometria (SAISANA; CATWRIGHT, 2007; CUTTER; BURTON; EMRICH, 2010).

No caso específico brasileiro, cabe registrar que muitos indicadores estabelecidos por órgãos internacionais, a exemplo dos ODS da ONU, mostram-se pouco significativos para evidenciar realidades distintas do país. Dessa forma, a criação de indicadores nacionais, regionais e locais é fundamental para contribuir com o alcance de metas, como o ODS6, e fortalecer a legislação nacional. Registra-se ainda o fato de que a repartição de poderes entre União, estados e municípios confere, aos últimos, um papel preponderante na realidade hídrica e ambiental, sem, contudo, haver recursos fiscais próprios para o desenvolvimento de tal papel (IPEA, 2019).

No que se refere à ciência da vulnerabilidade, para Cutter (2011) esta ciência procura analisar os fatores que influenciam as capacidades subnacionais (locais) na preparação para respostas e adaptação. Sendo assim, um princípio fundamental para esta ciência é o requisito dos conhecimentos geoespaciais e das investigações com base nas localidades, tendo em vista que todos os desastres são locais e as respostas imediatas também o são. A autora acrescenta que, ainda que devam ser entendidos os processos naturais e sistemas que dão origem aos riscos, não é possível compreender, em totalidade, os impactos desses processos ou acontecimentos naturais, a menos que sejam examinadas as formas como tais sistemas interagem com a sociedade. “A comparação entre lugares requer métricas consistentes, daí que o conceito de medição seja crucial na ciência da vulnerabilidade” (CUTTER, 2011, p. 61).

Para o caso específico da vulnerabilidade hídrica, Sullivan (2011) sublinha que a água é um recurso essencial para os meios de subsistência e fator crucial de produção. Sendo assim, faz-se necessário o desenvolvimento de mecanismos para identificação das áreas em que a má gestão ou escassez hídrica podem resultar na desaceleração dos processos de desenvolvimento.

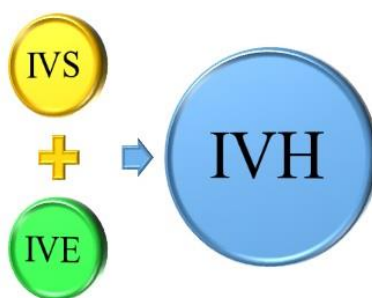
Nesse contexto, a autora evidencia o peso dos Índices de Vulnerabilidade Hídrica, apontando que, quando as informações deste índice são mapeadas na escala municipal, as variações da vulnerabilidade podem ser observadas claramente em toda a bacia hidrográfica. Dessa maneira, na escala da bacia, os gestores podem identificar locais de estresse e atuar diretamente para a redução de riscos futuros. Ainda segundo a autora, em um nível mais simples, um IVH é composto da combinação de medidas de vulnerabilidades do Usuário (sociedade) e do Sistema.

Diante do exposto, esta pesquisa propõe a criação de um Índice de Vulnerabilidade Hídrica na bacia hidrográfica do rio Capibaribe, devendo este ser medido na escala municipal e ponderado em função do percentual de ocupação das áreas dos municípios no limite da bacia. Tendo em vista a necessidade de maiores estudos acerca dos aspectos de agregações, sensibilidade e robustez, a proposta apresentada consiste nos primeiros passos definidos pelo Manual sobre a Construção de Indicadores Compostos (OECD, 2008), a saber: I) Referencial teórico e II) Seleção de dados.

I) Referencial teórico

Uma estrutura teórica sólida corresponde ao ponto de partida para a construção de um índice composto, pois a partir desta tem-se uma definição do que pretende ser medido. “A estrutura deve definir claramente o fenômeno a ser medido e seus subcomponentes, selecionando indicadores e pesos individuais que refletem sua importância relativa e as dimensões do composto geral” (OECD, 2008, p. 22). Sendo assim, tem-se a definição de **Vulnerabilidade Hídrica** utilizada neste trabalho, como: a suscetibilidade de um sistema (*e.g.* social e ecossistêmico) a ser adversamente afetado em função da exposição a problemas, obstáculos e/ou conflitos na unidade territorial de uma bacia hidrográfica. Nesse sentido, a proposta do IVH compreende a composição da vulnerabilidade social (VS) e da vulnerabilidade ecossistêmica (VE) dos municípios que integram a bacia (Figura 21).

Figura 21- Índice de Vulnerabilidade Hídrica (IVH)



Fonte: A autora (2020)

II) Seleção de dados

A seleção de dados deve se basear na “solidez analítica, mensurabilidade, cobertura do país e relevância dos indicadores para o fenômeno que está sendo medido” (OECD, 2008, p. 20). Tendo em vista que o IVH proposto compõe-se de dois subíndices (Índice de Vulnerabilidade Social-IVS e Índice de Vulnerabilidade Ecológica-IVE), buscaram-se dados relativos à vulnerabilidade social e ecológica dos municípios inseridos na bacia em estudo.

Para Scott *et al.* (2018) a vulnerabilidade social pode ser entendida como uma conjugação de fatores que podem afetar o nível de bem-estar de comunidades, famílias e pessoas, resultando em uma exposição maior ao risco. Os autores complementam que a VS é vista como um desequilíbrio entre recursos simbólicos e materiais disponíveis ao sujeito e a suas necessidades, tratando-se, portanto, de uma noção multidimensional que advém da insuficiência de oportunidades no contexto em que o indivíduo está inserido e a sua dificuldade para lidar com isso.

Diante disso, selecionaram-se os dados do Índice de Vulnerabilidade Social do Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada (IPEA) para o subíndice do IVS (IPEA, 2015). A escolha se fundamenta no fato do IVS consistir em um índice atual desenvolvido por uma instituição de pesquisa nacional renomada, admitindo-se o pressuposto de que muitos indicadores cientificamente validados têm tido seus usos negligenciados.

O IVS decorre da seleção de dezesseis indicadores da plataforma do Atlas do Desenvolvimento Humano (ADH) e está organizado em três dimensões: i) infraestrutura urbana; ii) capital humano; e iii) renda e trabalho (Quadro 9). O índice possibilita a compreensão de dinâmicas sociais e disparidades intraurbanas, sendo calculado em uma escala de 0 a 1: quanto mais próximo de 1 o IVS de um território, maior é sua vulnerabilidade social e, portanto, maior a precariedade das condições de vida de sua população. Enquanto valores próximos a zero refletem baixa ou inexistente VS (IPEA, 2018; MOURA, 2019).

Acerca do Índice de Vulnerabilidade ecológica, não foram encontrados índices específicos sobre o assunto. Esta dificuldade pode decorrer do fato de se tratar de um conceito complexo, visto que o ecossistema é definido como a interação dos conjuntos de comunidades de determinado local entre si e com o meio ambiente. Trata-se, portanto, de um conceito dinâmico que, porém, pode ser representado por índices como os de Vulnerabilidade Climática (FIOCRUZ, 2018) e Vulnerabilidade a Desastres Naturais relacionados a Secas-IVDNS (BRASIL, 2017b).

Quadro 9- Indicadores do IVS

IVS	
IVS- Infraestrutura urbana	Porcentagem de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados.
	Porcentagem da população que vive em domicílios urbanos sem serviço de coleta de lixo.
	Porcentagem de pessoas que vivem em domicílios com renda per capita inferior a meio salário-mínimo (de 2010) e que gastam mais de uma hora até o trabalho no total de pessoas ocupadas, vulneráveis e que retornam diariamente do trabalho.
	Mortalidade até um ano de idade.
IVS- Capital humano	Porcentagem de crianças de 0 a 5 anos que não frequentam a escola.
	Porcentagem de pessoas de 6 a 14 anos que não frequentam a escola
	Porcentagem de mulheres de 10 a 17 anos de idade que tiveram filhos.
	Porcentagem de mães chefes de família sem o ensino fundamental completo e com pelo menos um filho menor de 15 anos de idade, no total de mulheres chefes de família.
	Taxa de analfabetismo da população de 15 anos ou mais de idade.
	Porcentagem de crianças que vivem em domicílios em que nenhum dos moradores tem o ensino fundamental completo.
	Porcentagem de pessoas de 15 a 24 anos que não estudam, não trabalham e possuem renda domiciliar <i>per capita</i> igual ou inferior a meio salário-mínimo (de 2010), na população total dessa faixa etária
IVS- Renda e trabalho	Proporção de pessoas com renda domiciliar <i>per capita</i> igual ou inferior a meio salário-mínimo (2010)
	Taxa de desocupação da população de 18 anos ou mais de idade.
	Porcentagem de pessoas de 18 anos ou mais sem fundamental completo e em ocupação informal.
	Porcentagem de pessoas em domicílios com renda per capita inferior a meio salário-mínimo (de 2010) e dependentes de idosos.
	Taxa de atividade das pessoas de 10 a 14 anos de idade.

Fonte: Adaptado de IPEA (2018)

Segundo Berrouet, Machado e Villegas-Palacio (2018), se um ecossistema for capaz de manter suas funções durante e após a materialização de ameaças, como mudanças de clima e desastres naturais, este não estará vulnerável à ameaça. Swantson *et al.* (2011) complementam que ecossistemas podem ser particularmente vulneráveis a severos declínios ou podem se perder inteiramente da paisagem, apontando características compartilhadas de maior probabilidade: o risco será maior em ecossistemas de baixa diversidade; as mudanças climáticas exacerbam os problemas para espécies já em declínio; a perturbação desestabilizará ecossistemas estáticos; a resiliência será enfraquecida em ecossistemas fragmentados; a hidrologia alterada comprometerá as florestas de terras baixas.

Diante disso, para compor o IVH, verifica-se a necessidade de um índice de vulnerabilidade ecossistêmica, em escala municipal, que contemple, por exemplo, vulnerabilidades de sistemas físicos (*e.g.* infraestruturas hídricas- DANTAS; GALVÃO; NÓBREGA, 2015) e as vulnerabilidades geográficas frente a mudanças climáticas e desastres naturais (*e.g.* WICKHAM; O'NEILL; JONES, 2000; JUN *et al.*, 2011; EMBRAPA, 2010). Diante dos fatos expostos, apresentam-se abaixo os resultados referentes às análises da parcela do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) na bacia do rio Capibaribe- desenvolvidos a partir de IPEA (2015: Quadros 10, 11 e Figura 22.

Quadro 10- Dados IVS Macrozonas 1 e 2

MZ	Nº ID	Municípios	Região de Desenvolvimento (RD)	Área que o município ocupa na bacia (%)	IVS do Município (2010)	Faixa de Vulnerabilidade	IVS Ponderado	IVS Infraestrutura Urbana	IVS Capital Humano	IVS Renda e Trabalho	População total	% de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário Inadequados
1	1	Pesqueira	Agreste Central	0,054%	0,435	Alta	0,000	0,223	0,552	0,529	62931	14,51%
1	2	Poção	Agreste Central	0,229%	0,600	Muito Alta	0,001	0,475	0,699	0,626	11242	27,99%
1	3	Sanharó	Agreste Central	0,080%	0,469	Alta	0,000	0,204	0,625	0,577	21955	17,06%
1	4	Belo Jardim	Agreste Central	5,494%	0,366	Média	0,020	0,142	0,470	0,486	72432	6,00%
1	5	Tacaimbó	Agreste Central	0,349%	0,462	Alta	0,002	0,247	0,629	0,509	12725	21,72%
1	6	São Caetano	Agreste Central	0,174%	0,446	Alta	0,001	0,313	0,520	0,505	35274	22,39%
1	38	Toritama	Agreste Setentrional	0,402%	0,362	Média	0,001	0,112	0,595	0,379	35554	11,07%
1	39	Taquaritinga do Norte	Agreste Setentrional	5,957%	0,385	Média	0,023	0,255	0,495	0,406	24903	31,89%
1	40	Santa Cruz do Capibaribe	Agreste Setentrional	4,560%	0,313	Média	0,014	0,101	0,473	0,363	87582	4,67%
1	41	Brejo da Madre de Deus	Agreste Central	10,180%	0,469	Alta	0,048	0,285	0,646	0,477	45180	21,97%
1	42	Jatubá	Agreste Central	9,590%	0,507	Muito Alta	0,049	0,291	0,602	0,628	15819	15,85%
2	7	Caruaru	Agreste Central	7,133%	0,310	Média	0,022	0,105	0,467	0,357	314912	4,66%
2	8	Bezerros	Agreste Central	2,959%	0,435	Alta	0,013	0,261	0,539	0,503	58668	9,24%
2	9	Gravatá	Agreste Central	3,215%	0,420	Alta	0,014	0,290	0,472	0,497	76458	7,47%
2	23	Glória do Goitá	Mata Norte	3,112%	0,485	Alta	0,015	0,360	0,523	0,572	29019	35,80%
2	24	Passira	Agreste Setentrional	4,574%	0,485	Alta	0,022	0,362	0,527	0,567	28628	30,22%
2	25	Feira Nova	Agreste Setentrional	1,422%	0,412	Alta	0,006	0,244	0,534	0,457	20571	24,58%
2	26	Limoeiro	Agreste Setentrional	1,851%	0,397	Média	0,007	0,292	0,418	0,480	55439	20,98%
2	27	Bom Jardim	Agreste Setentrional	0,723%	0,471	Alta	0,003	0,302	0,546	0,566	37826	27,32%
2	28	João Alfredo	Agreste Setentrional	0,724%	0,482	Alta	0,003	0,355	0,589	0,502	30743	32,88%
2	29	Salgadinho	Agreste Setentrional	1,140%	0,582	Muito Alta	0,007	0,324	0,655	0,769	9312	36,67%
2	30	Cumaru	Agreste Setentrional	3,997%	0,510	Muito Alta	0,020	0,446	0,557	0,527	17183	52,66%
2	31	Surubim	Agreste Setentrional	3,447%	0,386	Média	0,013	0,226	0,475	0,456	58515	17,45%
2	32	Casinhas	Agreste Setentrional	1,409%	0,543	Muito Alta	0,008	0,463	0,595	0,572	13766	60,33%
2	33	Vertente do Lério	Agreste Setentrional	0,939%	0,495	Alta	0,005	0,432	0,579	0,475	7873	65,12%
2	34	Santa Maria do Cambucá	Agreste Setentrional	1,180%	0,491	Alta	0,006	0,362	0,604	0,507	13021	45,44%
2	35	Frei Miguelinho	Agreste Setentrional	2,937%	0,491	Alta	0,014	0,419	0,524	0,530	14293	32,85%
2	36	Riacho das Almas	Agreste Central	4,115%	0,486	Alta	0,020	0,327	0,612	0,517	19162	30,63%
2	37	Vertentes	Agreste Setentrional	2,615%	0,469	Alta	0,012	0,345	0,529	0,534	18222	30,86%

Fonte: A autora (2020)

Quadro 11- Dados IVS Macrozona 3

MZ	Nº ID	Municípios	Região de Desenvolvimento (RD)	Área que o município ocupa na bacia (%)	IVS do Município (2010)	Faixa de Vulnerabilidade	IVS Ponderado	IVS Infraestrutura Urbana	IVS Capital Humano	IVS Renda e Trabalho	População total	% de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário Inadequados
3	10	Chã Grande	Mata Sul	0,174%	0,449	Alta	0,001	0,318	0,536	0,493	20137	16%
3	11	Pombos	Agreste Central	2,039%	0,407	Alta	0,008	0,248	0,473	0,501	24046	10%
3	12	Vitória de Santo Antão	Mata Sul	2,699%	0,401	Alta	0,011	0,238	0,476	0,490	129974	10%
3	13	Moreno	Metropolitana	0,201%	0,508	Muito Alta	0,001	0,532	0,446	0,547	56696	8%
3	14	São Lourenço da Mata	Metropolitana	2,815%	0,511	Muito Alta	0,014	0,583	0,445	0,506	102895	13%
3	15	Recife	Metropolitana	0,926%	0,319	Média	0,003	0,307	0,311	0,337	1537704	3%
3	16	Camaragibe	Metropolitana	0,469%	0,415	Alta	0,002	0,463	0,356	0,425	144466	4%
3	17	Paudalho	Mata Norte	3,567%	0,543	Muito Alta	0,019	0,609	0,507	0,513	51357	12%
3	18	Tracunhaém	Mata Norte	0,147%	0,507	Muito Alta	0,001	0,480	0,527	0,515	13055	22%
3	19	Carpina	Mata Norte	0,456%	0,385	Média	0,002	0,281	0,414	0,461	74858	13%
3	20	Lagoa do Carro	Mata Norte	0,524%	0,471	Alta	0,002	0,465	0,512	0,436	16007	36%
3	21	Lagoa de Itaenga	Mata Norte	0,765%	0,495	Alta	0,004	0,412	0,515	0,558	20659	27%
3	22	Chã de Alegria	Mata Norte	0,657%	0,537	Muito Alta	0,004	0,441	0,555	0,617	12404	22%

Fonte: A autora (2020)

Quadro 22- Resumo dos Dados IVS nas Macrozonas

DADOS DOS MUNICÍPIOS INTEGRANTES DAS MACROZONAS (2010)					Faixas de Vulnerabilidade		Macrozona	Σ IVS Ponderado
	IVS Total Médio	Faixa de Vulnerabilidade	População Total	% médio de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados	0 a 0,2	Muito Baixa	MZ-1	0,160
					0,2 a 0,3	Baixa	MZ-2	0,211
					0,3 a 0,4	Média	MZ-3	0,072
					0,4 a 0,5	Alta	IVS- MÉDIO DA BACIA	
					0,5 a 1	Muito Alta		
MZ-1	0,438	Alta	425.597	17,74%			Alta	0,442
MZ-2	0,464	Alta	823.611	31,40%				
MZ-3	0,458	Alta	2.204.258	15,02%				

Fonte: A autora (2020)

5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando-se as exposições do presente capítulo, nota-se que a bacia hidrográfica do rio Capibaribe tem enfrentado desafios históricos ao longo de toda sua extensão, com aspectos de maior ou menor gravidade condicionados a características específicas de suas Macrozonas. Além dos desafios expostos nos mapas, a análise documental permitiu concluir que, em uma visão global da bacia, os seguintes desafios também se mostram em evidência e necessitam de análises mais específicas: abastecimento das populações rurais difusas e sistemas comunitários de gestão hídrica; recuperação e conservação de matas ciliares e nascentes; resgate histórico, cultural e sentimental do rio Capibaribe; recuperação de áreas degradadas por lixões em margens ou áreas estratégicas da bacia; integração com políticas de saneamento básico e desafios institucionais.

Acerca da proposta do Índice de Vulnerabilidade Hídrica, apesar desta ter sido apresentada em suas configurações iniciais, nota-se que as avaliações em torno da componente de Vulnerabilidade Social, nos municípios que integram as macrozonas, mostram panoramas das fragilidades sociais nos limites da bacia hidrográfica. O cálculo do IVS da bacia indicou um valor de 0,442, estando este valor na faixa de Alta Vulnerabilidade. Quanto aos dados dos municípios que integram as macrozonas, os valores referentes aos percentuais médios de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados refletem alguns dos desafios observados nas regiões das macrozonas. Os municípios da MZ-2 se destacam com o pior percentual observado, de 31,40%, enquanto os municípios da MZ-3 apresentam o melhor percentual médio, 15,02%.

Perante os resultados obtidos, verifica-se o potencial para continuidade e aprofundamento da proposta apresentada, sendo integrados os dados acerca da componente de vulnerabilidade ecossistêmica (VE) e seguidos os demais passos instruídos pela OECD, a saber: III) Imputação de dados ausentes; IV) Análise multivariada; V) Normalização; VI) Ponderação e agregação; VII) Análise de incerteza e sensibilidade; VIII) Volta aos dados; IX) *Links* para outros indicadores e X) Visualização dos resultados. Entende-se que a consolidação do IVH na bacia em estudo permitirá métricas confiáveis que possibilitarão comparações entre demais bacias do estado e do país, auxiliando o processo de governança hídrica da bacia, com dados quantitativos auxiliares à tomada de decisões e à alocação de recursos.

6 CONCLUSÕES

Esta tese utilizou uma estruturação em capítulos, de modo a estabelecer uma sequência de discussões para o alcance dos objetivos propostos. O desenvolvimento de um aporte teórico para compreensão de evoluções conceituais acerca da segurança e da vulnerabilidade hídrica, bem como de conceitos correlatos, foi primordial para dar suporte às etapas subsequentes, principalmente quanto ao delineamento do panorama da GIRH na bacia estudada e quanto à proposta do Índice de Vulnerabilidade Hídrica.

Diante do atual cenário de intensas mudanças globais, a busca pela aplicabilidade prática das premissas do desenvolvimento sustentável se faz cada vez mais primordial e, no contexto da governança hídrica, a natureza inter-relacionada prevista pela Gestão Integrada mostra-se coerente com as aspirações em torno da segurança dos recursos hídricos. Dessa forma, nota-se a relevância das discussões expostas neste trabalho para trazer reflexões e orientações sobre questões a serem melhoradas na implementação da GIRH.

A abrangência regional em termos de complexidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Capibaribe e a relevância desta unidade de planejamento hídrico para o progresso do estado de Pernambuco exige estudos investigativos voltados para as realidades locais. Nessa perspectiva, a inserção de uma abordagem em torno da vulnerabilidade hídrica buscou criar uma ótica mais direta e focada nas fragilidades do ambiente estudado. Opondo-se às análises de sustentabilidade, o olhar para o estado vulnerável teve como propósito transmitir informações sobre desafios remanescentes e dificuldades vindouras a serem enfrentadas pelos sistemas.

Para além das avaliações realizadas nesta tese, recomenda-se o desenvolvimento de pesquisas contínuas em torno da temática, sobretudo quanto a análises mais detalhadas para a segurança hídrica das águas subterrâneas e quanto a interfaces nas quais sejam dadas maiores ênfases à Política Nacional de Saneamento básico. Por fim, espera-se a contribuição desta pesquisa para a perpetuação do conhecimento na área de recursos hídricos, principalmente no âmbito da bacia hidrográfica estudada, de maneira que os resultados aqui expostos possam ser utilizados como ferramentas para o fortalecimento da governança hídrica local nos processos de adaptação às mudanças globais.

REFERÊNCIAS

- ABERS, R.; JORGE, K. D. Descentralização da gestão da água: por que os comitês de bacia estão sendo criados? **Ambiente e Sociedade**, Campinas, v. 8, n. 2, p. 99-124, 2005. DOI: 10.1590/S1414-753X2005000200006.
- ADGER, W.N. Social and Ecological Resilience: Are They Related? **Progress in Human Geography**, v. 24, n. 3, p. 347–364, 2000. DOI: 10.1191/030913200701540465
- ADGER, W.N. Vulnerability. **Global Environmental Change**, v. 16, n. 3, p. 268–281, 2006. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006.
- AITH, F.M.A.; ROTHBARTH, R. O estatuto jurídico das águas no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 29, n. 84, p. 163–177, 2015. DOI: 10.1590/s0103-40142015000200011.
- ALCÂNTARA, S.L.; AGUIAR, M.M.G. Organização do Polo Pesqueiro do Agreste de Pernambuco e propostas para a pesca e piscicultura. **Rev. Bras. Eng. Pesca**, v. 1, n. 1, p. 38-53, 2006. DOI: 10.18817/repesca.v1i1.26.
- AL-JAWAD, J. Y.; ALSAFFAR, H. M.; BERTRAM, D.; KALIN, R. M. A comprehensive optimum integrated water resources management approach for multidisciplinary water resources management problems. **Journal of Environmental Management**, v. 239, n. 1, p. 211–224, 2019. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.03.045.
- ALOVISI JÚNIOR, V.; BEREZUK, A.G. Análise Comparativa de Gestão de Recursos Hídricos em Portugal e no Brasil. **Revista Recursos Hídricos**, Lisboa, v. 33, n. 1, p.75-84, mai. 2012. DOI: 10.5894/rh33n1-6.
- AL-SAIDI, M. Conflicts and security in integrated water resources management. **Environmental Science & Policy**, v. 73, p. 38–44, jul. 2017. DOI: 10.1016/j.envsci.2017.03.015
- ALVES JR.; HERRMANN, H. Dupla Dominialidade das Águas no Brasil: Entraves Legais para o Adequado Gerenciamento dos Aquíferos. In: XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. **Anais [...]**. 2016.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Reservatórios do Semiárido Brasileiro: Hidrologia, Balanço Hídrico e Operação**. Brasília, 2017. 178p. ISBN: 978-85-8210-048-6.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas**. Brasília, 2018.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos: avaliações e diretrizes para adaptação**. Brasília, 2016. 93 p. ISBN: 978-85-8210-033-2.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH)**. Brasília, 2019a. 112 p. ISBN: 978-85-8210-059-2.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores**. Brasília, 2019b. 94 p. il. ISBN:978-85-8210-058-5.

ANANDHI, A.; KANNAN, N. Vulnerability assessment of water resources – Translating a theoretical concept to an operational framework using systems thinking approach in a changing climate: case study in Ogallala Aquifer. **Journal of Hydrology**, v. 557, p. 460–474, fev. 2018. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2017.11.032.

APAC - AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. **Relatório de situação de recursos hídricos do Estado de Pernambuco 2011/2012**. Recife: Apac, 2013. 116p. Disponível: www.lai.pe.gov.br/apac/. Acesso em: 29 set. 2019.

APAC - AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. **Banco de dados**. Notícias. 2016. Disponível em: http://www.apac.pe.gov.br/noticias.php?noticia_id=859. Acesso em: 29 set. 2019.

APAC - AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. Política de Recursos Hídricos em Pernambuco. *In*: I SEMINÁRIO FNOGA- Fórum Nacional de Órgãos Gestores das Águas. **Anais [...]**. 2018.

APAC - AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. **A experiência da APAC/PE na análise das outorgas de uso dos Recursos Hídricos em Pernambuco**. Apresentação Progestão. 2019a. Disponível: <http://progestao.ana.gov.br/portal/progestao/>. Acesso em: 29 out. 2019.

APAC - AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. **Boletim do Clima: Síntese climática**. Recife, v.6, n.12, 2019b. 34 p.

ARAÚJO, D; RIBEIRO, M.; VIEIRA, Z. Conflitos Institucionais na Gestão dos Recursos Hídricos do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, n. 4, p. 259-271, 2012. DOI: 10.21168/rbrh.v17n4.p259-271.

ARAÚJO, R.S.; ALVES, M.G.; CONDESSO DE MELO, M.T.; CHRISPIM, Z.M.P.; MENDES, M.P.; SILVA JÚNIOR, G.C. Water resource management: A comparative evaluation of Brazil, Rio de Janeiro, the European Union, and Portugal. **Science of The Total Environment**, v. 511, 815–828, abr. 2015. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2014.11.098.

ATEF, S. S.; SADEQINAZHAD, F.; FARJAAD, F.; AMATYA, D.M. Water Conflict Management and Cooperation between Afghanistan and Pakistan. **Journal of Hydrology**, v. 570, 875-892, 2019. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2018.12.075.

BAKKER, K; MORINVILLE, C. The governance dimensions of water security: a review. **Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, v. 371, n. 2002, p. 1-18, nov. 2013. DOI: 10.1098/rsta.2013.0116.

BARBOSA, E.M.; BARBOSA, M.F.N. Direito de águas: arranjo jurídico-institucional, política e gestão. **Revista de Informação Legislativa**, Brasília, v. 49, n. 194, p. 147-157, abr./jun. 2012. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/handle/id/496926>. Acesso em: 29 jan. 2019.

BARBOSA, M. C.; MUSHTAQ, S.; ALAM, K. Integrated water resources management: Are river basin committees in Brazil enabling effective stakeholder interaction? **Environmental Science & Policy**, v. 76, p. 1–11, out. 2017. DOI: 10.1016/j.envsci.2017.06.002.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa, Edições 70, 1977.

BERROUET, L.M.; MACHADO, J.; VILLEGAS-PALACIO, C. Vulnerability of socio-ecological systems: A conceptual Framework. **Ecological Indicators**, v. 84, p. 632–647, 2018. DOI: 10.1016/j.ecolind.2017.07.051.

BOGARDI, J.J.; DUDGEON, D.; LAWFORD, R.; FLINKERBUSCH, E.; MEYN, A.; PAHL-WOSTL, C.; VÖRÖSMARTY, C. Water security for a planet under pressure: interconnected challenges of a changing world call for sustainable solutions. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 4, n. 1, p. 35–43, 2012. DOI: 10.1016/j.cosust.2011.12.002.

BOLSON, S.H.; HAONAT, A.I. A governança da água, a vulnerabilidade hídrica e os impactos das mudanças climáticas no Brasil. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte, v. 13, n. 25, p. 223-248, 2016. DOI: 10.18623/rvd.v13i25.575.

BRAGA, R. A. P. **Águas de Areias**. 1. ed. Recife: Ed. Clã. 2016. 366p.

BRAGA, R.A.P.; FARIAS, C.R.O.; SILVA, S.R.; CAVALCANTI, E.R. **Gestão e educação socioambiental na Bacia do Capibaribe**. 1. ed., Recife: editora Clã, 2015. 140 p.

BRASIL. Presidência da República. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, seção 1, Brasília, DF, 10 jul. 1934.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**, de 5 de outubro de 1988.

BRASIL. Poder Executivo. Lei nº 9.433/1997. Instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 09 jan. 1997.

BRASIL. Presidência da República. PEC- Proposta de Emenda à Constituição nº 43, de 2000. Modifica a redação dos artigos 20, III, e 26, I, da Constituição Federal, para definir a titularidade das águas subterrâneas. **Diário da República Federativa do Brasil**: Brasília, DF, 2000a.

BRASIL. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas – ANA e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**: Brasília, DF, 2000b.

BRASIL. Presidência da República. Decreto Presidencial de 03 de fevereiro de 2004. Cria, no âmbito da Câmara de Políticas dos Recursos Naturais, do Conselho de Governo, a Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Brasileira, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, 2004.

BRASIL. Lei nº 11.445/2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**: Brasília, DF, 2007.

BRASIL. Lei nº 12.334/2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**: Brasília, DF, 21 set. 2010.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 12.852/2013. Institui o Estatuto da Juventude e dispõe sobre os direitos dos jovens, os princípios e diretrizes das políticas públicas de juventude e o Sistema Nacional de Juventude - SINAJUVE. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**: Brasília, DF, 5 ago. de 2013.

BRASIL. Senado Federal. Projeto de lei do senado nº 65, de 2017. Altera a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, para incluir a segurança hídrica no âmbito da Política Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**: Brasília, 2017a.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Ministério da Integração Nacional, WWF-Brasil. **Índice de vulnerabilidade aos desastres naturais relacionados às secas no contexto da mudança do clima**. ISBN: 978-85-7738-312-2. Brasília, DF: MMA, 2017b.125 p.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 13.844, de 18 de junho de 2019. Estabelece a organização básica dos órgãos da Presidência da República e dos Ministérios. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**: Brasília, DF, 18 jun. de 2019.

BREARS, R. C. Urban water security in Asia-Pacific: promoting demand management strategies. **Asian Perceptions of the EU**, Freie Universität Berlin. Berlin: NFG Research Group, 2014. 16 p. (NFG Policy Paper Series nº 4). ISSN 2194-1858.

BRITO, Y.M.A. **Níveis de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos: um comparativo entre a bacia do rio São Francisco e a bacia do rio Salitre-BA**. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, PB, 85 p. 2017.

CAMPOS, V. N. O.; FRACALANZA, A. P. Governança das águas no Brasil: Conflitos pela apropriação da água e a busca da integração como consenso. **Ambiente e Sociedade**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 365–382, 2010. DOI: 10.1590/S1414-753X2010000200010.

CARDWELL, H.E.; COLE, R.A.; CARTWRIGHT, L.A.; MARTIN, L.A. Integrated water resources management: definitions and conceptual musings. **Journal of Contemporary Water Research & Education**, v. 135, p. 8–18, dez. 2006. DOI: 10.1111/j.1936-704X.2006.mp135001002.x.

CARVALHO, J.R.M.; CURI, W.F. Sistema de indicadores para a gestão de recursos hídricos em municípios: uma abordagem através dos métodos multicritério e multidecisor. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 12, n. 2, p. 374-398, 2016.

CARVALHO, M.E.S. Vulnerabilidade hídrica na bacia sergipana do rio Vaza Barris. **RAEGA**, Curitiba, v. 25, p. 186-217, 2012. DOI:10.5380/raega.v25i0.28011.

CARY P.; GIGLIO-JACQUEMOT, A.; GIGLIO, T.; MELO, A. Vivre avec la pénurie d'eau à Recife. **Espace, populations, sociétés**, 2014/2-3. Disponível em: <http://journals.openedition.org/eps/5824>. Acesso em: 20 jun. 2019.

CAVALCANTI, E.R. **Vulnerabilidade de comunidades rurais diante da variabilidade climática no semiárido pernambucano: perspectiva de governança adaptativa dos**

recursos hídricos. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Pernambuco, 2015. 305p.

CEREZINI, M.T. **Gestão Integrada e Sustentável da Água em Bacias Hidrográficas: ferramentas, desafios e diretrizes.** Tese (Doutorado em Ciências Ambientais). Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2018. 255 p.

CIRILO, J. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; CAMPOS, J. N. B.; The Issue of Water in the Brazilian Semi-Arid Region. In: BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. (Org.). **Waters of Brazil- strategic analysis.** Editora Springer, p. 59-72, 2017.

CIRILO, J.A. Políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. **Estudos avançados,** São Paulo, v. 22, n. 63, p. 61-82, 2008. DOI: 10.1590/S0103-40142008000200005.

COBH-COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIBARIBE. Membros e Representantes- Mandato 2017/2020. Data da eleição 26 de abril de 2017. Disponível em: www.apac.pe.gov.br. Acesso em: 29 de set 2019.

COMPESA- COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO. **Notícias.** Disponível em: <https://servicos.compesa.com.br/governo-de-pernambuco-avanca-com-a-1a-adutora-interestadual-para-o-agreste/>. Acesso em: 29 de dez. 2019.

CONAMA-CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução Conama 357.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF, 17 mar. 2005.

COOK, C.; BAKKER, K. Water security: Debating an emerging paradigm. **Global Environmental Change**, v. 22, n. 1, p. 94–102, 2012. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2011.10.011.

COSTA, G. C. B.; FERREIRA, M. O. Indicação de alocação dos custos em projetos de despoluição: uma análise das bacias hidrográficas dos rios Ipojuca e Capibaribe. **Estudo & Debate em Gestão e Planejamento**, Lajeado, v. 26, n. 3, p. 124-151, 2019. DOI: 10.22410/issn.1983-036X.v26i3a2019.2105.

CUTTER, S. L. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. Vulnerability Science: Models, Methods, and Indicators. La science de la vulnérabilité: modèles, méthodes et indicateurs. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, Coimbra, v. 93, p. 59–69, jun. 2011. DOI:10.4000/rccs.165.

CUTTER, S. L.; BURTON, C.G.; EMRICH, C.T. Disaster Resilience Indicators for Benchmarking Baseline Conditions. **Journal of Homeland Security and Emergency Management**, v. 7, n. 1, p. 1547-7355, 2010. DOI: 10.2202/1547-7355.1732.

CUTTER, S. L.; BARNES, L.; BERRY, M.; BURTON, C.; EVANS, E.; TATE, E.; WEBB, J. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. **Global Environmental Change**, v. 18, n. 4, p. 598–606, 2008. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2008.07.013.

DAMACENA, F.D.L. Fundamentos jurídicos para redução da vulnerabilidade hídrica. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, Caxias do Sul, v. 5, n. 1, p. 54-79, 2015. Disponível:

<http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/direitoambiental/article/view/3841>. Acesso em: 24 fev. 2019.

DANTAS, M. S.; GALVÃO, C. O; NÓBREGA, R. L. B. Vulnerabilidade de cisternas rurais sob clima atual e futuro: Análise de três casos na Paraíba. *In: Delfran B. dos Santos; Salomão de S. Medeiros; Luiza T. de L. Brito; Johann Gnadlinger; Eduardo Cohim; Vital P. da S. Paz; Hans R. Gheyi. (Org.). Captação, Manejo e Uso de Água de Chuva*. 1ed. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido - INSA, v. 1, p. 387-394, 2015.

DICTORO, V. P.; HANAI, F. Y. Implementação, efetividade e conhecimento dos instrumentos da PNRH na bacia hidrográfica Piancó-Piranha-Açú: uma visão de alguns membros do seu respectivo comitê. *In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 2015, Brasília - DF. **Anais eletrônicos** [...], 2015.

DJALANTE, R.; THOMALLA, F. Community Resilience to Natural Hazards and Climate Change Impacts: A Review of Definitions and Operational Frameworks. **5th Annual International Workshop & Expo on Sumatra Tsunami Disaster & Recovery**, p. 164-178, 2010.

DOOGE, J. C. I. Hydrology in perspective. **Hydrological Sciences Journal**, v. 33, n. 1, p. 61-85, 1988 (online). DOI: 10.1080/02626668809491223.

DUTRA, M.T.D. **Desenvolvimento de um índice de sustentabilidade hidroambiental em bacia hidrográfica: o caso da bacia do rio Capibaribe, Pernambuco**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Pernambuco, 2017. 160 f.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Análise da Vulnerabilidade Ambiental**. 1. ed., Fortaleza, CE, 2010. 47 p. ISSN: 1677-1915.

EMPINOTTI, V. L.; BUDDS, J.; AVERSA, M. Governance and water security: The role of the water institutional framework in the 2013-15 water crisis in São Paulo, Brazil. **Geoforum**, v. 98, p. 46-54, jan. 2019. DOI: 10.1016/j.geoforum.2018.09.022.

FALCÃO, S.M.P.; MOURA, M.R.F.; SILVA, S.R.; MONTENEGRO, S.M.G.L; RIBEIRO NETO, A.; MORANT, R.H. O engajamento de juventudes na gestão das águas: desafios e perspectivas na bacia hidrográfica do rio Capibaribe. Submetido para publicação. 2019.

FIOCRUZ- FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. **Sistema de Vulnerabilidade Climática**. Disponível em: <http://www.sisvuclima.com.br/>. 2018.

FOLKE, C. Resilience: The Emergence of a Perspective for Social-Ecological Systems Analyses. **Global Environmental Change**, v. 16, n. 3, p. 253-267, ago. 2006. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002.

FOLKE, C. Resilience (Republished). **Ecology and Society**, v. 21, n. 4, p. 44-74, 2016. 4. DOI: 4. 10.5751/ES-09088-210444.

GAIN, A. K.; GIUPPONI, C.; WADA, Y. Measuring global water security towards sustainable development goals. **Environmental Research Letters**, v. 11, dez. 2016. DOI: 10.1088/1748-9326/11/12/124015.

GARRICK, D.; HALL, J. W. Water Security and Society: Risks, Metrics, and Pathways. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 39, n. 1, p. 611–639, out. 2014. DOI: /10.1146/annurev-environ-013012-093817.

GHEYI, H.R. (Org.); PAZ, V.P.S. (Org.); MEDEIROS, S.S. (Org.); GALVÃO, C.O. (Org.). Recursos Hídricos em Regiões Semiáridas: estudos e aplicações. 1. ed. Campina Grande: INSA/UFRB, v. 1., 258p., 2012.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed., São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, A.C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo: Atlas, 2008. 220 p.

GLEICK PH. Soft water paths. *Nature*. 418: 373. 2002.

GLEICK, P.H. Water and Conflict: Fresh Water Resources and International Security. **International Security**, v. 18, n. 1, p. 79-112, 1993. DOI:10.2307/2539033.

GLEICK, P. H. On methods for assessing water-resource risks and vulnerabilities. **Environmental Research Letters**, v. 10, p. 01–03, 2015. DOI: 10.1088/1748-9326/10/11/111003.

GONDIM FILHO, J.G.C. **Sustentabilidade do desenvolvimento do semiárido sob o ponto de vista dos recursos hídricos**. Brasília, Áridas, 1994. (Estudo realizado no âmbito do Grupo de Recursos Hídricos do Projeto Áridas.)

GOOGLE EARTH. **Website**. Google Earth website. <http://earth.google.com/>. 2019.

GOURBESVILLE, P. **Challenges for integrated water resources management. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 33, n. 5, p. 284–289, 2008. DOI:10.1016/j.pce.2008.02.002

GOUVEIA, R.L.; PEDROSA, I.V. Gestão das Políticas Governamentais para os Recursos Hídricos, Recife, Pernambuco, Brasil. **Desenvolvimento em Questão**, v. 13, n. 32, p. 103-126, 2015. DOI: 10.21527/2237-6453.2015.32.103-126

GRANZIERA, M.L. **Direito de águas: disciplina jurídica das águas doces**. São Paulo: Atlas, 2001.

GREENE, J. C.; CARACELLI, V. J.; GRAHAM, W. F. Toward a Conceptual Framework for Mixed-Method Evaluation Designs. **Educational Evaluation and Policy Analysis**, v. 11, n. 3, 1989. DOI:10.2307/1163620

GROSBOIS, D.; PLUMMER, R. Problematizing Water Vulnerability Indices at a Local Level: a Critical Review and Proposed Solution. **Water Resources Management**, v. 29, p. 5015–5035, 2015. DOI:10.1007/s11269-015-1101-0

GUIMARÃES, C. S.; BARBOSA, I. M. B. R. Qualidade da água bruta e insumos utilizados em ETA do Agreste pernambucano. **CIENTEC: Revista de ciência, tecnologia e humanidades do IFPE**, v. 9, p. 100-111, 2017. Disponível em: <http://revistas.ifpe.edu.br/index.php/cientec/article/view/105>. Acesso em: 20 dez de 2019.

GWP. **Global Water Partnership**. Water Security: Putting the Concept into Practice, 2014.

GWP. **Global Water Partnership: Towards Water Security: A Framework for Action**. GWP, 2000.

GWP-C. **Global Water Partnership Caribbean**. Sustainability of Integrated Water Resources Management Initiatives in the Caribbean. Global Water Partnership-Caribbean, 2015.

HAGER, F. P.V.; SILVA, J.R.C.; ALMEIDA, W.M.; OLIVEIRA, W.A. A Problemática da Gestão das Águas Subterrâneas no Brasil. *In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Anais eletrônicos [...]*, 2002.

HOEKSTRA, A. Y.; BUURMAN, J.; VAN GINKEL, K. C. H. 'Urban water security: A review', **Environmental Research Letters**, v. 13, n. 5, 2018. DOI: 10.1088/1748-9326/aaba52.

HURD, B.; LEARY, N.; JONES, R.; SMITH, J. Relative regional vulnerability of water resources to climate change. **Journal of the American Water Resources Association**, 35, n. 6, p. 1399–1409, 1999. DOI:10.1111/j.1752-1688.1999.tb04224.x

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2017 Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/default.shtm>

IPEA- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Projeto Áridas – Nordeste: Uma Estratégia de Desenvolvimento Sustentável**, Brasília, 1995.

IPEA- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Juventude e políticas sociais no Brasil**. *In: Jorge Abrahão de Castro, Luseni Maria C. de Aquino, Carla Coelho de Andrade (Org.) – Brasília: Ipea, 2009. 303 p.*

IPEA- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Atlas da vulnerabilidade social nas regiões metropolitanas brasileiras**. Brasília: Ipea, 2015.

IPEA -INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **A nova plataforma da vulnerabilidade social: primeiros resultados do índice de vulnerabilidade social para a série histórica da PNAD (2011-2015) e desagregações por sexo, cor e situação de domicílios**. 2018. 36 p.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Cadernos ODS- ODS 6: Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos**. Ipea, 2019. 40 p.

JAMES, L.D.; SHAFIEE-JOOD, M. Interdisciplinary information for achieving water security. **Water Security**, v. 2, p.19-31, nov. 2017. DOI: 10.1016/j.wasec.2017.10.001

JANSSEN, M. A.; OSTROM, E. Resilience, vulnerability, and adaptation: A cross-cutting theme of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change. **Global Environmental Change**, v. 16, n. 3, 237–239, 2006. DOI:10.1016/j.gloenvcha.2006.04.003.

JARDIM, S.; LANNA, A. Aplicabilidade de Algumas Técnicas de Análise Multiobjetivo ao Processo Decisório no Âmbito dos Comitês de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica. **Revista**

Brasileira de Recursos Hídricos, v. 8, n. 4, p.169-191, 2003. DOI: 10.21168/rbrh.v8n4.p169-191.

JENSEN, O.; WU, H. Urban water security indicators: Development and pilot. **Environmental Science & Policy**, 83, 33–45, 2018. DOI:10.1016/j.envsci.2018.02.003

JUN, K. S.; CHUNG, E.-S.; SUNG, J.-Y.; LEE, K. S. Development of spatial water resources vulnerability index considering climate change impacts. **Science of The Total Environment**, v. 409, n. 24, p. 5228–5242, 2011. DOI:10.1016/j.scitotenv.2011.08.027

KRUEGER, E.; RAO, P. S.C.; BORCHARDT, D. Quantifying urban water supply security under global change. **Global Environmental Change**, v. 56, 66-74, 2019. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2019.03.009.

LEMOES, M.C., OLIVEIRA, J.L. Can water reform survive politics? Institutional change and river basin management in Ceará, Northeast Brazil. **World Dev.**, v. 32, n. 12, p. 2121–2137, 2004.

LEW, A. A.; NG, P. T.; NI, C. (NICKEL); WU, T. (EMILY). Community sustainability and resilience: similarities, differences and indicators. **Tourism Geographies**, v. 18, n. 1, p. 18–27, 2016. DOI:10.1080/14616688.2015.1122664

LIMA, J.P.C *et al.* Estudos de caso e sua aplicação: Proposta de um esquema teórico para pesquisas no campo da contabilidade. **Revista de Contabilidade e Organizações**, v. 6, n. 14, 2012. DOI: 10.11606/rco.v6i14.45403

LIMA, L. R.; SAMPAIO, Y. S. B.; FREITAS, M. A. L.; LAGIOIA, U. C. T. Um Estudo Inferencial dos Custos Ambientais e das Estações de Tratamento de Água nas Lavanderias do Polo de Confecções do Agreste de Pernambuco. **Sociedade, Contabilidade e Gestão**, v. 11, p. 30-45, 2016. DOI: 10.21446/scg_ufrj.v11i3.13386

LIMA, M. C. G. DE; SÁ, S. M. F. DE; SOUZA, W. M. DE; SANTOS, T. E. M. (2018). Impactos gerados e a gestão da bacia do rio Capibaribe-PE. **Journal Of Environmental Analysis And Progress**, v. 3, n. 1, p.075-85, 29 jan. 2018. DOI: 10.24221/jeap.3.1.2018.1658.075-085.

LINER, B.; DEMONSABERT, S. Balancing the Triple Bottom Line in Water Supply Planning for Utilities. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 137, n. 4, p. 335–342, 2011. DOI:10.1061/(asce)wr.1943-5452.0000128

LOPES, M. M.; TEIXEIRA, D. A trajetória do comitê da bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu e suas contribuições para a gestão dos recursos hídricos. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 8, n. 3, p. 24-49, 2012.

LOPEZ PORRAS, G.; STRINGER, L. C.; QUINN, C. H. Corruption and conflicts as barriers to adaptive governance: Water governance in dryland systems in the Rio del Carmen watershed. **Science of The Total Environment**, v. 660, p. 519–530, 2019. DOI:10.1016/j.scitotenv.2019.01.030

LUZ, L. D.; FERREIRA, M. T. A questão ecológica na gestão dos corpos hídricos – analisando os focos das diretrizes brasileira e europeia. **Revista de Gestão da Água da América Latina (REGA)**, v.8, n. 1, p.19-31, 2011. DOI: 10.21168/reg.v8n1.p19-31

MACHADO, F. H. **Proposição de indicadores de segurança hídrica: seleção, validação e aplicação na bacia hidrográfica do rio Jundiaí-Mirim, Jundiaí – SP.** Tese (Doutorado em Ciências Ambientais). Universidade de São Paulo, 2018. 255 f.

MAO, F.; CLARK, J.; KARPOUZOGLOU, T.; DEWULF, A.; BUYTAERT, W.; HANNAH, D. HESS Opinions: A Conceptual Framework for Assessing Socio-Hydrological Resilience under Change. **Hydrol. Earth Syst. Sci.**, v. 21, p. 3655–3670, 2017. DOI: 10.5194/hess-21-3655-2017

MARCHESE, D.; REYNOLDS, E.; BATES, M. E.; MORGAN, H.; CLARK, S. S.; LINKOV, I. Resilience and sustainability: Similarities and differences in environmental management applications. **Science of The Total Environment**, 613-614, p. 1275–1283, 2018. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.09.086

MARENGO, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. **Parcerias Estratégicas**, v. 13, n. 27, p. 149-176, 2008. Disponível em: http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/329. Acesso em: 20 ago. 2019.

MARENGO, J.A.; ALVES, L.M.; BESERRA, E.A.; LACERDA, F.F. Variabilidade e Mudanças Climáticas no Semiárido. In: MEDEIROS, S.S., GHEYI, H.R., GALVÃO, C.O., PAZ, V.P. (eds). **Recursos Hídricos em regiões áridas e semiáridas**. INSA, Campina Grande, p. 383–416, 2011.

MARQUES, R. C.; DA CRUZ, N. F.; PIRES. Measuring the sustainability of urban water services. **Environmental Science & Policy**, v. 54, 142–151, 2015. DOI:10.1016/j.envsci.2015.07.003

MASSUEL, S., RIAUX, J., MOLLE, F., KUPER, M., OGILVIE, A., COLLARD, A.-L., BARRETEAU, O. Inspiring a Broader Socio-Hydrological Negotiation Approach with Interdisciplinary Field-Based Experience. **Water Resources Research**, v. 54, n. 4, p. 2510–2522, 2018. DOI:10.1002/2017wr021691

MAUSER, W.; KLEPPER, G.; RICE, M.; SCHMALZBAUER, B. S.; HACKMANN, H.; LEEMANS, R.; MOORE, H. Transdisciplinary global change research: the co-creation of knowledge for sustainability. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 5, n. 3, p. 420–431, 2013. DOI:10.1016/j.cosust.2013.07.001

MELO, M.C.; FORMIGA-JOHNSON, R.M. O conceito emergente de segurança hídrica. **Sustentare**, v. 1, n. 1, p.72-92, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5892/st.v1i1.4325>.

MELO, R., BARBOSA, I.M.B.R.; FERREIRA, A.; LEE BARBOSA FIRMO, A., SILVA, S.; CIRILO, J.; AQUINO, R. Influence of Extreme Strength in Water Quality of the Jucazinho Reservoir, Northeastern Brazil, PE. **Water**, v. 9, n. 12, 2017. DOI: 10.3390/w9120955

MENDOZA, V. M.; VILLANUEVA, E. E.; ADEM, J. Vulnerability of basins and watersheds in Mexico to global climate change. **Climate Research**, v. 9, pp. 139–145, 1997. DOI: 10.3354/cr009139.

MERCURE, J.F.; PAIM, M. A.; BOCQUILLON, P.; LINDNER, S.; SALAS, P.; MARTINELLI, P.; ... VINUALES, J. E. System complexity and policy integration

challenges: The Brazilian Energy- Water-Food Nexus. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 105, p. 230–243, 2019. DOI:10.1016/j.rser.2019.01.045

MESQUITA, L. F. G. Os comitês de bacias hidrográficas e o gerenciamento integrado na Política Nacional de Recursos Hídricos. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 45, p. 56-80, 2018. DOI: 10.5380/dma.v45i0.47280

MIGUEZ, M.G.; DI GREGORIO, L.T.; VERÓL, A.P. **Gestão de Riscos e Desastres Hidrológicos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2017. v. 1. 368 p.

MÓNICO, L. S.; ALFERES, V. R.; CASTRO, P. A.; PARREIRA, P. M. A Observação Participante enquanto metodologia de investigação qualitativa. *In*: Congresso Íbero-Americano em Investigación Cualitativa, Salamanca, pp. 724-733. **Anais [...]** do Congresso Íbero-Americano em Investigación Cualitativa, Salamanca, 2017.

MOURA, A. M. M. Aplicação dos instrumentos de política ambiental no Brasil: avanços e desafios. *In*: Moura, Adriana M.M. (Org.). **Governança ambiental no Brasil**: instituições, atores e políticas públicas. 1. ed. Brasília: Ipea, 2016, v. único, p. 111-146, 2016.

MOURA, M. R. F., RIBEIRO NETO, A., SANTANA, M. C. N., CAMPOS, B. V. R., MONTENEGRO, S. M. G. L. Hydrological variability in the Capibaribe River Basin in the 20th and 21st centuries. *In*: XVI World Water Congress, 2017, Cancun. **Anais [...]** Proceedings of XVI World Water Congress, 2017.

MOURA, M.R.F. Rios, pontes e vulnerabilidade: o contraste social no Recife sob as óticas do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) e das manifestações artísticas locais. **Revista Ciência&Trópico**, v. 43, n. 1, p. 87-100, 2019. DOI: 10.33148/CeTropico-v.43, n.1(2019)1834

MOURA, M.R.F.; FALCÃO, S. M. P.; MONTENEGRO, S.M.G.L. Proposta de articulação intermunicipal para monitoramento das ações previstas no Plano Hidroambiental da bacia do rio Capibaribe-PE. *In*: Simpósio Brasileiro Online de Gestão Urbana (SIBOGU), 2019. **Anais [...]** do III SIBOGU, 2019.

MOURA, M.R.F.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; RIBEIRO NETO, A.; SILVA, S.R., Challenges of watershed hydro-environmental master plans (case study), *In*: NOLASCO, M.; CARISSIMI, E.; URQUIETA-GONZALES, E. (Org.). **Water perspectives in Emerging Countries** - Linking water security to Sustainable Development Goals. 1ed.Göttingen: Cuvillier Verlag, v. 1, p. 40-53, 2018.

MOURA, M.R.F.; SANTOS, F.M.; GALVÃO, C.O.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; RIBEIRO NETO, A.; TOMASELLA, J.; MEDIONDO, E.M. 2019. Building Water Security Resilience from a Sustainable Perspective. Submetido para publicação.

MOURA, M.R.F.; SILVA, S.R. Lei das águas e a gestão dos recursos hídricos no Brasil: contribuições para o debate. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 13, n. 3, p.15-24, 19 dez. 2017.

NOSCHANG, P. G.; SCHELEDER, A. F. P. A (in)sustentabilidade hídrica global e o direito humano à água. **Sequência: Estudos Jurídicos e Políticos**, v. 39, p. 119–138, 2018. DOI:10.5007/2177-7055.2018v39n79p119

NSHIMBI, C.C. SDGs and decentralizing water management for transformation: Normative policy coherence for water security in SADC river basin organizations. **Physics and Chemistry of The Earth, Parts A/b/c**, v. 111, p.1-12, jun. 2019. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.pce.2019.02.010.

OECD. Handbook on constructing composite indicators. Methodology and user guide. 2008.

OECD. Water Security for Better Lives. OECD Studies on water. OECD Publishing, 2013. DOI: 10.1787/9789264202405-en

OECD. Principles on water governance. 2015. Disponível em: <http://www.oecd.org/gov/regional-policy/OECD-Principles-on-Water-Governancebrochure.pdf>.

OLIVEIRA, I. S.; PANTA, L. M.; BARBOSA, I. M. B. R.; SILVA, S. R. Índice de Conformidade ao Enquadramento nos Reservatórios Jucazinho, Bituri, Botafogo e Pirapama, em Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física** v. 11, n.4, p. 1575-1584, 2018. DOI: 10.26848/rbgf.v11.4.p1575-1584

OLIVEIRA, M.A. Governança na gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica Piranhas-Açu: uma investigação jurídica, institucional e ambiental. *In: Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente*, 2013. **Anais [...]**. Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, 2013.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Resolução A/RES/64/292**. 2010. Disponível em: <https://undocs.org/en/A/RES/64/292>. Acesso em: 20 mar. 2019.

OSTROM, E. Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action. New York (The Political Economy of Institutions and Decisions): Cambridge University Press, 1990.

OTTONI, B.M.P.; COUCEIRO, S. R. M.; CASTRO, V. L. L.; PEREIRA, R. A Outorga do direito do uso dos recursos hídricos no Rio Grande do Norte. **Holos (Natal. Online)**, v. 1, p. 57-71, 2011. DOI: 10.15628/holos.2011.399

PASQUAL, J.C.; BOLLMANN, H.A.; SCOTT, C. Water-Energy-Food Nexus: Background and Perspectives for Brazil and the United States by 2050. **Journal of Agricultural Science and Technology B**, v. 6, n. 2, p.108-120.

PASQUAL, J.C.; LARDIZABAL, C.C.; HERRERA, G. Water-Energy-Food Nexus: Comparative Scenarios and Public Policy Perspectives from Some Latin American Countries Regarding Biogas from Agriculture and Livestock. **Journal of Agricultural Science and Technology A**, v. 5, n. 6, p. 408-427., 2015. DOI: 10.17265/2161-6256/2015.06.004

PASSADOR, C. S.; PASSADOR, J.L.; ARRAES, A.M.D.; ARRAES, H.F.L. Políticas Públicas de Combate à Seca no Brasil e a Utilização das Cisternas nas Condições de Vida de Famílias na Região do Baixo Salitre (Juazeiro - BA): uma Dádiva de Deus? *In: XXXI EnANPAD*, 2007, Rio de Janeiro. **Anais [...]** XXXI EnANPAD 2007, 2007. v. 1. p. 1-15.

PEREIRA, R. M. V.; MEDEIROS, R. A aplicação dos instrumentos de gestão e do Sistema de Gerenciamento dos Recursos Hídricos na Lagoa Rodrigo de Freitas, RJ, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v.4, n.3, p.211-229, 2009. DOI: 10.17265/2161-6256/2015.06.004

PERNAMBUCO. Lei nº 11.426, de 17 de janeiro de 1997. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, e o Plano Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de Pernambuco**: Pernambuco, 1997.

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

PERNAMBUCO. SRH - Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe**. Recife: SRH, 2002.

PERNAMBUCO. Lei nº 12.984, de 30 de dezembro de 2005. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de Pernambuco**: Pernambuco, 2005.

PERNAMBUCO. CRH - Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco. **Resolução CRH nº 07, de 08 de maio de 2007**. Dispõe sobre a homologação da criação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe – COBH/Capibaribe. Pernambuco, 2007.

PERNAMBUCO. Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano Estratégico de Recursos Hídricos e Saneamento**. CARVALHO, A. X. (Coord. téc.). Recife: A Secretaria, 2008. 112 p.

PERNAMBUCO. SRH - Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano Hidroambiental da bacia Hidrográfica do rio Capibaribe**: Resumo executivo. Projetos Técnicos. Pernambuco, Secretaria de Recursos Hídricos, 2010a. 100 p.

PERNAMBUCO. Lei nº 14.028, de 26 de março de 2010. Cria a Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de Pernambuco**: Pernambuco, 2010b.

PERNAMBUCO. SRH - Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe** (Tomo I - Diagnóstico Hidroambiental- Recursos Hídricos - Volume 01/03). Recife, 2010c, 394p.

PERNAMBUCO. SRH - Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe** (Tomo III – Planos de Investimentos). Recife, 2010d, 291p.

PERNAMBUCO. SRH - Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe** (Tomo I - Diagnóstico Hidroambiental - Socioeconomia e Legislação- Volume 03/03). Recife, 2010e, 226p.

PERNAMBUCO. SRH - Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe** (Tomo I - Diagnóstico Hidroambiental – O Ambiente Natural- Volume 02/03). Recife, 2010f, 197p.

PERNAMBUCO. SRH - Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe** (Tomo II – Cenários Tendenciais e Sustentáveis). Recife, 2010g, 190p.

PERNAMBUCO. Lei nº 14.549, de 21 de dezembro 2011. Altera a Lei nº 14.249, de 17 de dezembro de 2010, que dispõe sobre licenciamento ambiental, infrações e sanções

administrativas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de Pernambuco**: Pernambuco, 2011.

PERNAMBUCO. SRH - Secretaria de Recursos Hídricos. COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento. **Projeto de Sustentabilidade Hídrica** – PSHPE (Manual de Operações do Projeto – v. I). 2012.

PERNAMBUCO. Lei nº 16.520, de 27 de dezembro de 2018. Dispõe sobre a estrutura e o funcionamento do Poder Executivo. **Diário Oficial do Estado de Pernambuco**: Pernambuco, 2018.

PERVEEN, S.; JAMES, L. A. Scale invariance of water stress and scarcity indicators: Facilitating cross-scale comparisons of water resources vulnerability. **Applied Geography**, v. 31, n. 1, p. 321–328, 2011. DOI:10.1016/j.apgeog.2010.07.00

PETELET-GIRAUD *et al.* A. Multi-layered water resources, management, and uses under the impacts of global changes in a southern coastal metropolis: When will it be already too late? Crossed analysis in Recife, NE Brazil. **Science of The Total Environment**, v. 618, p. 645–657, 2018. DOI:10.1016/j.scitotenv.2017.07.228

PINHEIRO, R. B.; MONTENEGRO, S.G.; SILVA, S.R. MEDEIROS, Y.D.P.; AURELIANO, J.T. Outorga para Lançamento de Efluentes? Uma Metodologia de Apoio à Gestão de Recursos Hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 18, p. 55-65, 2013. DOI: 10.21168/rbrh.v18n4.p55-65

PLUMMER, R.; DE LOË, R.; ARMITAGE, D. A Systematic Review of Water Vulnerability Assessment Tools. **Water Resources Management**, v. 26, n. 15, p. 4327–4346, 2012. DOI:10.1007/s11269-012-0147-5

POMPEU, C.T. **Direito de águas no Brasil**. 2.ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2010.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p.43-60, 2008.

RASUL, G.; SHARMA, B. Water, Food, and Energy Nexus in South Asia: Implications for Adaptation to Climate Change. **Handbook of Climate Change Adaptation**, p.1-18, 2014. DOI: 10.1007/978-3-642-40455-9_81-1

RAUBER, D.; CRUZ, J. C. Gestão de Recursos Hídricos: uma abordagem sobre os Comitês de Bacia Hidrográfica. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, v. 34, n.125, p.123-140, 2013. DOI: 10.5380/dma.v45i0.47280

REBOUÇAS, A.C. **Água na região Nordeste**: desperdício e escassez. **Estudos Avançados**, v. 11, n. 29, p. 127–154, 1997. DOI: 10.1590/s0103-40141997000100007

RIBEIRO NETO, A.; SCOTT, C. A.; LIMA, E. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; CIRILO, J. A. Infrastructure sufficiency in meeting water demand under climate-induced socio hydrological transition in the urbanizing Capibaribe River basin – Brazil. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 18, p. 3449-3459, 2014. DOI: 10.5194/hess-18-3449-2014

RIBEIRO, C.R.; PIZZO, H.S. Avaliação da sustentabilidade Hídrica de Juiz de Fora – MG. **Revista de Geografia da UFC**, v. 10, n. 21, 2011, p. 171-188.

RIBEIRO, N. B.; FORMIGA-JOHNSON, R. M. Discussões sobre governança da água: tendências e caminhos comuns. **Ambiente & Sociedade**, v. 21, 2018. DOI:10.1590/1809-4422asoc0125r2vu18l1ao

ROCHA J. C. S.; KHOURY L. E. C.; DAMASCENO A. P. D. Direito das águas - trajetória legal, conflitos e participação social. **Revista de Direito Sanitário**, v. 18, n. 3, p.143-166, 22 mar. 2018. DOI: 10.11606/issn.2316-9044.v18i3p143-166.

RODORFF, V.; SIEGMUND-SCHULTZE, M.; KÖPPEL, J.; GOMES, E. Governança da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco: Desafios de escala sob olhares iter e transdisciplinares. **Revista Brasileira De Ciências Ambientais (Online)**, v. 36, p. 19-44, 2015. DOI: 10.5327/Z2176-947820151003

ROTAVA, J. **Índices de resiliência hídrica e de perigo para gestão do risco de inundações urbanas**. 2014. 133 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento). Escola Politécnica de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2014.

SÁ, S. M. F. **Análise da integração funcional dos conselhos e órgãos gestores de meio ambiente e recursos hídricos**. 2019. 156 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

SAISANA, M.; CARTWRIGHT, F. 2007. Composite Indicators: Science or Artifacts? Biannual Conference, **European Survey Research Association**. Prague, Czech Republic, 2007.

SANTIN, J. R.; GOELLNER, E. A Gestão dos recursos hídricos e a cobrança pelo seu uso. **Sequência (Florianópolis)**, v.34, n.67, p.199-221, 2013. DOI:10.5007/2177-7055.2013v34n67p199.

SAVENIJE, H. H. G.; VAN DER ZAAG, P. Integrated water resources management: Concepts and issues. **Physics and Chemistry of the Earth**, Parts A/B/C, v.33, n.5, p. 290–297, 2008. DOI:10.1016/j.pce.2008.02.003

SCHERER, F.V. **Sistematização e Proposição de Metodologia de Projeto para Sinalização Espaço – Usuário – Informação**. 2017. Tese (Doutorado em Design). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2017. 399f.

SCOTT, C. A.; MEZA, F. J.; VARADY, R. G.; TIESSEN, H.; MCEVOY, J.; GARFIN, G. M.; MONTAÑA, E. Water Security and Adaptive Management in the Arid Americas. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 103, n.2, p. 280–289, 2013. DOI: 10.1080/00045608.2013.754660

SCOTT, C.A; VARADY, R.G.; MEZA, F.; MONTAÑA, E.; RAGA, G.B.; LUCKMAN, B.; MARTIUS, C. Science-Policy Dialogues for Water Security: Addressing Vulnerability and Adaptation to Global Change in the Arid Americas. **Environment**, v. 54, n.3, p. 30-42, 2012. DOI: 10.1080/00139157.2012.673454.

SCOTT, J.B.; PROLA, C.A.; SIQUEIRA, A.C.; PEREIRA, C.R.R. O Conceito de Vulnerabilidade Social no Âmbito da Psicologia no Brasil: Uma Revisão Sistemática da

Literatura. **Psicologia em Revista**, Belo Horizonte, v. 24, n. 2, p. 600-615, ago. 2018. DOI: 10.5752/P.1678-9563.2018v24n2p600-615

SEIDL, R.; BARTHEL, R. Linking scientific disciplines: Hydrology and social sciences. **Journal of Hydrology**, v. 550, p.441–452, 2017. DOI:10.1016/j.jhydrol.2017.05.008

SENRA, J. B.; HAGER, F. P. V. Águas subterrâneas e a legislação de recursos hídricos. *In*: XIII Encontro Nacional de Perfuradores de poços e I Simpósio de Hidrogeologia do Sudeste. **Anais [...]**. Petrópolis: abas, p. 83 – 90, 2003.

SIEGMUND-SCHULTZE M. **Manual de Diretrizes** – Uma compilação de conteúdos extraídos de resultados científicos do projeto INNOVATE, relevantes para atores envolvidos nas questões em foco. Universitätsverlag da TU Berlin, 2017.

SILVA JUNIOR, M. A. B.; SILVA, S. R.; BARROS, A. M. L.; ALCOFORADO, R. M. G.; ASFORA, M. Estudo para elaboração da proposta de referência para enquadramento dos corpos d'água na bacia hidrográfica do rio Capibaribe, Pernambuco. *In*: XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2012, João Pessoa. **Anais [...]** João Pessoa: Ed. Universitária; Campinas, SP: Autores Associados, 2012.

SILVA JUNIOR, M.A.B.; SILVA, S. R. A outorga de direito de uso dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Capibaribe, Pernambuco-Brasil. *In*: XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2014, Natal. **Anais [...]** 2014.

SILVA, A. C. S.; GALVÃO, C. O.; SILVA, G. N. S. Droughts and governance impacts on water scarcity: an analysis in the Brazilian semi-arid, **Proc. IAHS**, 369, p. 129–134, 2015. DOI: 10.5194/piahs-369-129-2015, 2015.

SILVA, A.C.S. **Análise institucional da governança da água para adaptação à variabilidade e mudança climática um caso no semiárido brasileiro (1997-2013)**. 2014. Tese (Doutorado Em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande, 2014.

SILVA, A.P.; SILVA, C.M. Planejamento ambiental para bacias hidrográficas: convergências e desafios na bacia do rio Capibaribe, em Pernambuco-Brasil. **Holos**, v. 1, p.20-40, 31 jan. 2014.

SILVA, R.O.B.D.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; SOUZA, W.M. Tendências de mudanças climáticas na precipitação pluviométrica nas bacias hidrográficas do estado de Pernambuco. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n.3, p. 579–589, 2017. DOI:10.1590/s1413-41522017142481

SILVA, S. R. **A integração entre os níveis de planejamento de recursos hídricos - estudo de caso: a bacia hidrográfica do rio São Francisco**. 2006. 301 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

SILVA, S.C.; RIBEIRO, M. M. R. Enquadramento dos corpos d'água e cobrança pelo uso da água na bacia do rio Pirapama – PE. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n. 4, p.371-379, 2006.

SIRH. SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E RECURSOS HÍDRICOS. **Regiões de Desenvolvimento de Pernambuco** [2003]. Disponível em: <http://www.sirh.srh.pe.gov.br/site/>. 2003. Acesso em: 20 mai. 2019.

SIRH - SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E RECURSOS HÍDRICOS. **Notícias**. [2013 Disponível em: <http://www.sirh.srh.pe.gov.br/site/>. Acesso em: 20 jan. 2019.

SIRH - SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E RECURSOS HÍDRICOS DE PERNAMBUCO. **Planilhas de Outorga Superficial e Subterrânea**. Recife, 2019.

SIVAPALAN, M. *et al.* Socio-hydrology: Use-inspired water sustainability science for the Anthropocene. **Earth's Future**, v. 2, n. 4, p.225-230, abr. 2014. American Geophysical Union (AGU). DOI: 10.1002/2013ef000164.

SIVAPALAN, M.; SAVENIJE, H. H. G.; BLÖSCHL, G. Socio-hydrology: A new science of people and water. **Hydrological Processes**, v. 26, n.8, p.1270–1276, 2012. DOI:10.1002/hyp.8426

SOUZA JÚNIOR, C.B. *et al.* Sinais de um problema crônico: a governança hídrica carece promover os comitês de bacias, coordenar planos e gerir informações. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 12, n. 6, p.1054-1067, 23 nov. 2017. DOI: 10.4136/ambi-agua.2044.

SPÍNOLA, C.A.; VITORIA, F.; CERQUEIRA, L. A Lei das Águas e o São Francisco: os limites da gestão descentralizada dos recursos hídricos no Brasil. **Rde - Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. 1, n. 39, p.70-90, abr. 2016. DOI: 10.21452/rde.v1i33.4176.

SRINIVASAN, V.; KONAR, M.; SIVAPALAN, M. A dynamic framework for water security. **Water Security**, v.1, p. 12–20, 2017. DOI:10.1016/j.wasec.2017.03.001

STEINICKE, H. **The role of science academies in policy and society advice: water management in urban areas as an example**. In: SPILKI, F. R.; SCHEUENSTUHL, M. C. B, 2016.

SULLIVAN, C.A. Quantifying water vulnerability: a multi-dimensional approach. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v.25, n.4, p. 627–640, 2011. DOI: 10.1007/s00477-010-0426-8

SWANSTON, C. *et al.* A. Ecosystem vulnerability assessment and synthesis. A report from the Climate Change Response Framework Project in Northern Wisconsin. In: **General Technical Report NRS-82**. USDA Forest Service, Newtown Square, PA, 2011.

THEODORO, H. D.; NASCIMENTO, N. O.; HELLER, L. Os desafios institucionais de gestão hídrica em um modelo de participação quadripartite: o caso do comitê da bacia hidrográfica do Rio das Velhas, Minas Gerais, Brasil. **Revista de Gestão da Água da América Latina (REGA)**, v.12, n.1, p. 31-42, 2015.

TRINDADE, L.L. **Gestão Integrada de Recursos Hídricos: papel, potencialidades e limitações dos comitês de bacias hidrográficas**. 2016. 269 f. Tese (Doutorado em Ciências Humanas). Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2016.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1993. 943p.

TUCCI, C. E. M. Urbanization and water resources. In: BICUDO, C. E. D. M.; TUNDISI, J. G. e SCHEUENSTUHL, M. C. B. (Ed.). **Water of Brazil: strategic analysis**. Switzerland: Springer International Publishing, 2017. p. 89-104. ISBN 978-3-319-41372-3.

TUNDISI, J.G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 63, n. 22, p.7-16, 2008.

UN- UNITED NATIONS. (2015) General Assembly Resolution A/RES/70/1. Transforming Our World, the 2030 Agenda for Sustainable Development.

UN WATER. (2013). Water Security & the Global Water Agenda- A UN-Water Analytical Brief.

UNESCO. **International Hydrological Programme (IHP), Eighth Phase, Water Security: Responses to Local, Regional and Global Challenges**. Strategic Plan IHP-VIII (2014-2021). Paris, 2013.

VAN NOORDWIJK, M.; KIM, Y.-S.; LEIMONA, B.; HAIRIAH, K.; FISHER, L. A. Metrics of water security, adaptive capacity, and agroforestry in Indonesia. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 21, p. 1–8, 2016. DOI:10.1016/j.cosust.2016.10.004

VARIS, O.; KESKINEN, M.; KUMMU, M. Four dimensions of water security with a case of the indirect role of water in global food security. **Water Security**, v.1, p. 36–45, 2017. DOI:10.1016/j.wasec.2017.06.002

VERA, L.H.A. **Atuação da cobrança pelo uso da água de domínio da união como instrumento de gestão de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. 2014. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil Tecnologia ambiental e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Pernambuco -UFPE, 2014.

VIEIRA, V. Sustentabilidade do Semiárido Brasileiro: Desafios e Perspectivas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.7, n.4, p. 105–112, 2002. DOI: 10.21168/rbrh.v7n4.p105-112

VIEIRA, Z. M. C. L. **Metodologia de análise de conflitos na implantação de medidas de gestão de demanda de água**. 2008. 2014. 165 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande. 2008.

VIEIRA, Z.M.C.L.; RIBEIRO, M.M.R. A methodology for first- and second-order water conflicts analysis. **Water Policy**, v.12, n.6, p. 851–870, 2010. DOI:10.2166/wp.2010.114

VILLAR, P. C. Groundwater and the Right to Water in a Context of Crisis. **Ambiente & Sociedade**, v.19, n.1, 85–102, 2016. DOI:10.1590/1809-4422asoc150126r1v1912016

VÖRÖSMARTY, C. J.; OSUNA, V. R.; CAK, A. D.; BHADURI, A.; BUNN, S. E.; CORSI, F.; UHLENBROOK, S. Ecosystem-based water security and the sustainable development goals. **Ecohydrology & Hydrobiology**, v. 18, n.4, p. 317-333, 2018. DOI:10.1016/j.ecohyd.2018.07.004

WADE, S. Is water security just? Concepts, tools and missing links. **Water International**, v.43, n.8, p.1026-1039, 2018. DOI:10.1080/02508060.2018.1543750

WANG, Q.; LI, S.; LI, R. Evaluating water resource sustainability in Beijing, China: Combining PSR model and matter-element extension method. **Journal of Cleaner Production**, v.16, n.1, p. 171-179, 2018. DOI:10.1016/j.jclepro.2018.09.057

WATERAID. **Water security framework**. London: WaterAid, 2012.

WICKHAM, J. D.; O'NEILL, R. V.; JONES, K. B. A geography of ecosystem vulnerability. **Landscape Ecology**, v.15, n.6, p. 495–504, 2000. DOI: 10.1023/A:1008176120891.

WOLKMER, M. D. F.; PIMMEL, N. F. Política Nacional de Recursos Hídricos: governança da água e cidadania ambiental. **Sequência: Estudos Jurídicos e Políticos**, v. 34, n. 67, p.165-198, 2013. DOI:10.5007/2177-7055.2013v34n67p165

WWAP- World Water Assessment Programme. (2019). The United Nations World Water Development Report 2019: Leaving No One Behind. Paris, UNESCO.

WWC-WORLD WATER COUNCIL. **A Pact for a water security world – 2013- 2015 Strategy**. 2012.

YANG, F.; SHAO, D.; XIAO, C.; TAN, X. Assessment of urban water security based on catastrophe theory. **Water Sci. Technol**, v.66, n.3, p. 487, 2012. DOI: 10.2166/wst.2012.182

YIN, R.K. **Estudo de caso: Planejamento e Métodos**. Bookman, Porto Alegre –RS, 2015. 320 p.

YOSHINO, G. H. **Estudo da vulnerabilidade hídrica das populações que moram na região do lago da usina hidrelétrica de Tucuruí no Estado do Pará**. 2017. 218 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido). Universidade Federal do Pará, 2017.

ZATTAR, M. **Prática informacional em redes no domínio da Governança da água: um estudo sobre o processo de produção do conhecimento**. 2017. 17 f. Tese (Doutorado em Ciência da Informação). Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2017.