



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS – DOUTORADO**

NOSLIANA NOBRE RABELO

**ANÁLISE DA SEGURANÇA HÍDRICA NO ESTADO DO CEARÁ: SUBSÍDIOS
PARA O PLANEJAMENTO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS**

Fortaleza

2022

NOSLIANA NOBRE RABELO

ANÁLISE DA SEGURANÇA HÍDRICA NO ESTADO DO CEARÁ: SUBSÍDIOS PARA O
PLANEJAMENTO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Tese apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Área de Concentração em Recursos Hídricos da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisito para obtenção do título de doutor em engenharia civil, área de concentração em recursos hídricos.

Orientadora: Profa. Dra. Ticiano Marinho de Carvalho Studart.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- R114a Rabelo, Noslina Nobre.
Análise da Segurança Hídrica no Estado do Ceará: Subsídios para o Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos / Noslina Nobre Rabelo. – 2022.
170 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Recursos Hídricos, Fortaleza, 2022.
Orientação: Profa. Dra. Ticiania Marinho de Carvalho Studart.
1. Índice de segurança hídrica. 2. Análise fatorial. 3. Mudanças climáticas. I. Título.

CDD 627

NOSLIANA NOBRE RABELO

ANÁLISE DA SEGURANÇA HÍDRICA NO ESTADO DO CEARÁ: SUBSÍDIOS PARA O
PLANEJAMENTO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Tese apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Área de Concentração em Recursos Hídricos da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisito para obtenção do título de doutor em engenharia civil, área de concentração em recursos hídricos.

Aprovada em: / /2022.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Ticiania Marinho Carvalho Studart
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Samiria Maria Oliveira da Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Patrícia Verônica Pinheiro Sales Lima
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Professor Dr. Wilson Fadlo Curi
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Prof. Dr. José Maria Brabo Alves
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Aos meus pais Ana e Ailson Rabelo, por renovar a fé e o amor da nossa família.

AGRADECIMENTOS

Para Deus que sempre me orienta e me dá força para vencer as batalhas da vida. Aos meus pais, Ailson Rabelo e Ana Darc pela educação e apoio aos meus estudos. Agradeço ao meu irmão Ailson Filho e a toda família.

Agradeço em especial à minha orientadora Profa. Dra. Ticiano Marinho Carvalho Studart, por acreditar no meu projeto. A banca examinadora pela disponibilidade de estar presente na defesa da tese e pelas indispensáveis críticas construtivas. Ao professor e amigo Cleyber Medeiros pelas orientações e pela atenção dedicada à pesquisa.

A todos os professores do departamento que contribuíram de alguma forma com minha carreira acadêmica em especial, ao professor Raimundo Souza, *in memoriam*, que me norteou para o mundo dos recursos hídricos, a professora Marisete Aquino, e ao professor Assis de Souza Filho pelos direcionamentos e acolhimento durante a caminhada do doutorado. A Shirley e Neuza pela colaboração e auxílio ao longo do doutorado.

Aos colegas da minha turma (2016.1), José Nilton, Carla Beatriz, Bruno Aragão, Taís Benevides, Roberto Jefferson e Erlandson Queiroz. Agradeço imensamente aos meus amigos Dalila Menezes, Fátima Aurilane, Nádia Bezerra, Patrícia Sales, Janaildo Soares e Daniel Cid, amigos vocês foram essenciais. Um agradecimento em particular ao meu amigo, Dr. Pardaillan Farias Lima (*in memoriam*).

A Universidade Federal do Ceará (UFC) e ao Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental pela oportunidade e acolhida. À CAPES, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de estudo. E a todos aqueles que, mesmo não citados, sempre lembrarei como pessoas de fundamental importância durante todo esse doutorado.

“Obrigada meu Deus”, é este o agradecimento maior.

“A água de boa qualidade é como a saúde ou a liberdade: só tem valor quando acaba.”
(Guimarães Rosa).

RESUMO

O termo Segurança Hídrica tem surgido como forma de subsidiar o planejamento dos recursos hídricos a resultados mais eficazes visando garantir a disponibilidade de água para diversos usos suprindo as necessidades da sociedade, como também protegê-la contra os impactos ocasionados pelas mudanças climáticas. Desde a Conferência de Haia em 2000, os governos locais passaram a ter maiores responsabilidades nos debates e práticas relacionadas à promoção da segurança hídrica (SH). Este contexto passou a ser mais notório devido à preocupação da comunidade internacional com a escassez dos recursos hídricos frente aos efeitos negativos dos eventos hidrológicos extremos, visto que esses ameaçam os sistemas de abastecimento de água; o desenvolvimento econômico; e a perda da biodiversidade. No Brasil, pode-se dizer que a Lei Federal nº 9.433/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), e as leis estaduais similares trazem acoplado o conceito de SH. Entretanto, a partir de 2014 essa definição ganhou notoriedade em virtude da crise hídrica vivenciada em diversas regiões do país, principalmente no Sudeste, o que acabou posicionando o tema na agenda nacional. Portanto, o objetivo geral da tese foi analisar a segurança hídrica dos municípios cearenses sob o prisma multidimensional, gerando subsídios para o planejamento e gestão dos recursos hídricos. Para alcançar o referido objetivo foram adotados os seguintes métodos: i) criação do índice agregado: o Índice de Segurança Hídrica (ISHCE), por meio da Análise Fatorial (AF) pelo Método de Componentes Principais (ACP); ii) a análise de agrupamento, por meio do método *K-médias*, para segmentar as classes de municípios segundo os níveis de SH e iii) a regressão quantílica, a qual buscou captar como a segurança hídrica pode influenciar o desenvolvimento em escala municipal. Desse modo, o estudo partiu da hipótese que os municípios cearenses apresentem baixos níveis de segurança hídrica, em quase todas as dimensões, uma vez que dispõem de poucas estruturas para gerir essa questão. Nesse sentido e a partir dos resultados foi possível apontar para o fato de que o estado cearense é heterogêneo quanto a segurança hídrica, visto que foi possível classificar os municípios em três níveis distintos de segurança hídrica. Esta realidade é percebida principalmente ao visualizar que dos 176 municípios analisados, 33,52% deles apresentaram índice de segurança hídrica acima da média, e outros 13,63% ficaram com índice abaixo da média.

Palavras-chave: Índice de segurança hídrica. Análise fatorial. Mudanças climáticas.

ABSTRACT

The term Water Security has emerged to support water resources planning to more effective results in order to guarantee water availability for various uses, meeting the needs of society, as well as protecting it against the impacts caused by climate change. Since the Hague Conference in 2000, local governments have taken on greater responsibilities in debates and practices related to promoting water security (SH). This context became more evident due to the international community's concern with the scarcity of water resources in the face of the negative effects of extreme hydrological events, as these threaten water supply systems; economic development; and the loss of biodiversity. In Brazil, Federal Law N°. 9.433/1997, which instituted the National Water Resources Policy (PNRH), and similar state laws bring together the concept of SH. However, from 2014 onwards, this definition gained notoriety due to the water crisis experienced in several regions, mainly in the Southeast, which ended up positioning the topic on the national agenda. Therefore, the general objective of the thesis was to analyze water security of Ceará's municipalities from a multidimensional perspective, generating subsidies for water resources planning and management of. To achieve this objective, the following methods were adopted: i) creation of the aggregate index: the Water Security Index (ISHCE), through Factor Analysis (FA) by the Principal Components Method (PCA); ii) cluster analysis, using the K-means method, to segment the classes of municipalities according to SH levels; and iii) quantile regression, which sought to capture how water security can influence development on a municipal scale. Thus, the study started from the hypothesis that the municipalities of Ceará have low levels of water security, in almost all dimensions, since they have few structures to manage this issue. In this sense and from the results, it was possible to point to the fact that the state of Ceará is heterogeneous in terms of water security, since it was possible to classify the municipalities into three different levels of water security. This reality is mainly perceived when viewing that of the 176 municipalities analyzed, 33.52% had an above-average water security index, and another 13.63% had a below-average index.

Key words: Water security index. Factor analysis. Climate changes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma da estrutura geral do trabalho.....	24
Figura 2 - Aumento do uso do termo “ <i>water security</i> ” na literatura acadêmica.....	27
Figura 3 - Categorias das áreas de aplicação contendo o termo “ <i>water security</i> ”	28
Figura 4 - Publicações por Países/regiões.....	29
Figura 5 - Mapa de co-ocorrência das palavras-chave mais utilizadas pelos autores, nos artigos aplicáveis sobre “ <i>water security</i> ”	30
Figura 6 - Avanço do conceito de SH na comunidade científica (1999-2010).....	33
Figura 7 - Dimensões-chave da Segurança Hídrica.....	36
Figura 8 - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS	43
Figura 9 - Estrutura do SINGREH	50
Figura 10 – Interfaces da gestão dos RH e as principais Políticas relacionadas	54
Figura 11 - Política Estadual de Recursos Hídricos.....	61
Figura 12 – Organograma do SIGERH.....	63
Figura 13 - Uso do termo “ <i>water security index</i> ” na literatura acadêmica.....	66
Figura 14 - Mapa de co-ocorrência das palavras-chave mais utilizadas pelos autores, nos artigos aplicáveis sobre “ <i>water security index</i> ”	67
Figura 15 - Delimitação do Semiárido Cearense	76
Figura 16 – Evolução dos Estoques de água no Ceará.....	77
Figura 17 - Critério de seleção dos indicadores de ISH utilizando o NC e o IVC	83
Figura 18 - Etapas para construção do ISHCE.....	84
Figura 20 – Vantagens inerentes à regressão quantílica sobre os MQO	94
Figura 21 - Principais desafios que diminuem a SH no Estado do Ceará	99
Figura 22 – Componentes do ISHCE.....	103
Figura 23 – Conjunto de fatores mais importantes para explicar a SH.....	119
Figura 24 – Primeiro município com maior ISHCE: Redenção.....	121
Figura 25 - Segundo município com maior ISHCE: Tianguá.....	121
Figura 26 - Terceiro município com maior ISHCE: Guaramiranga	122

Figura 27 - Primeiro município na categoria intermediária do ISHCE: Missão Velha	122
Figura 28 - Segundo município na categoria intermediária do ISHCE: Morrinhos.....	123
Figura 30 - Município com menor valor do ISHCE: Jardim	124
Figura 31 - Segundo município com menor valor do ISHCE: Pindoretama	125
Figura 32 - Terceiro município com menor valor do ISHCE: Jaguaribara	125
Figura 33 – Índice de Segurança Hídrica (ISHCE)	127
Figura 34 – Dimensão Serviços de Abastecimento de água - ISA.....	130
Figura 35 – Dimensão Hidroambiental (ISH)	133
Figura 36 – Dimensão Institucional (ISI).....	135

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - <i>Ranking</i> dos autores mais produtivos sobre SH.....	28
Tabela 2- Valores obtidos para o teste KMO	88
Tabela 3 - Classificação da análise de agrupamento.....	91
Tabela 4 - Termos mais frequentes de palavras dos especialistas	96
Tabela 5 – Síntese da avaliação dos especialistas quanto aos indicadores propostos para compor o sistema de indicadores de segurança hídrica no Ceará.....	100
Tabela 6 - Raiz característica, percentual explicado por cada fator e variância explicada das três Dimensões	116
Tabela 7 - Cargas fatoriais e comunalidades calculadas para as três Dimensões	117
Tabela 8 - Distribuição dos municípios cearenses por classe de ISHCE.....	120
Tabela 9 - Distribuição da dimensão – ISA nos municípios cearenses por meio dos clusters	128
Tabela 10 - Distribuição da dimensão – ISH nos municípios cearenses por meio dos <i>clusters</i>	131
Tabela 11 - Distribuição da dimensão – ISI nos municípios cearenses por meio dos <i>clusters</i>	134
Tabela 12 - Resultados dos modelos representados pelas equações 9 a 16. Método MQO e Regressão Quantílica (Variável dependente = IDHM).	136

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Abordagens de segurança hídrica para diversas áreas de aplicação	32
Quadro 2 - Resumo dos principais conceitos de segurança hídrica desenvolvidos por instituições com atuação global.....	35
Quadro 3 - Metas e indicadores do ODS-6.....	44
Quadro 4 - Visão Geral de algumas medidas utilizadas para alcançar a SH.....	47
Quadro 5 - Níveis de análise da legislação que embasam a PNRH.....	49
Quadro 6 – Marcos legais acerca dos Recursos Hídricos no Brasil.....	52
Quadro 7 – Síntese das interfaces entre os objetivos das políticas nacionais em termos dos aspectos SH.....	53
Quadro 8 – Comparação entre os conceitos de SH.....	56
Quadro 9 – Panorama da SH nos Estados brasileiros.....	56
Quadro 10 – Marcos legais acerca dos Recursos Hídricos no Estado do Ceará.....	58
Quadro 11– Principais programas desenvolvidos no período de 1995 -2020.....	63
Quadro 12 - Índices existentes para avaliação da SH.....	69
Quadro 13 - Características dos índices mais utilizados na literatura na temática de recursos hídricos	71
Quadro 14 – Obtenção de dados secundários.....	74
Quadro 15 - Procedimento técnico utilizado nas etapas da revisão bibliográfica.....	79
Quadro 16 - Lista de especialistas selecionados para responder os questionários.....	82
Quadro 17– Classificação para avaliar o nível de consenso das respostas dos participantes	82
Quadro 18 – Modelos estimados na análise da relação entre o ISHCE e o IDH-M	93
Quadro 19 – Descrição dos indicadores propostos para o Índice de Segurança Hídrica.....	105

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
ACP	Análise de Componentes Principais
PCA	Análise dos Componentes Principais
AF	Análise Fatorial
APP	Área de Preservação Permanente
ASA	Articulação no Semiárido Brasileiro
ART.	Artigo
AWDO	<i>Asian Water Development Outlook</i>
CAC	Cinturão das Águas do Ceará
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
CE	Ceará
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
CEBDS	Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável
CONERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CF	Constituição Federal
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEPS	Coordenadoria Especial de Participação Social
DRHRBH	Departamento de Recursos Hídricos e Revitalização de Bacias Hidrográficas
ES	Espírito Santo
ETA	Estação de Tratamento de Esgoto
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GIRH	Gestão Integrada dos Recursos Hídricos
GWP	<i>Global Water Partnership</i>
ISA	Indicadores de Segurança de Abastecimento de Água
ISR	Indicadores de Segurança de Riscos
ISS	Indicadores de Segurança de Saneamento
ISH	Indicadores de Segurança Hidroambiental
ISI	Indicadores de Segurança Institucional
IDH-M	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IVI	Índice de Validade de Conteúdo
WII	Índice de Insegurança da Água
WPI	Índice de Pobreza da Água
ISHCE	Índice de Segurança Hídrica para os municípios cearenses
WSI	Índice de Sustentabilidade da Bacia Hidrográfica
EVI	Índice de Vulnerabilidade da Água
NWSI	Índice Nacional de Segurança Hídrica
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
IUCN	<i>International Union for Conservation of Nature</i>

KMO	<i>Kaiser Meyer Olkin</i>
MAPBIOMAS	Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil
MT	Mato Grosso
MSA	Measure of Sampling Adequacy
MG	Minas Gerais
MDR	Ministério do Desenvolvimento Regional
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NC	Nível de Consenso
ODM	Objetivos do Desenvolvimento do Milênio
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PR	Paraná
PE	Pernambuco
MUNIC	Pesquisa de Informações Básicas Municipais
PLANERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
PNSH	Plano Nacional de Segurança Hídrica
PNRH	Política Nacional dos Recursos Hídricos
PFORR	Programa de Apoio ao Crescimento Econômico com Redução das Desigualdades e Sustentabilidade Ambiental do Estado do Ceará
PRODHAM	Programa de Desenvolvimento Hidroambiental das Bacias Hidrográficas
PROÁGUA	Programa de Desenvolvimento Sustentável de Recursos Hídricos para Semiárido
PROURB-RH	Programa de Desenvolvimento Urbano e Gestão dos Recursos Hídricos
PROGERIRH	Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos
PHI	Programa Hidrológico Internacional
IPF	Projeto de Apoio à Melhoria da Segurança Hídrica e Fortalecimento da Inteligência na Gestão Pública do Estado do Ceará
ROWA	<i>Regional Office for West Asia</i>
RJ	Rio de Janeiro
SP	São Paulo
SEMACE	Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Ceará
SbN	Soluções baseadas na Natureza
SRH	Secretaria dos Recursos Hídricos
SNSH	Secretaria Nacional de Segurança Hídrica
SH	Segurança Hídrica
SAB	Semiárido Brasileiro
PUB	<i>Singapore's National Water Agency</i>
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SNIS	Sistema Nacional de Informações de Saneamento
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
SPSS	<i>Statistical Package for Social Sciences</i>
SOHIDRA	Superintendência de Obras Hidráulicas
WWC	<i>World Water Council</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.2 Relevância e Originalidade.....	19
1.3 Hipóteses do Trabalho	21
1.4 Objetivos	21
<i>1.4.1 Objetivo Geral.....</i>	<i>21</i>
<i>1.4.2 Objetivos Específicos</i>	<i>22</i>
1.5 Estrutura do trabalho	22
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
2.1 O Crescimento da produção científica sobre Segurança Hídrica: um estudo bibliométrico .	25
2.2 Segurança Hídrica: Conceitos e Contextualização.....	31
2.3 Segurança Hídrica no Brasil e no mundo	39
<i>2.3.1 Segurança Hídrica e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável - ODS.....</i>	<i>40</i>
<i>2.3.2 Panorama internacional da Segurança Hídrica</i>	<i>45</i>
<i>2.3.3 Segurança Hídrica e arcabouço legal no Brasil</i>	<i>48</i>
<i>2.3.4 Segurança Hídrica e arcabouço legal da Política Estadual de Recursos Hídricos no semiárido cearense</i>	<i>58</i>
2.4 Índices e indicadores como ferramentas de avaliação da Segurança Hídrica	65
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	74
3.1 Natureza da pesquisa e fonte dos dados	74
3.2 Área de estudo e características geoambientais.....	75
3.3 Construção do Sistema de Indicadores de SH - Escala Municipal	78
3.4 A mensuração da segurança hídrica nos municípios	83
<i>3.4.1 Etapa 1– Obtenção dos dados.....</i>	<i>85</i>
<i>3.4.2 Etapa 2 – Análise Multivariada</i>	<i>85</i>
<i>3.4.3 Etapa 3 – Normalização</i>	<i>89</i>
<i>3.4.4 Etapa 4 – Ponderação e Agregação:.....</i>	<i>90</i>
3.5 Modelo econométrico para estimação da relação entre desenvolvimento e SH	91
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	95
4.1 Sistema de indicadores de segurança hídrica	95
<i>4.1.1 Informações gerais sobre os especialistas que contribuíram para a construção do sistema de indicadores de segurança hídrica.....</i>	<i>95</i>

4.1.2 Percepção dos especialistas sobre o conceito de Segurança Hídrica.....	96
4.1.3 Níveis de importância atribuídos e indicadores selecionados.....	100
4.1.4 Seleção dos Indicadores do ISHCE.....	102
4.1.5 Procedimentos metodológicos dos indicadores e das dimensões do ISHCE.....	108
4.2 Segurança Hídrica dos municípios cearenses: uma proposta de medida que contempla a multidimensionalidade do conceito.....	116
4.2.1 Os fatores explicativos da segurança hídrica no Ceará.....	116
4.2.2 Análise espacial do Índice de Segurança hídrica dos municípios cearenses	119
4.2.2.1 ISHCE global	119
4.2.2.2 Dimensão “Abastecimento de Água” (ISA)	128
4.2.1.3 Dimensão dimensão Hidroambiental (ISH)	131
4.2.1.4 Dimensão dimensão “Institucional” (ISI).....	134
4.3 A relação entre o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal e a Segurança Hídrica no Estado do Ceará	136
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	138
REFERÊNCIAS.....	140
APÊNDICE I – QUESTIONÁRIO UTILIZADO PARA CARACTERIZAÇÃO DOS RESPONDENTES E ATRIBUIÇÕES DE NÍVEIS DE IMPORTÂNCIA AOS INDICADORES PRÉ-SELECIONADOS.....	151
APÊNDICE II – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) CAAE 21220719.4.0000.5054	158
APÊNDICE III – MUNICÍPIOS COM MAIORES, MENORES E INTERMEDIÁRIOS NÍVEIS DE SEGURANÇA HÍDRICA.....	160
APÊNDICE IV – OUTPUT DAS ANÁLISES DE REGRESSÃO - MQO.....	164

1 INTRODUÇÃO

A região semiárida brasileira, possui uma área total de 980.197 km², aproximadamente, dos quais 89,5% desta área estão inseridos na Região Nordeste do país. O semiárido cearense, por sua vez, possui uma área de 148.886 km², envolvendo 175 municípios dos 184 (SUDENE, 2017), os quais são caracterizados por limitações de recursos naturais favoráveis, decorrentes de fatores geoclimáticos, que impõem fronteiras estreitas ao seu desenvolvimento (AB’SÁBER, 1999).

Dentre esses recursos, a água é certamente o mais importante, que permanece como desafio à gestão pública, notadamente em áreas de maior escassez. Frente a essa realidade, as regiões apresentam algumas limitações de vínculos econômicos, pois a escassez de água além de afetar a qualidade de vida humana em termos de educação, saúde, compromete a capacidade produtiva (ZHANG *et al.*, 2018).

Há estimativas globais que garantem que os mananciais disponíveis para uso e abastecimento humano podem sofrer consideráveis reduções nos volumes armazenados dos reservatórios. Além da escassez, os mananciais têm apresentado sinais de deficiência nos aspectos de qualidade da água. Esse fato impõe a aplicação de grandes recursos para torná-los passíveis de aproveitamento (DICKSON; SCHUSTER-WALLACE; NEWTON, 2016).

A eficácia dos modelos de previsão sobre as disponibilidades hídricas é limitada em alcançar as irregularidades de distribuição temporal e espacial dos eventos climáticos. Ao mesmo tempo, suas aplicabilidades dependem das características hidrológicas de cada região, podendo incluir variáveis antrópicas em suas dimensões (ASSEFA, Y. *et al.*, 2018).

No entanto, as mudanças climáticas são um dos desafios mais complexos. Os reptos impostos pelo clima estão interconectados, compreendem decisões políticas controversas, exigem acentuado aporte de capital tecnológico e intelectual, além de apresentarem alcance e consequências globais (ORTIZ-PARTIDA *et al.*, 2020; KRUEGER *et al.*, 2019).

Os extremos climáticos tendem a ser mais agudos e mais frequentes. Com isso, trazem a perspectiva de perdas elevadas na produção de alimentos, aumento da fome, da desnutrição e de doenças. Além disso, o baixo índice de cobertura de saneamento registrada no Semiárido Brasileiro (SAB) indica outro problema que pode ser potencializado pelos impactos das mudanças climáticas (FAO, 2017). Vislumbra-se a inviabilização de atividades produtivas diversas, de forma que, no âmbito socioeconômico, recai grande ameaça sobre os projetos de redução de pobreza e do desenvolvimento sustentável (NAZEMI; MADANI, 2018).

Adicionalmente, os nexos entre água, alimentos, energia e o meio ambiente tornam o gerenciamento dos recursos hídricos ainda mais complexo e desafiador (GUNDA *et al.*, 2019). Nessa perspectiva, é preponderante para a promoção da segurança hídrica de certa região a melhoria da qualidade dos corpos hídricos e a conservação da quantidade da água reservada, de modo parcimonioso, principalmente no SAB, tendo em vista a carência desse recurso e a falta de um planejamento mais eficaz.

A preocupação com a escassez desse recurso fez parte dos debates das agendas das Organizações Internacionais, no caso específico da segurança hídrica foi articulada pela primeira vez como um desafio político no Fórum Mundial da Água, em 2000, na Declaração Ministerial de Haia sobre Segurança da Água, permanecendo nas agendas internacionais desde então. Nesse sentido, outros planos de desenvolvimento foram idealizados, a exemplo da Agenda 2030¹, elaborada em 2015, que reflete uma visão inovadora das Nações Unidas e coloca a gestão da água como elemento central, para países desenvolvidos e em desenvolvimento (ONU, 2015).

A importância da gestão dos recursos hídricos é reconhecida globalmente nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), da Agenda 2030, evidenciada nas metas do ODS 6 (Água potável e Saneamento), principalmente nas que envolvem a qualidade e a quantidade de água. O respectivo ODS busca, via planejamento, garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água e saneamento para todos e minimizar os impactos causados pelos eventos extremos (GUPPY; MEHTA; QADIR, 2019).

Além disso, para o enfrentamento dos impactos causados pela baixa segurança hídrica, são necessárias interações com outros objetivos, especialmente o ODS 2 (erradicar a fome); ODS 3 (saúde de qualidade); ODS 7 (energias renováveis e acessíveis); ODS 8 (trabalho digno e desenvolvimento econômico); ODS 11 (cidades e comunidades sustentáveis); ODS 13 (ação climática); e ODS 15 (proteger a vida terrestre) (ZHANG, X. *et al.*, 2019).

Em âmbito nacional, a imposição pela gestão dos recursos hídricos no Brasil se mostrou mais incontestável “durante a crise hídrica que incidiu severamente no País entre 2012 e 2016, quando 48 milhões de pessoas foram afetadas por secas e estiagens, principalmente na Região Nordeste, e também nas Regiões Sudeste e Centro Oeste, que não eram comumente

¹ A Agenda 2030 trata-se de uma agenda global reestabelecida com base nos ODMs e tem por objetivo promover o desenvolvimento econômico, social e ambiental de forma sustentável até 2030. Para tanto, será necessário atingir seus 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável - ODS e as 169 metas propostas. (GUPPY; MEHTA; QADIR, 2019).

afetadas por escassez hídrica” (ANA, 2019, p.49), corroborando para a máxima: a gestão dos recursos hídricos perpassa as ações de convivência com as secas (CUNHA *et al.*, 2019).

Nesse sentido, vale destacar que, a crise hídrica vivenciada no Ceará, no mesmo período, foi considerada uma das piores das últimas décadas, pois provocou devastação na agricultura, pecuária, na indústria o que contribuiu para evidenciar ainda mais as fragilidades do sistema de gerenciamento e, conseqüentemente, da necessidade do planejamento mais enérgico da segurança hídrica nas agendas setoriais (CORTEZ *et al.*, 2017).

No Estado do Ceará, a infraestrutura de oferta hídrica vem apresentando avanços significativos, isso se deu ao longo de mais de cem anos de construção de obras de reservação de águas de superfície, através de açudes de médio e grande portes, que somam 244. Essas estruturas estão distribuídas pelas 12 bacias hidrográficas, com um potencial de mais de 18 bilhões de m³ de acumulação de água, com destaque para os açudes Castanhão (6,7 bilhões de m³), Orós (1,94 bilhões de m³), Banabuiú (1,6 bilhões de m³) e Araras (891 milhões de m³), os quais, conjuntamente representam cerca de 61% da água total já represável em todo o espaço hidrográfico do Estado (CEARÁ, 2018).

Acrescente-se, a esses números, outra grande obra hidráulica vital à segurança hídrica, o Cinturão das Águas do Ceará (CAC), o qual, a partir de derivação das águas de transposição do Rio São Francisco, no município de Jati - CE, possam ser aduzidas, através de canais a céu aberto, túneis, sistemas adutores e sifões para as principais bacias do Estado (CEARÁ, 2020).

Contudo, apesar dos referidos avanços, a população do semiárido cearense ainda enfrenta desafios para convivência com os impactos não só pelas características socioambientais e econômicas decorrentes das secas periódicas, mas pela crescente pressão sobre os mananciais, resultantes do uso e ocupação do solo no entorno do açude e na extensão de sua bacia hidrográfica (CUNHA *et al.*, 2019).

Dentre os principais problemas de gestão que ameaçam a segurança hídrica no Estado do Ceará, destaca-se (COGERH, 2015): deterioração da qualidade das águas provocada pelo lançamento de esgotos domésticos, sem tratamento adequado e pela falta de planejamento e gestão da drenagem urbana; conflitos entre os setores de irrigação e abastecimento público; frequentes rebaixamentos dos níveis dos reservatórios, associado ao aumento da concentração de sais e queda de qualidade da água e degradação dos solos provocada por atividades agropecuárias insustentáveis.

A realidade observada nos municípios cearenses sugere que a segurança hídrica local se encontra ameaçada, o que demanda a incorporação de ações específicas para esse

problema por parte dos gestores. Contudo, existe uma complexidade inerente às multidimensões que envolvem o conceito de segurança hídrica que muitas vezes não permite a identificação clara sobre quais estratégias devem ser priorizadas. A quantificação do problema da segurança hídrica e a identificação dos seus principais componentes é uma preocupação adicional dos gestores.

Na literatura internacional, diversos estudos apresentam indicadores relacionados à segurança hídrica, como: Falkenmark *et al.* (1989); Lautze e Manthritilake (2012); Srinivasan *et al.* (2017); Jesen e Wu (2018); Babel e Shinde (2018); dentre outros que serão abordados no referencial teórico desta pesquisa.

Os estudos reportados anteriormente trazem boas contribuições no sentido de mensurar a segurança hídrica, porém apresentam limitações, como: i) em alguns estudos não foram explícitas as formas de operacionalização dos indicadores; ii) outros estudos consideram uma região como um sistema homogêneo, com características e demandas comuns, o que não deve ocorrer em propostas de formulação de políticas públicas e iii) não evidenciam a relação entre a SH e o desenvolvimento humano em territórios propensos à vulnerabilidades, a exemplo do Semiárido Cearense.

Procurando corroborar com a literatura e o melhor direcionamento de políticas públicas para os Municípios do Estado do Ceará, no tocante a SH, a presente pesquisa considera as respectivas lacunas e avança ao propor o ISHCE, diferenciando-se dos estudos já realizados, pois não aborda somente as relações de quantidade ou de qualidade dos mananciais que servem como fonte para o fornecimento de água, mas sim, alude a multidimensionalidade (hidrológicas, geográficas, ambientais, sociais, institucionais) que a SH apresenta.

1.2 Relevância e Originalidade

Nesse sentido, o objetivo do presente estudo é analisar a Segurança Hídrica dos municípios cearenses, a partir da proposta multidimensional do ISHCE, gerando subsídios para o planejamento e gestão dos recursos hídricos no referido Estado. Salienta-se que o interesse em avançar nessa análise pode ser justificado por alguns motivos, a saber: a princípio, não se verificou na literatura internacional estudos que abordem a segurança hídrica multidimensional para os municípios, dado que os estudos já realizados reportam as unidades de observação em nível Global (VÖRÖSMARTY *et al.*, 2010), Nacional (AWDO, 2016; VARIS *et al.*, 2017), Bacias Hidrográficas (DUBEY *et al.*, 2020) e Sedes Urbanas (ASSEFA, Y. T. *et al.*, 2018).

No tocante à literatura brasileira os estudos sobre a referida temática analisam a SH em nível Nacional (ANA, 2019), Bacias Hidrográficas (MACHADO, 2018), Sedes Urbanas (MELO, 2016; CASTRO, 2019) e na escala local (TOMAZ, 2019; LIMA, 2019). Existem poucos exemplos de avaliações em escala local de segurança hídrica no Brasil. Avaliações locais são imperativas para realmente operacionalizar o conceito de segurança hídrica.

Destarte, a presente pesquisa visa abordar essa lacuna de conhecimento, desenvolvendo uma estrutura para as especificidades dos municípios cearenses ao retratar com maior precisão as reais dimensões relacionadas a questão hídrica local, informação essa que pode ser pormenorizada em estudos nas escalas nacional e global.

Adicionalmente, nos estudos já realizados nem sempre são explícitas as formas de escolha, operacionalização e construção das dimensões do índice de segurança hídrica. Os modelos de avaliações convencionais, via de regra, são ponderados igualmente (SULLIVAN, C. A. *et al.*, 2003), ratificando para possível viés de seleção, realidade essa descartada pela presente proposta por aplicar o método Análise de Componentes Principais (ACP).

Além disso, não existem discussões acadêmicas a respeito de uma correlação entre a Segurança Hídrica e o Índice de Desenvolvimento Humano. Dessa maneira, ao mostrar como a segurança hídrica se distribui espacialmente no Estado do Ceará, chama-se a atenção para possíveis equívocos que podem ser cometidos na implementação de políticas públicas regionais que consideram a região como um sistema homogêneo, com características e demandas comuns.

Por fim, apesar do reconhecimento de que tanto a quantidade quanto a qualidade da água devem ser examinados na perspectiva hidrossocial, a grande maioria dos sistemas de indicadores de SH são limitados em relação à problemática da oferta hídrica, diminuindo a integração entre qualidade e quantidade (VOGEL *et al.*, 2015; GAIN *et al.*, 2016). Em virtude dos fatos mencionados, a presente investigação avançará em:

- i. Elaborar um sistema de indicadores de segurança hídrica para uma escala municipal e capaz de contemplar as diferentes dimensões do conceito;
- ii. Identificar quais fatores melhor explicam a condição dos municípios quanto à segurança hídrica;
- iii. Construir um índice agregado (ISHCE), que possibilitará a hierarquização dos municípios segundo seu nível de segurança hídrica;
- iv. Realizar o mapeamento das áreas prioritárias para implementação de ações voltadas à criação de segurança hídrica, chamando atenção, dessa forma, para as especificidades e os desafios espaciais do Semiárido tropical.

A referida contribuição evidenciará quais os indicadores contribuem para os melhores, piores e níveis intermediários de SH, bem como as dimensões nas quais estão inseridas. A identificação dos níveis de SH será realizada por meio da análise de agrupamento, por meio do método *K-médias*, hierarquizando-os municípios cearenses e identificando quais dimensões da SH precisam de políticas públicas mais enérgicas para assegurar gestão sustentável da água.

Essa contribuição é importante em decorrência das projeções climáticas pessimistas que evidenciam que nas próximas décadas a região do semiárido enfrentará com mais frequência períodos de estiagem cada vez mais severos (ONU, 2018), bem como da carência de estudos empíricos para o Estado do Ceará, especialmente com enfoque na segurança hídrica em âmbito local.

1.3 Hipóteses do Trabalho

Os municípios do semiárido cearense são abastecidos quase inteiramente por reservatórios superficiais. À vista disso, o fornecimento de água depende exclusivamente do reposicionamento dos estoques de água dos mananciais de superfície durante a breve estação chuvosa, que dura entre dois a quatro meses, anualmente (CORTEZ; LIMA; SAKAMOTO, 2017). A consequência dessa irregularidade dos períodos chuvosos, típica da região semiárida, resulta em uma condição desafiadora para a segurança hídrica. Por exemplo, a seca mais recente (2013-2016) foi a pior crise hídrica da história da região semiárida do Ceará e trouxe consigo consequências para o SAB.

Evidências como essas embasam as seguintes hipóteses: i) os municípios cearenses apresentam baixos níveis de segurança hídrica, ii) a existência do menor nível de segurança hídrica tem impacto maior naqueles municípios que apresentam menor nível de desenvolvimento humano e iii) as políticas públicas para a segurança hídrica no Estado do Ceará atendem às demandas municipais.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Analisar a segurança hídrica dos municípios cearenses sob o prisma multidimensional, gerando subsídios para o planejamento e gestão dos recursos hídricos.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Propor um sistema de indicadores para avaliação da Segurança Hídrica dos municípios cearenses;
- Estruturar um Índice de Segurança Hídrica (ISHCE) por meio da Análise Fatorial e Análise de Componentes Principais;
- Descrever os fatores que explicam a segurança hídrica nos municípios do Ceará;
- Classificar os municípios, segundo o grau de segurança hídrica
- Avaliar a relação entre ISHCE e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH- M) no Estado do Ceará;

1.5 Estrutura do trabalho

A pesquisa está organizada em três etapas, sendo: (i) Segurança Hídrica dos municípios cearenses: uma proposta de medida através da Análise de Componentes Principais; (ii) Análise espacial do Índice de Segurança hídrica dos municípios cearenses; e (iii) Relação entre a Segurança Hídrica e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal no Estado do Ceará.

A primeira etapa “Segurança Hídrica dos municípios cearenses: uma proposta de medida através da Análise de Componentes Principais” versa sobre a criação do Índice de Segurança Hídrica dos municípios do Estado do Ceará (ISHCE). Para tanto, é proposta uma abordagem metodológica para construção do ISHCE. O referido parâmetro possibilitará mensurar as condições de segurança hídrica, nos âmbitos: hidroambiental, abastecimento de água, e capacidade institucional, permitindo o planejamento direcionado para realidade local dos municípios e auxiliando na especificidade do processo decisório dos *stakeholders*.

Desse modo, utilizou-se como método estatístico multivariado a Análise Fatorial (AF), via análise dos componentes principais (PCA), técnica multivariada de transformação de um conjunto de variáveis originais em outro conjunto de variáveis de uma mesma dimensão, denominadas de componentes principais (HAIR *et al.*, 2009).

No caso específico, a AF foi aplicada para agregar os principais indicadores de segurança hídrica em fatores que explicam esse conceito e segundo sua importância. A AF permitiu a atribuição de pesos diferenciados a cada âmbito que comporá o índice ISHCE. É válido destacar que o ISHCE será factível de aplicação para os demais municípios inseridos no

Semiárido Brasileiro (SAB) e, portanto, pode servir de parâmetro para estudos subsequentes para o planejamento e gestão dos recursos hídricos.

A base de dados utilizada para seleção dos indicadores, foi oriunda de diversos órgãos, a saber: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Instituto de Pesquisa (IBGE) e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), Secretaria dos Recursos Hídricos (SRH), Mapeamento Anual da Cobertura, Uso do Solo no Brasil (MAPBIOMAS), Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH) e o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), desenvolvidos pela Agência Nacional de Águas (ANA) e do Painel Nacional de Indicadores Ambientais, produzidos pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA).

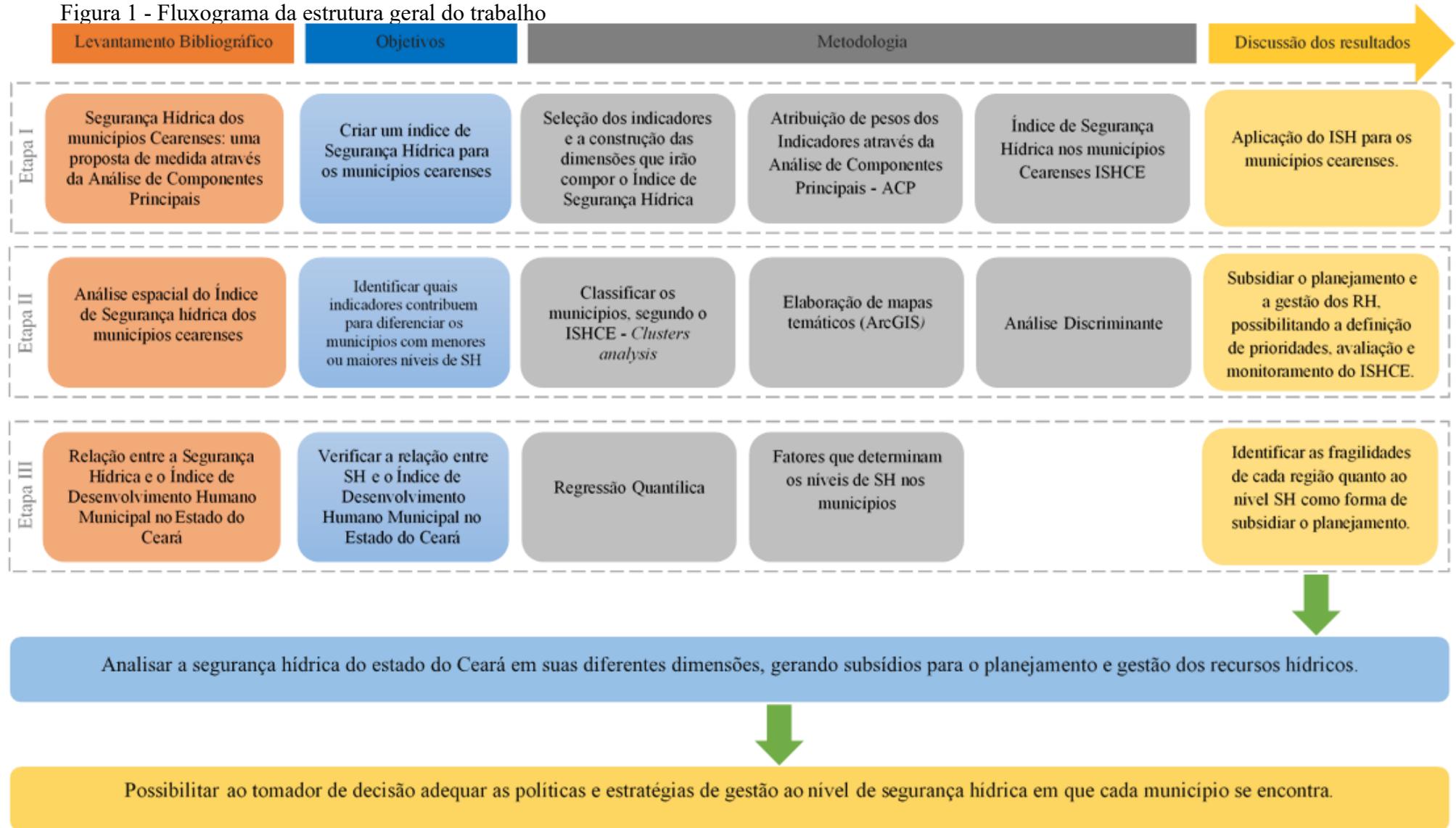
A segunda etapa “Análise espacial do Índice de Segurança hídrica dos municípios cearenses”, teve por objetivo hierarquizar os municípios, segundo o ISHCE. Para tanto foi realizada análise de agrupamento e seguida da disposição espacial dos municípios cearenses segundo o nível de segurança hídrica no sentido de subsidiar o planejamento e a gestão dos recursos hídricos, possibilitando análise situacional, definição de prioridades, formulações de políticas públicas, avaliação e monitoramento do índice agregado.

A terceira etapa “Relação entre a Segurança Hídrica e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M), no Estado do Ceará”, partiu da seguinte hipótese: Os Municípios cearenses com os maiores índices de SH são os que apresentam maiores níveis de desenvolvimento? As métricas utilizadas para analisar essa hipótese foram o ISHCE e o IDH-M. Acredita-se que o baixo desenvolvimento humano, algo tão recorrente no Semiárido Brasileiro (SAB), principalmente naqueles que estão inseridos nos municípios cearenses, está associado não somente à privação de renda, mas à influência dos fatores geoambientais e ao baixo nível de consciência ambiental dessa região. A segurança hídrica é um fator que influencia o desenvolvimento local.

E, por fim, foram delineadas as conclusões gerais desta pesquisa, com fundamento na metodologia adotada, na revisão bibliográfica, na caracterização da área de estudo e na análise dos resultados quanto à aplicação dos dados dos municípios na metodologia, fazendo, ainda, algumas recomendações para estudos futuros e implementação de ações no processo de mitigação do problema da segurança hídrica local.

Nesse sentido, buscando consolidar a sequência de todas as etapas adotadas na presente pesquisa, o fluxograma na FIGURA 1 apresenta a estrutura geral do trabalho subdividindo os procedimentos metodológicos por etapas, incluindo os resultados a serem atingidos para desenvolvimento do objetivo proposto.

Figura 1 - Fluxograma da estrutura geral do trabalho



Fonte: elaboração própria (2021).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica busca embasar o estudo e contextualizar o leitor com o assunto da pesquisa, bem como, construir a base conceitual que fundamente a metodologia. Para realizar a revisão bibliográfica, inicialmente, pesquisou-se publicações em plataformas de pesquisa acadêmicas (*Web of Science, Scopus e Google Scholar*), periódicos, *sites* de instituições internacionais e nacionais com atuação ampla em políticas públicas ou atuação específica em Segurança Hídrica (SH), gestão hídrica e outros temas relacionados. Nas seções a seguir constam os principais tópicos que fundamentaram teoricamente o estudo. São elas: (2.1) Crescimento da produção científica sobre Segurança Hídrica: um estudo bibliométrico; (2.2) Segurança Hídrica: conceitos e contextualização, subtópico que traz as definições de segurança hídrica para diversas áreas de aplicação; (2.3) O que está sendo feito em prol da Segurança Hídrica no Brasil e no mundo; e (2.4) A aplicação de indicadores como ferramenta de avaliação de segurança hídrica.

Dessa forma, o objetivo dessa revisão bibliográfica visa compreender como as pesquisas vêm tratando o tema SH ao longo dos anos, tanto em publicações acadêmicas quanto em organismos internacionais e na legislação brasileira, concatenando-se com suas diversas abordagens, objetivando subsidiar a pesquisa para a gestão dos recursos hídricos no contexto do país, sobretudo nos 184 municípios cearenses sob o prisma multidimensional.

2.1 O Crescimento da produção científica sobre Segurança Hídrica: um estudo bibliométrico

Uma análise bibliométrica pode ser aceita como um ponto de partida para uma revisão bibliográfica. Isso porque, hodiernamente, a pesquisa bibliométrica tem sido comumente utilizada pelos pesquisadores com o intuito de realizar um levantamento do estado da arte do tema a ser estudado. Busca-se com a bibliometria analisar a produção científica por meio de dados quantitativos relativos aos autores de pesquisas, número de publicações, palavras-chave e referências bibliográficas mais utilizadas (RODRIGUES *et al.*, 2014).

Desse modo, com vistas ao levantamento de publicações acadêmicas relacionadas ao termo “*water security*”, o processo de busca dos estudos publicados foi realizado em três etapas. A priori, realizou-se uma busca interativa no banco de dados da *Web of Science*[®]. A partir dessa pesquisa obteve-se um resultado de 2.124 estudos na temática. Ressalta-se que o período pesquisado abrangeu os artigos publicados nos anos de 1945 a 2020. Esse processo de

seleção inicial e consultas das bibliografias iniciou em junho de 2018. Na sequência dessa coleta, foi realizada a leitura de todos os “titles”, “abstracts” e “keywords”.

Após a leitura excluiu-se alguns artigos, pois não estavam de acordo com a linha de pesquisa deste estudo. Cabe ressaltar que esta pesquisa não teve a pretensão de coletar e analisar todas as bibliografias vinculadas ao tema supracitado, mas coletar informações suficientes para satisfazer, de forma adequada, o objetivo geral da pesquisa. Os artigos resultantes foram integralmente lidos no período de junho de 2018 a junho de 2020, divididos por área de atuação, como técnica de compilação.

Na segunda etapa, foi realizado um refinamento da etapa anterior. Pesquisou-se publicações que contivessem o termo “water security” apenas no “titles”. Essa escolha procurou dar mais solidez ao universo de dados levantados, evitando publicações que tivessem a referida expressão em “abstracts” ou “keywords”, mas que não são elementos representativos desta pesquisa. Como resultado desse procedimento foram identificados 596 estudos.

Na terceira etapa, foi realizado mais um refinamento, no intuito de realizar uma seleção mais acurada. Desse modo, mantiveram-se apenas as publicações do tipo “article” e “review”, contabilizando em 393 publicações. Ressalte-se que o material suplementar, constante no Apêndice I, elenca todos os artigos utilizados nessa revisão de literatura.

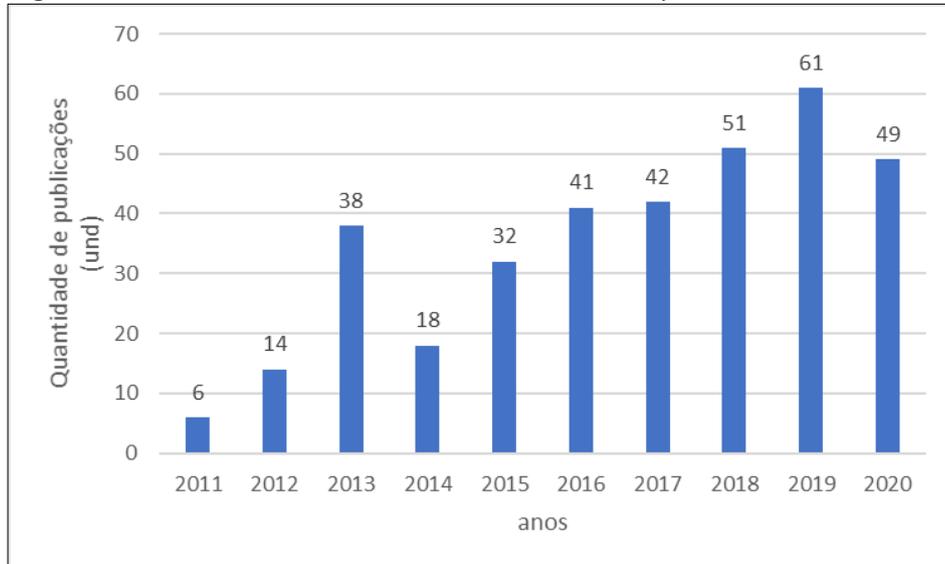
Destaca-se que, até o início dos anos 90, o conceito de SH estava focado nos aspectos de quantidade e disponibilidade hídrica, contando com soluções tradicionais em engenharia para captar, tratar e atender as necessidades humanas (GLEICK, 2000). Esse conceito evoluiu bastante passando a englobar relações interdisciplinares que antes costumavam ser negligenciadas. Nesse contexto, vários trabalhos vêm sendo desenvolvidos levando em consideração as múltiplas interações entre o meio socioeconômico e o ambiental.

Desse modo, das 393 publicações selecionadas, merecem destaque para as primeiras pesquisas publicadas em 2001, intituladas: i) “*Green water security for the food makers of tomorrow: windows of opportunity in drought-prone savannahs*”, publicado no “*Journal Water Science and Technology*”, cujo autor principal é o Johan Rockström; e ii) “*The greatest water problem: The inability to link environmental security, water security and food security*”, publicado pela “*International Journal Of Water Resources Development*” escrito por Malin Falkenmark.

Além disso, múltiplas perspectivas para SH vêm sendo desenvolvidas por Hoekstra, Buurman e Van Ginkel (2018). Destaca-se também o trabalho mais recente intitulado: “*Water Security Implications in the 21st Century for Coastal Cities: The Imperative Need for Action*”, escrito por Edward Arthur, publicado pela *Journal of Water Resources Planning and*

Management, em agosto do corrente ano (2020). A FIGURA 2 ilustra a tendência do aumento constante da frequência do uso do termo “*water security*” em trabalhos científicos e publicações acadêmicas.

Figura 2 - Aumento do uso do termo “*water security*” na literatura acadêmica

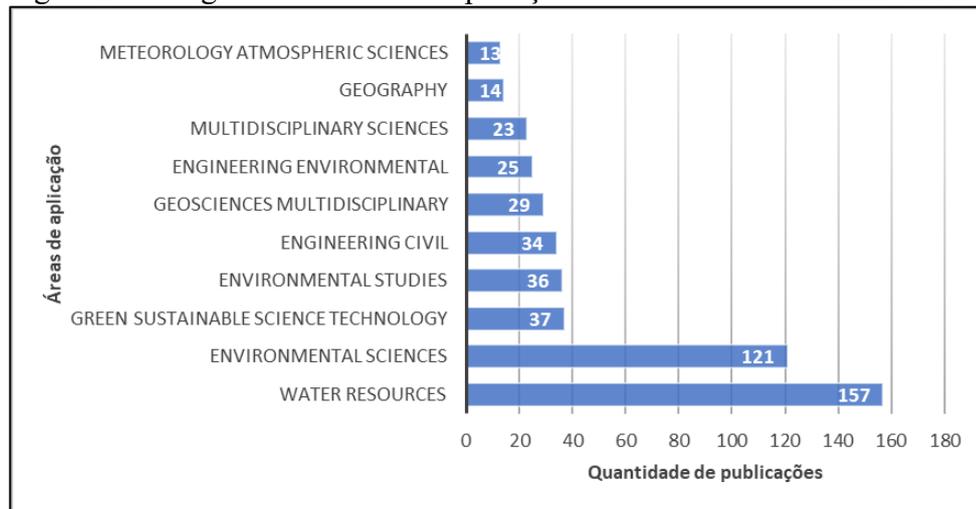


Fonte: elaboração da autora com base no banco de dados *Web of Science* (2020).

Percebe-se que a evolução do conceito de segurança hídrica, ganhou maior relevância em torno do ano 2010, tomando por base o número de publicações que abordam o assunto. Porém, uma década depois, é possível verificar que houve maior produção no sentido de estudar a referida proposta. Por exemplo, no período de 2017 a 2019 há um pico considerável, frente a todo período investigado. Este fato se deve, certamente, em função da crescente da preocupação relacionada a insegurança hídrica, o que resultou em vários debates nas agendas internacionais e nacionais, os quais reforçam a necessidade de um planejamento integrado entre quantidade e qualidade para garantir com eficiência a segurança hídrica (WANG, X. J. *et al.*, 2015).

Constatam ainda que o foco principal no conceito tem demonstrado a pluralidade dos assuntos que se relacionam à segurança hídrica e como esse é influenciado pelas diversas áreas de estudo, bem como a sua aplicação. A FIGURA 3 ilustra essa diversidade de questões disciplinares, na qual vários estudiosos com formações acadêmicas distintas como cientistas sociais, hidrólogos, meteorologistas assumiram o termo “*water security*” e lhe deram vários significados, ocasionando em variadas abordagens conforme a área de pesquisa em que é utilizada.

Figura 3 - Categorias das áreas de aplicação contendo o termo “water security”



Fonte: elaboração da autora com base no banco de dados *Web of Science* (2020).

A FIGURA 3 apresenta as 10 áreas que possuem maior número de publicações sobre o termo segurança hídrica. Essa pluralidade latente das áreas que se interessam pelo tema corrobora com o aspecto interdisciplinar da SH. É possível averiguar que 40% das publicações identificadas são fruto de pesquisa na área de “*Water Resources*” e 31% na área “*Environmental Sciences*”, ou seja, 71% das publicações se encontram classificadas em, pelo menos, uma dessas áreas.

Nessa perspectiva, é possível averiguar quais as principais instituições são responsáveis por publicações em SH, como também, identificar quais os autores que mais produziram e, para além disso, outros são mais citados mesmo com baixa produção acerca da temática. A TABELA 1 descreve essa realidade, bem como a instituição a qual o pesquisador está vinculado, o país-sede de cada instituição, a quantidade de artigos publicados e a quantidade de citações.

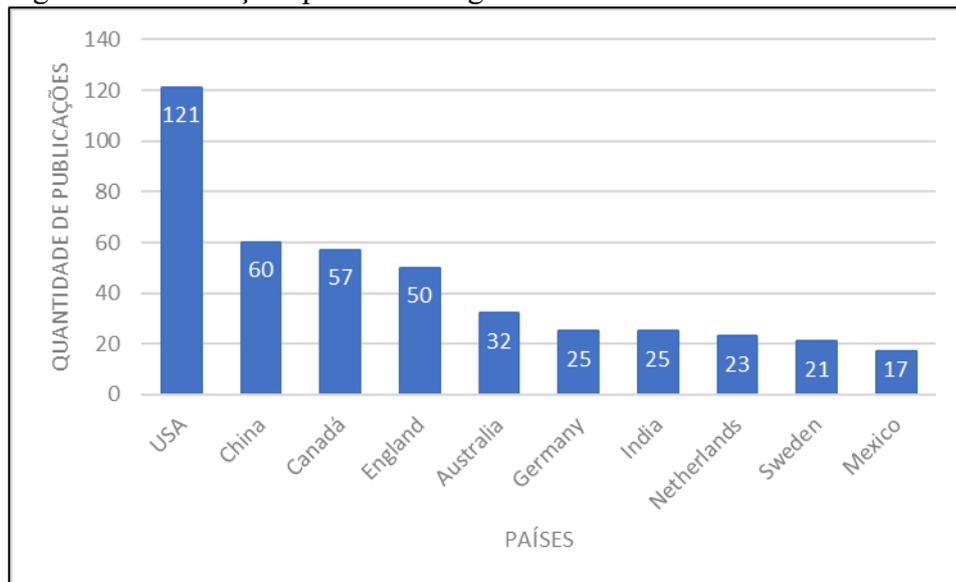
Tabela 1 - *Ranking* dos autores mais produtivos sobre SH

Autor	Instituição a qual o autor está vinculado	País sede da instituição	Quantidade de artigos	Citações
Robert G. Varady	Universidade do Arizona	USA	9	134
Christopher A. Scott	Universidade do Arizona	USA	8	180
Birgitta Evengard	Universidade Umea	Suécia	6	65
Alexey A. Dudarev	Universidade de São Petersburgo	Rússia	5	57
Lena Maria Nilsson	Universidade Umea	Suécia	5	48
Karen Bakker	Universidade da Colúmbia Britânica	Canadá	4	583
Andrea K. Gerlak	Universidade do Arizona	USA	4	47
James Berner	Alaska Native Tribal Health Consortium	USA	4	35
Christina Cook	Universidade Oxford	USA	4	299
Arjen Y. Hoekstra	Universidade de Twente	Holanda	4	103

Fonte: elaboração da autora com base no banco de dados *Web of Science* (2020).

Outro fator constatado é que há certa concentração de referências em alguns países. Por exemplo, os autores residentes nos países, como Estados Unidos (30,9%), China (15%) e Canadá (14,5%) são os que mais publicaram sobre SH, acredita-se que esse destaque esteja relacionado a uma maior quantidade de grupos de pesquisas, bem como a vinculação de autores de distintas áreas. Embora os respectivos países ora reportados sejam destaque no *ranking*, há outros que vêm produzindo nessa temática, conforme evidencia a FIGURA 4.

Figura 4 - Publicações por Países/regiões



Fonte: elaboração da autora com base no banco de dados *Web of Science* (2020).

No Brasil, mesmo sabendo da sua representatividade no que diz respeito a reservas de água doce superficial do mundo, o número de publicações sobre SH ainda é relativamente baixo (3,30%), pelo menos em termos internacionais, o que contribui para o fato do país estar em 12º lugar no *ranking*. No entanto, esperava-se uma postura mais proativa dos pesquisadores brasileiros no tocante à produção, ao invés de reativa, tendo em vista que, milhões de brasileiros não têm acesso aos serviços de saneamento, o que traz a necessidade de incentivar pesquisas relacionadas a essa temática.

A FIGURA 5 apresenta o mapa de “co-ocorrência” que demonstra os descritores mais mencionados pelos artigos acadêmicos pesquisados no banco de dados da “*Web of Science*”. Nota-se, que quanto maior o número de ligações e da proximidade entre os termos maior será a conexão entre os periódicos. O termo “*water security*” se encontra no centro da rede e conectada a todos os “*clusters*”, o que confirma o seguinte corolário: a SH é multidimensional e, portanto, tem conexões com outras áreas, ou seja, ela é inter, multi e

envolvendo SH estão diretamente relacionados para atender às necessidades humanas e de segurança alimentar.

O quinto grupo tem como elemento central o termo “*climate change*”, “*precipitation*” e “*environment*”. No sexto grupo, é possível identificar 8 termos que aparecem com maior frequência como: “*resilience*”, “*water resources*”, “*sustainability*”, nesse grupo os trabalhos estão relacionados com a SH como meio de se atingir a sustentabilidade. Por fim, dentre os 4 itens que estão associados ao último grupo, está relacionado com temas “*risk assessment*”, “*river-basin*” e “*water quality*”.

Desse modo, os resultados da pesquisa bibliométrica apontam para uma tendência crescente da produção internacional sobre a SH, com clara acentuação desde a década 2010. Os EUA e a China são os países com mais pesquisadores na área. Para além disso, evidenciou também a escassez de estudos de SH no Brasil, principalmente naquelas regiões onde há certa susceptibilidade a insegurança hídrica, bem como no Semiárido. O mapa de co-ocorrência demonstrou uma produção de trabalhos diversos distribuídas em sete grupos interligados e que discutem os aspectos da Segurança Hídrica de forma interdisciplinar.

2.2 Segurança Hídrica: Conceitos e Contextualização

Com base na seção 2.1, percebe-se que a crescente preocupação e o debate sobre o termo “*water security*” tem sido, nos últimos anos, referência para estudos de gestão dos recursos hídricos, motivados pela constatação de que o modelo de gerenciamento focado no corpo hídrico, considerado isoladamente é insustentável (JENSEN; WU, 2018).

Essa preocupação tem sido algo recorrente em vários países, e evidencia a necessidade de um planejamento integrado entre quantidade e qualidade da água para garantir a eficiência da SH, já que, segundo as projeções, em 2050 aproximadamente dois terços da população mundial estará sobre condições de estresse hídrico, com absoluta carência deste recurso (UNESCO, 2019b).

Os desastres ambientais ocorridos em diversas regiões do mundo fizeram emergir a discussão sobre segurança hídrica na literatura científica e institucional (GUNDA *et al.*, 2019). Dentro da literatura especializada sobre a gestão dos recursos hídricos existe o consenso de que a definição de segurança hídrica está em plena construção (COOK; BAKKER, 2012).

Quanto à abordagem, pode-se dizer que o conceito de segurança hídrica é polissêmico, pois se desdobra em uma grande variedade de aplicações, tendo sua finalidade relacionada aos objetivos investigados, onde as diferenças surgem das estratégias “escolhidas”,

das escalas adotadas, da hierarquização das dimensões e nas ênfases metodológicas empregadas (BOLOGNESI; GERLAK; GIULIANI, 2018). Dessa forma, o conceito de segurança hídrica origina várias abordagens conforme a área de aplicação em que é utilizada, como evidencia o QUADRO 1.

Quadro 1- Abordagens de segurança hídrica para diversas áreas de aplicação

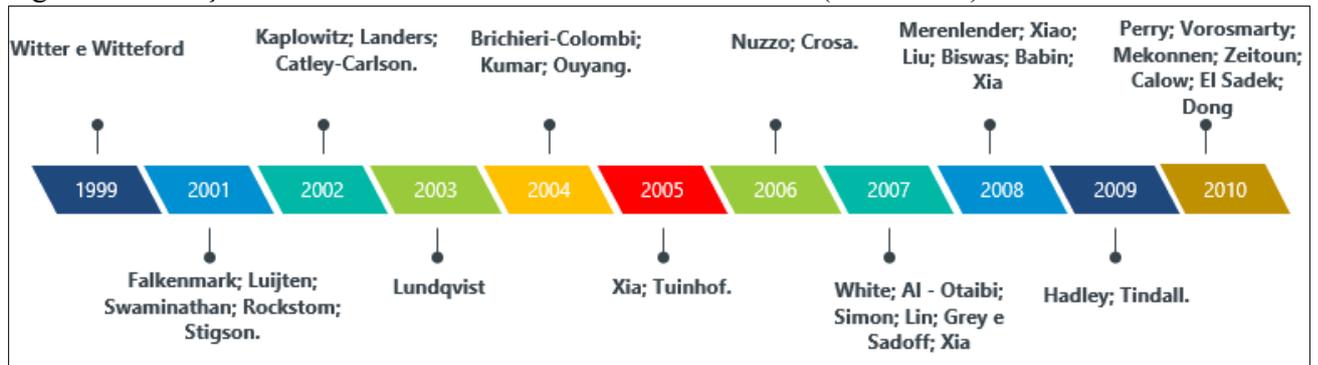
Área de aplicação	Foco ou conceito de segurança hídrica
Agricultura e Engenharia	Água como insumo na produção agrícola e para fins de segurança alimentar; Medidas relacionadas à redução dos riscos ambientais, tais como: inundações, secas e contaminação; Segurança no abastecimento público (satisfação da demanda).
Ciências ambientais	Acesso às funções e serviços da água para humanos e meio ambiente; Disponibilidade de água em termos de qualidade e quantidade; Redução dos impactos da variabilidade hidrológica.
Geociências, Hidrologia e Pesca	Variabilidade hidrológica, incluindo as águas subterrâneas; Segurança hídrica envolvendo todo o ciclo hidrológico.
Saúde Pública	Disponibilidade e acesso à água potável; Prevenção e avaliação de risco de contaminação nos sistemas de distribuição de água.
Antropologia, Economia, Geografia, Direito, Administração e Ciência política	Segurança da infraestrutura do sistema de distribuição de água potável; Água como insumo para produção de alimentos; para saúde e bem estar humano; Resolução de conflitos; Minimização da vulnerabilidade da população frente à variabilidade hidrológica; Abordagens interdisciplinares; Prevenção dos sistemas de distribuição contra eventos de cheia e estiagens; Desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos para assegurar o acesso aos serviços e funções propiciadas por este recurso.
Recursos hídricos	Escassez de água; Segurança da oferta (gerenciamento de demanda).

Fonte: Cook; Bakker (2012).

Essa análise demonstra a diversidade de disciplinas e abordagens que caracterizam as pesquisas acadêmicas sobre segurança hídrica. Nesse sentido, vários estudos relacionados à temática vêm avançando no tocante à adoção de diversas percepções relativas à Segurança Hídrica (SADOFF *et al.*, 2015; ZHANG *et al.*, 2019b), com destaque aos seguintes temas: a) segurança hídrica como oferta de água (LI *et al.*, 2017); b) segurança hídrica como vulnerabilidade humana à perigos e/ou danos (BOLOGNESI; GERLAK; GIULIANI, 2018); c) segurança hídrica para atender às necessidades humanas (HUSSEIN *et al.*, 2018); d) segurança hídrica como meio de se atingir a sustentabilidade (SUN; STADDON; CHEN, M., 2016).

Dentro dessa diversidade, os conceitos do termo “segurança hídrica”, emergem no final da década de 1990 e têm se alterado ao longo do tempo na literatura acadêmica (FIGURA 6). Porém, todas as definições destacam a preocupação com a capacidade de fornecer, de maneira acessível, água com qualidade e quantidade.

Figura 6 - Avanço do conceito de SH na comunidade científica (1999-2010)



Fonte: elaboração da autora com base no banco de dados *Web of Science* (2020).

De acordo com Witter e Whiteford (1999) a definição de SH “refere-se a uma condição em que existe uma quantidade suficiente de água, a um preço justo e a uma qualidade necessária para atender às necessidades humanas de curto e longo prazo para proteger sua saúde, segurança, bem-estar e características produtivas nos níveis local, regional, estadual e nacional” (WITTER; WHITEFORD, 1999 p. 14).

Grey e Sadoff (2007) incluíram o conceito de risco à SH, definindo-a como “a disponibilidade de uma quantidade e qualidade aceitável de água para a saúde, meios de subsistência, ecossistemas e produção, juntamente com um nível aceitável de riscos relacionados à água para as pessoas, ambientes e economias” (GREY; SADOFF, 2007, p. 569).

Segundo Bakker (2012) a definição de SH “inclui um enfoque conceitual sobre a vulnerabilidade, risco e resiliência; ênfase em ameaças, choques e pontos de ruptura; e enfoque na gestão adaptativa dada a previsibilidade limitada dos sistemas hidrológicos” (BAKKER, 2012 p. 4).

Adicionalmente, Mason e Calow (2012) asseveram que “SH significa ter água suficiente, em quantidade e qualidade, para as necessidades humanas (saúde, subsistência e atividades econômicas produtivas) e ecossistemas, combinado com a capacidade de acessar e usá-la, resolvendo os *tradeoffs*, e gerindo riscos relacionados à água, incluindo enchentes, seca e poluição” (MASON; CALOW, 2012, p. 18).

De maneira complementar ao debate conceitual, Jepson *et al* (2017) definiram SH como um: “processo dinâmico pelo qual os indivíduos, famílias e comunidades navegam nas relações hidro-sociais para garantir água segura e acessível de forma a apoiar o desenvolvimento sustentável das capacidades humanas em sua amplitude e alcance devendo atender a práticas culturais, identidades, normas e crenças” (JEPSON *et al.*, 2017, p.50). À vista disso, Maganda (2016) propõe um avanço na discussão acerca da SH para além da escassez hídrica e discute seu caráter normativo, definindo SH como:

“[...]uma condição normativa em qualquer lugar do mundo (países pobres e ricos) onde diferentes populações em qualquer nível (famílias, comunidades, bairros, estados, etc.) devem ter acesso à água suficiente e segura - e serviços de saneamento relacionados – para atender às necessidades de curto e longo prazo a preços acessíveis para uma vida mais saudável e produtiva, garantindo a proteção e o aprimoramento dos ambientes em territórios locais e estrangeiros” (MAGANDA, 2016, p. 686).

Dialogando com a pesquisa de Maganda (2016), Soyapi (2017) constata que o direito à água nos países em desenvolvimento e nos países desenvolvidos é muito desigual. Tal análise corrobora com a hipótese defendida por Grey e Sadoff (2007) na qual estabeleceram uma associação entre os países pobres *versus* hidrologia, derivando em três tipologias, a saber: i) países beneficiados com hidrologia, ii) países que são prejudicados pela hidrologia; e iii) países que são dependentes da hidrologia.

Destaca-se que, os países que permanecem como dependentes da hidrologia estão tradicionalmente entre os países mais pobres do mundo, pois enfrentam vários desafios hidrológicos, sociais e econômicos que estão no cerne da SH. Dessa forma, a SH poderia ser melhor alcançada através do estabelecimento de políticas públicas específicas relacionadas ao direito humano à água de uma determinada região (SOYAPI, 2017). Nesse perspectiva Staddon e Scott (2018) complementam que se deve entender melhor as diferenças e quais os desafios e vulnerabilidades enfrentadas diariamente dentro de algumas comunidades para o alcance da SH.

Além desses, vários conceitos de SH foram formulados por organizações internacionais e incluem a importância desse recurso para atender às necessidades básicas da população e para as atividades produtivas. No QUADRO 2 é apresentada uma síntese dos principais conceitos desenvolvidos por instituições com atuação global em políticas públicas que contribuíram para promover a SH.

Quadro 2 - Resumo dos principais conceitos de segurança hídrica desenvolvidos por instituições com atuação global

Instituições internacionais	Conceitos/ Referências
<i>World Wide Fund</i>	“Segurança hídrica significa garantir que ecossistemas de água doce, costeira e outros relacionados sejam protegidos e melhorados; que o desenvolvimento sustentável e a estabilidade política sejam promovidos; que cada pessoa tenha acesso a água potável suficiente a um custo acessível para levar uma vida saudável e produtiva, e que a população vulnerável seja protegida contra os riscos relacionados à água” (WWF, 2000, p. 1).
<i>WaterAid</i>	“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 os serviços dos ecossistemas locais, juntamente uma adequada gestão dos riscos inerentes aos desastres relacionados com a água” (WATERID, 2012, p.5).
<i>World Water Council</i>	“Segurança hídrica consiste, na garantia das necessidades essenciais do cotidiano como água para produzir alimentos, melhorar os rendimentos agrícolas, água limpa e segura para ajudar a reduzir doenças de veiculação hídrica” (WWC, 2013).
<i>United Nations</i>	"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 a poluição e desastres relacionados à água, e para preservação de ecossistemas em um clima de paz e estabilidade política" (ON-WATER, 2013, p. 1).
<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i>	“Segurança hídrica é gerir riscos associados à água, incluindo riscos de armazenamento de água, do seu excesso e poluição, assim como os riscos de enfraquecer ou debilitar a resiliência dos sistemas de água doce” (OCDE, 2013).
<i>Global Water Partnership</i>	“Aproveitar o potencial da água e combater os efeitos destrutivos da água, ou seja, os danos causados por inundações, secas, deslizamentos de terra, erosão, poluição e doenças transmitidas pela água” (GWP, 2014).

Fonte: Adaptado de Melo; Formiga-Johnsson (2017).

Todas essas definições implicam que a água seja gerenciada de maneira sustentável em todo o ciclo hidrológico e por meio de um enfoque multidisciplinar, para que isto contribua para o desenvolvimento socioeconômico e reforce a resiliência da sociedade para os eventos extremos (GUNDA; BENNEYWORTH; BURCHFILD, 2015).

Portanto, observa-se que a segurança hídrica é tratada como um conceito multidimensional (BEEK; ARRIENS, 2014), pois engloba múltiplas interconexões e dimensões interdependentes, tais como: hidrológicas, geográficas, econômicas, ambientais, sociais e políticas. Além disso, defende-se que a importância das dimensões pode variar, dependendo da situação e da gravidade do local analisado, adaptando-se às causas do problema e adequando sua escala de acordo com potencial hídrico de cada lugar, objetivando definir estratégias mais eficazes para a gestão dos recursos hídricos (GWP, 2014; DAHAL *et al.*, 2019).

De um modo geral, há ideias que convergem para uma tentativa de descrever a capacidade de um sistema socioecológico em lidar com um estressor, geralmente associado a um evento climático, desse modo deve-se levar em consideração uma série de dimensões-chave para SH em um país, conforme a FIGURA 7 (ONU, 2018).

Figura 7 - Dimensões-chave da Segurança Hídrica



Fonte: elaboração da autora com base na definição da ONU (2013).

Por exemplo, no contexto latino, segundo Peña (2016), a segurança hídrica costuma ser conceituada a partir de três enfoques principais: (i) referente à disponibilidade de água adequada em termos qualitativos e quantitativos para o uso humano, proteção dos ecossistemas e para fins produtivos (VOGEL *et al.*, 2015); (ii) capacidade institucional, financeira e de infraestrutura de acesso e aproveitamento dos recursos hídricos de maneira sustentável, considerando as interrelações e externalidades decorrentes dos múltiplos usos da água (GAIN; GIUPPONI, 2016); e (iii) adoção de um nível aceitável de risco para população, meio ambiente e economia em relação aos recursos hídricos (OCDE, 2013).

Dessa forma, a segurança hídrica passa a ser primordial, no que cerne às conexões com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), principalmente ao sexto objetivo: “Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos”, visto que esse é um fator determinante para a SH em vários aspectos, incluindo alimentação, energia, economia, meio ambiente e saúde pública, necessitando de um gerenciamento traçado na redundância, na adaptação e nos riscos de falha do sistema hídrico, em função das incertezas das mudanças climáticas (ENGELBURG, VAN; SLOBBE, VAN; HELLEGERS, 2019).

Um desses riscos é a seca, fenômeno recorrente das regiões áridas ou semiáridas. As constantes irregularidades climáticas que acometem a região foram durante muito tempo, usadas como justificativa da situação de pobreza e do atraso econômico desse território (ZHANG, X. *et al.*, 2019). Em função dessa irregularidade de chuvas no tempo e no espaço, a segurança hídrica da população e da economia do semiárido passou a ser fortemente dependente da implementação da infraestrutura hídrica (HUSSEIN; MENGA; GRECO, 2018).

Embora haja uma série de diretrizes básicas de gestão a serem adotadas visando à segurança hídrica, há ainda uma ideia tradicional utilizada pelos tomadores de decisão que está ligada exclusivamente a grandes projetos focados na infraestrutura hídrica “*hard-path*” (barragens, canais e adutoras), a fim de atender às grandes e crescentes demandas (GLEICK, 2003; NAZEMI; MADANI, 2018).

Por exemplo, no Estado do Ceará, essa ideia também pode ser verificada, no decorrer de mais de cem anos de construção de obras de reservação de águas de superfície, através de açudes de médio e grande portes, como forma de garantir a oferta hídrica, bem como para reduzir os efeitos dos eventos climáticos críticos de seca ou cheias (SRH, 2018). Apesar de tais intervenções estruturantes adotadas serem importantes, verifica-se o enfoque antropocêntrico, transcendendo, portanto, a visão meramente hídrica do problema (WAN *et al.*, 2016; WUIJTS; DRIESSEN; VAN RIJSWICK, 2018).

De forma complementar, a convivência com o semiárido deve estar associada às soluções “*soft water paths*”, ou seja, que estejam focadas numa visão ecossistêmica, entendendo que as secas não deveriam ser determinadas somente em função da quantidade de recurso disponível, mas sim pelo equilíbrio entre o clima, a hidrologia, a infraestrutura hídrica e a gestão da demanda (GLEICK, 2003). Malvezzi (2007) reforça que nessa região o problema não resulta apenas de condições pluviométricas adversas, mas do seu aproveitamento inteligente, de investimentos em tecnologias, na tomada de decisões descentralizadas e em políticas eficientes.

Acredita-se ainda que as dificuldades das regiões áridas e semiáridas estejam para além da aridez do clima e da escassez de água, tendo em vista a formação histórica baseada nas

desigualdades sociais que fincaram suas características neste espaço, tendo peso maior nos problemas vivenciados por essa população, desse modo, é preciso analisar essa má distribuição do recurso sob o modelo político que vem sendo adotado.

Mesmo levando em consideração a quantidade e qualidade da água em níveis adequados, existem outros problemas a serem enfrentados, que estão sendo apenas mitigados ao longo dos anos, que é a questão do acesso, da distribuição de água, da ocupação do uso do solo e da proteção das Áreas de Preservação Permanente – APP dos mananciais.

Nos últimos anos essa região vem enfrentando mudanças nos recursos naturais: a) perda de diversidade biológica; b) poluição dos mananciais devido ao uso inadequado de agrotóxicos; c) zonas elementares no ciclo hidrológico estão sendo destruídas (matas ciliares, rios e nascentes), comprometendo os recursos hídricos em termos qualitativos e quantitativos; d) má utilização dos recursos hídricos em alguns setores, como na irrigação, que apresenta um alto desperdício em algumas técnicas obsoletas; e) avanço da desertificação (VARIS; KESKINEN; KUMMU, 2017; BOLOGNESI; GERLAK; GIULIANI, 2018).

Consequentemente todos os desdobramentos das alterações no ecossistema resulta na diminuição da segurança hídrica local, pois o aumento da degradação do uso do solo intensifica ainda mais a exploração dos recursos hídricos e, como solução várias cidades têm buscado novas alternativas para atender a demanda de água em locais mais distantes, o que torna o processo mais oneroso, além de intensificar os conflitos durante o processo de transferência hídrica (HERRERA-PANTOJA; HISCOCK, 2015; JEPSON *et al.*, 2017).

Ademais, para agravar sobremaneira esses problemas, o crescimento populacional e as mudanças climáticas irão afetar a disponibilidade de água, devido às estiagens mais frequentes e mais severas (ARNBJERG-NIELSEN *et al.*, 2013). De modo a assistir a população atingida pelas secas, cabe aos gestores desenvolver, por meio de programas de políticas públicas que visem minimizar os impactos causados, a partir de diretrizes pautadas nas incertezas climáticas, na capacidade adaptativa e nos riscos de um colapso hídrico (KOMATSU *et al.*, 2010).

Dentre as tecnologias selecionadas para as estratégias “*soft water paths*” que contribuem para aumentar a resiliência das famílias à adversidade do clima da região, estão o gerenciamento da quantidade e qualidade; a conservação d’água através da Educação Ambiental, a proteção das nascentes, córregos, rios, lagoas (FLÖRKE; SCHNEIDER; MCDONALD, 2018); o uso de tecnologias para combate às perdas de água; diversificação da matriz hídrica (reutilização das águas residuais e das chuvas e de novas fontes de água com a dessalinização). Dessa forma, para que haja SH é fundamental estabelecer critérios a serem

adotados pelas políticas públicas e não se limitar apenas a escassez hídrica (LEEUWEN, VAN; KOOP; SJERPS, 2016).

No entanto, planejar respostas às secas a médio prazo requer o gerenciamento de uma abordagem holística e proativa que propicie a visão e análise dos diversos riscos, que seja capaz de propor ações sistemáticas antecipadas que permitam uma melhor convivência com o semiárido, amenizando as consequências da seca, garantindo uma maior segurança hídrica, alimentar e econômica para as atividades produtivas (ROCKSTRÖM *et al.*, 2009).

Ao longo dessa seção pôde-se observar que a definição exata do termo “Segurança Hídrica” tem se alterado ao longo do tempo, porém, todas as definições destacam a melhoria do bem-estar das populações, acesso confiável à água em quantidade e qualidade, desenvolvimento econômico e a conservação dos recursos naturais como elementos principais da segurança hídrica, onde as diferenças surgem da metodologia e do sistema socioecológico avaliado, incluindo um nível aceitável de riscos inerentes aos desastres relacionados com a água (BEEK; ARRIENS, 2014).

Neste contexto, avaliar a segurança hídrica no semiárido cearense é fundamental, pois as políticas públicas relacionadas à escassez dos recursos hídricos já implementadas foram pensadas como uma medida paliativa, sem considerar as heterogeneidades e a multidimensionalidade que a região e a SH detém, respectivamente, considerando os vários aspectos que envolvem as questões ambientais que condicionam a disponibilidade da água no ambiente, direitos de usos, cultura de usos e manejo da água que a população tem desenvolvido durante anos.

2.3 Segurança Hídrica no Brasil e no mundo

A presente seção tem por objetivo apresentar uma revisão de literatura sobre as principais ações desenvolvidas em prol da SH no âmbito Internacional, Nacional e no Estado do Ceará. No tocante ao contexto internacional será apresentada uma linha do tempo dos principais marcos desenvolvidos por instituições com atuação global em políticas públicas que contribuíram para promover a SH.

No contexto nacional, esse tópico versa sobre a evolução da Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), através de leis, decretos e regulamentos que subsidiaram no desenvolvimento de ações e programas estratégicos visando a SH. Por fim, no contexto cearense, também será evidenciado o cumprimento da PNRH, além de abordar sua relevância

para a efetividade das ações implementadas no Estado, considerando principalmente as características climáticas.

2.3.1 Segurança Hídrica e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável - ODS

A ação da comunidade internacional na área da Segurança Hídrica é importante tanto no nível intelectual quanto no institucional. A esse respeito, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) através do Programa Hidrológico Internacional (PHI) pode ser considerado o precursor do programa intergovernamental no campo da investigação sobre a água, gestão e capacitação em recursos hídricos. Ademais, as conferências internacionais, os fóruns, as cúpulas e as convenções contribuíram para a formulação de marcos institucionais, fortalecendo as capacidades nacionais e na implementação de outros programas relacionados com a gestão da água (BESBES *et al.*, 2018).

Dessa forma, o debate sobre a cooperação internacional no setor da água foi iniciado em Washington em 1967, na Conferência Internacional sobre "Água para a Paz". Em seguida, aconteceu a primeira Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, em Estocolmo, em 1972, considerada um marco na área de meio ambiente, por reconhecer os problemas ambientais.

Cinco anos depois, em 1977, foi realizada a Conferência da ONU sobre Água, em Mar del Plata, na Argentina, considerada referência nas discussões sobre recursos hídricos, cujo resultado foi o lançamento da Década Internacional de Abastecimento de Água Potável e Saneamento (1981-1990), que estabeleceu uma meta ambiciosa de garantir que "todos os povos, quaisquer que sejam seu estágio de desenvolvimento e suas condições sociais e econômicas, têm direito ao acesso à água potável em quantidade e qualidade à altura de suas necessidades básicas" (ONU, 1977, p. 1).

O Relatório de Brundtland, publicado em 1987, destaca o conceito de "água segura", na qual, refere-se ao fornecimento de água limpa e potável que não representa risco significativo à saúde para o consumo humano (OMS, 2004). Dando sequência, em 1992, aconteceu em Dublin a Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente, na qual foi declarado o princípio de que a água é um recurso finito e vulnerável, que deve ser atribuído valor econômico.

A proposta de criação do Conselho Mundial da Água foi defendida na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Eco-92), no Rio de Janeiro, cujo principal resultado foi a Agenda 21, documento que definiu os princípios orientadores para a

Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, a partir do Capítulo 18, que aborda sobre a “Proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos: Aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos”.

Em seguida, foi lançado o primeiro Fórum Mundial da Água, realizado em 1997, em Marrakesh, que reconhece a necessidade humana básica de ter acesso à água potável e ao saneamento e estabelece vários mecanismos para uso eficiente das águas. Em suma o fim da década de 1990 foi marcada por uma reunião realizada em Montreal, onde vários países preocupados com uma melhor distribuição da água fundaram o Conselho Mundial da Água (GWP, 2005).

No Fórum seguinte realizado em Haia no ano 2000, foi apresentado o resultado do documento “Visão Mundial da Água para o Século XXI”, sendo divulgada como a “Declaração de Haia sobre Segurança Hídrica” assinada por representantes do governo de 120 países. A referida Declaração Ministerial destacou sete desafios principais para à consecução da SH, a saber: *i)* Satisfação das necessidades básicas; *ii)* Garantia do abastecimento de alimentos; *iii)* Proteção aos ecossistemas; *iv)* Compartilhamento de recursos hídricos; *v)* Gerenciamento de riscos; *vi)* Valorização da água; e *vii)* Controle racional da água (DECLARAÇÃO DE HAIA, 2000).

Nesse mesmo Fórum a GWP definiu SH como: “a nível local ou global, cada pessoa tem acesso a água suficiente a um custo acessível para higiene e vida saudável e produtiva, assegurando simultaneamente que o ambiente natural está protegido e melhorado” (GWP, 2000, p.1).

Os fóruns seguintes foram realizados em Kyoto (Japão, 2003), Cidade do México (México, 2006), Istambul (Turquia, 2009), Marselha (França, 2012) e Gyeongju e Daegu (Coreia do Sul, 2015), todos esses encontros asseveram os princípios gerais da GIRH, estimulando a gestão participativa, o compartilhamento de informações e a adoção da gestão de riscos relacionados à água.

Em setembro de 2000, a Cúpula do Milênio das Nações Unidas se reuniu em Nova York, cuja comunidade internacional comprometeu-se a alcançar os oito Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) para o período 2000 a 2015 (ONU, 2015). Dois anos após a Cúpula do Milênio, realizou-se a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, em Johannesburgo, em 2002, que exigia o desenvolvimento de planos e gestão de recursos hídricos em várias escalas, reafirmando assim, as metas dos ODM (LAGO, 2006).

Além disso, no intuito de sensibilizar a população sobre a importância dos recursos hídricos, a Assembleia Geral da ONU, declarou em 2003, o Ano Internacional da Água Potável. Posteriormente, o Conselho Diretor Executivo, criou a “ONU Água” para acompanhar as ações desenvolvidas para alcançar o ODM – 7, relativo ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário (UN-WATER, 2014).

No entanto, na metade do prazo estipulado para a implementação do ODM, mais precisamente em 2008, o relatório da Organização Mundial de Saúde (OMS) abordou a situação da infraestrutura do sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário e revelou que o ODM - 7, estava prestes a ser alcançado, mas com enormes disparidades locais, pois “Dos 884 milhões de pessoas em 2008 que não tiveram acesso a fontes de suprimento melhoradas, 40% estavam na África Subsaariana, cuja situação é mais delicada para o saneamento, onde 2,6 bilhões de pessoas ainda não têm saneamento melhorado e as tendências indicam que esse número deve aumentar” (WHO, 2017, p. 21).

Em seguida, durante a Assembleia Geral, a ONU sancionou a Resolução nº 64/292 em julho de 2010, cujo direito à água e ao saneamento passa a ser formalmente reconhecido (ONU, 2010). Desde então, a partir de 2010 o conceito de SH começou a ser mais debatido pela comunidade internacional através dos organismos criados com atuação tanto em políticas públicas quanto por instituições relacionadas à promoção da gestão dos recursos hídricos, como por exemplo a *Global Water Partnership*, *Un Water*, *World Water Council*, *Organisation for Economic Co-operation and Development* e *WaterAid*.

Nos anos subsequentes, outros planos de desenvolvimento foram idealizados, a exemplo da Agenda 2030, elaborada em 2015, que reflete uma visão inovadora das Nações Unidas, visando alcançar os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2018). As ações para assegurar a Segurança Hídrica estão diretamente associadas com a Agenda 2030, especialmente ao ODS 6 “Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos” (FIGURA 8).

Figura 8 - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS



Fonte: (ONU, 2018).

Além disso, a SH está relacionada principalmente com a segurança na oferta de água para produção de alimentos (ODS 2 - fome zero e agricultura sustentável); com o sistema de saneamento eficientes (ODS 3 - saúde e bem-estar e ODS 5 - igualdade de gênero); para o funcionamento das indústrias e criação de empregos (ODS 7 - energia limpa e acessível, e ODS 9 - indústria, inovação e infraestrutura); com a preservação e sustentabilidade dos ecossistemas (ODS 11- cidades e comunidades sustentáveis; ODS 13 - ação contra a mudança global do clima; ODS 14 - vida na água e ODS 15 - vida terrestre) (ZHANG *et al.*, 2019a).

Dessa forma, o ODS - 6 é um elo fundamental para o alcance da SH, pois envolve quase todos os aspectos do desenvolvimento a saber: segurança alimentar, mudança climática, meio ambiente, gestão de risco de desastres. As metas e os indicadores mais importantes estão apresentados no QUADRO 3.

Quadro 3 - Metas e indicadores do ODS-6

ODS 6	Temáticas	Metas	Indicadores	Desafios
6.1	Acesso a Água Potável	Até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo a água potável e segura para todos.	Proporção da população (%) servida por um serviço eficiente e regular de oferta de água.	83,3% da população brasileira tem acesso a água potável, portanto cerca de 35 milhões de brasileiros não tem acesso a esse serviço. A maior parte dessa população tem baixa renda e vive em áreas caracterizadas por baixos indicadores de desenvolvimento humano (SNIS, 2012).
6.2	Saneamento e Higiene	Até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo ao saneamento e higiene para todos.	Proporção da população (%) servida por um serviço eficiente e regular de saneamento.	50,3% da população brasileira é atendida por serviços de coleta de esgoto, ou seja, 100 milhões de pessoas despejam seus esgotos diretamente nos corpos hídricos ou utilizam fossas sépticas (Instituto Trata Brasil, 2016).
6.3	Aumentar a qualidade da água, o tratamento e reutilização de águas residuais	Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição e aumentando o tratamento, a reciclagem e a reutilização segura das águas residuais.	Proporção de corpos de água (%) em boas condições ambientais.	Aumentar a qualidade da água é uma condição para que se consiga aumentar a disponibilidade do recurso. Verifica-se que apenas 42% das águas residuais são tratadas antes de serem despejadas nos corpos hídricos (ANA, 2017).
6.4	Aumento da eficiência no uso e segurança da oferta de água potável	Até 2030, aumentar a eficiência do uso da água em todos os setores e reduzir o número de pessoas que sofrem com a escassez de água.	Stress hídrico (%): Proporção entre a retirada de água e a disponibilidade hídrica.	Cerca de 48 milhões de brasileiros foram afetados por secas estiagens. 83% dessa população vivem na região Nordeste. Nesse sentido, problemas como a desigualdades regionais em termos de condições sociais, econômicas e ambientais representam grandes desafios para o país (WWF-Brasil, 2016).
6.5	Gestão integrada dos recursos - GIRH	Implementação da Gestão integrada dos recursos - GIRH.	Grau (%) de implementação das ações de gestão integradas dos recursos hídricos.	O desafio é contar com sistemas e mecanismos eficientes de governança. Promover maior eficiência operacional do SINGREH, em particular aos Comitês de Bacia Hidrográfica que é fundamental para garantir a implementação das ações da GIRH (ANA, 2017).
6.6	Proteger e recuperar os ecossistemas	Até 2030, proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos.	Proporção de ecossistemas (%) em boas condições.	Nos últimos anos, a maioria dos desastres ambientais foram causados por inundações, tempestades, secas, ondas de calor e outros fatores climáticos (UNISDR, 2015). Dessa forma é crucial reduzir as áreas degradadas que impactam os mananciais, reservatórios e nascentes.
6.a	Cooperação	Até 2030, ampliar a cooperação transfronteiriça e cooperação internacional, especialmente com países em desenvolvimento, no que se refere à GIRH e ao saneamento	Desembolso de recursos do orçamento do poder público (R\$) em ações correlatas ao serviço de saneamento.	O desafio dessa ação está intrinsicamente ligada a meta 6.5.
6.b	Participação	Apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, para melhorar a gestão da água e do saneamento.	Proporção de administrações locais (%) que promovam a participação das comunidades.	A participação dos Comitês de Bacia Hidrográfica é essencial para prevenir e resolver problemas relacionados a conflitos pelo uso da água.

Fonte: (ONU, 2018).

Por fim, no 8º Fórum Mundial da Água, realizado no Brasil em 2018, cujo tema foi: *Compartilhando Água*, foi lançada a Declaração Ministerial, intitulada "Chamado urgente para uma ação decisiva sobre a água" que assevera que todos os países precisam tomar medidas urgentes para enfrentar os desafios relacionados à Agenda 2030, especialmente ao ODS 6 (ANA, 2018).

Durante o evento foi realizada uma sessão específica para a implementação do Projeto Legado para a Gestão das Águas no Brasil, na ocasião foi discutida a Proposta de Emenda à Constituição Federal (CF) para reconhecer o acesso à água e ao saneamento como direitos humanos fundamentais, além de incorporar o conceito de segurança hídrica na seção sobre Meio Ambiente da referida CF. Ao final desse trabalho, foram identificadas 20 sugestões para aperfeiçoamento do marco constitucional dos recursos hídricos no Brasil, a exemplo o novo marco legal do setor de saneamento.

Entre outras questões, durante a Assembleia Geral das Nações Unidas também foi lançada a Década Internacional para a Ação, “Água para o Desenvolvimento Sustentável, 2018-2028”, chamando a atenção para os desafios a serem enfrentados acerca da disponibilidade de água. Além disso, incentivou a cooperação institucional entre governos e o setor produtivo a explorarem Soluções baseadas na Natureza (SbN) a fim de contribuir para o aperfeiçoamento da gestão da água (ONU, 2019).

Como fruto dessa ação, destaca-se o Compromisso Empresarial Brasileiro pela Segurança Hídrica, elaborado pelo Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável, no qual várias empresas reconhecem a importância do seu papel na redução da poluição e do consumo de água (CEBDS, 2019).

Para o aperfeiçoamento e consenso da temática, *Segurança hídrica para a paz e para o desenvolvimento* será o tema da próxima edição do Fórum Mundial da Água a ser realizado em Dakar, no Senegal em 2021 e abordará quatro pilares de atuação, a saber: (i) segurança hídrica; (ii) cooperação; (iii) inovação; e, (iv) água para a área rural.

2.3.2 Panorama internacional da Segurança Hídrica

Adicionalmente, para nortear o presente levantamento, tomou-se como base a literatura internacional que trata sobre algumas experiências exitosas em relação à utilização do termo SH como maneira de subsidiar o gerenciamento dos recursos hídricos. Sobre esse tema, apresenta-se a seguir uma breve revisão das principais medidas adotadas em alguns países.

Na Jordânia, além de possuir desafios característicos de países áridos e semiáridos, desde 1948, o país tem sido afetado por ondas de refugiados da Palestina, Líbano, Iraque e a Síria, e, portanto, sua situação hídrica tem sido muito crítica. Mas, somente através de leis rigorosas e por meio de implementação de programas adequados de segurança hídrica é que permitiu o país sobreviver e controlar seus escassos recursos hídricos de uma forma exemplar que pode ser aplicada também em outros lugares (UNESCO, 2019a).

Algumas medidas pró-ativas têm sido implementadas para aliviar os impactos das mudanças climáticas como: (i) técnicas avançadas de economia de água foram introduzidas no setor de irrigação para permitir o uso de menos água para a produção; (ii) realização de estudos para armazenar água em aquíferos subterrâneos em vez de armazenamento de superfície em barragens, a fim de minimizar a evaporação; (iii) reutilização de águas residuais; (iv) planejamento para a dessalinização da água do mar como uma medida de segurança para garantir a continuidade do abastecimento de água; (v) construção de açudes e escavações relativamente profundas para minimizar a evaporação; e, (vi) adoção do departamento de gestão de risco para combater as mudanças climáticas e as secas (IUCN ROWA, 2019).

Em Israel, é possível destacar alguns pontos que garantem a SH para os diversos usos no país. O primeiro deles é a diversificação da matriz hídrica, no qual o reuso é destaque especialmente para atividades agrícolas. Outro ponto de destaque é a infraestrutura para transporte de água, seja a água bruta para ser tratada e distribuída, seja o efluente proveniente do tratamento de esgoto para ser reutilizado em áreas agrícolas (SENOR; SINGER, 2009).

O arranjo institucional também se destaca, uma vez que toda a gestão dos recursos hídricos é centralizada em um único órgão, não havendo, portanto, sobreposição de competências. Por fim, o arranjo tarifário permite a manutenção e aprimoramento constante do sistema de provimento de água para suprir a demanda em um país com uma condição natural de escassez de água (SIEGEL, 2017).

Segundo Turner *et al.* (2019), na Austrália, a convivência com a estiagem prolongada impulsionou uma onda de inovações e envolvimento da sociedade para a redução de consumo de água, que chegou a níveis nunca vistos no país, permanecendo sob controle mesmo depois de um longo período de seca. Dentre algumas medidas destacam-se: (i) redução no consumo de água; (ii) tratamento e reuso da água; (iii) distribuição de restritores de fluxo em torneiras e chuveiros.

Além disso, a população obteve o benefício de trocar chuveiros ineficientes por equipamentos eficientes gratuitos em vários pontos de distribuição, além de descontos para aquisição e instalação de vasos sanitários, ar condicionado e máquinas de lavar com nível mínimo de eficiência especificado na embalagem (TURNER *et al.*, 2019).

Na Califórnia, a região se deparou com a necessidade inadiável de implementar políticas públicas relacionadas a SH. Algumas medidas foram focadas no aumento das tarifas de água e na aplicação de multas de US\$ 500 por dia a quem fosse flagrado desperdiçando água potável. Além disso, houve a substituição da vegetação que exige maior consumo de água por vegetação nativa e mais resistente à seca (ORTIZ, 2015).

Em Singapura, 100% da população é servida por água potável e esgoto tratado. Tais índices tornam Singapura um dos lugares mais eficientes em reaproveitamento de água. Para alcançar tal patamar, foram feitos vários investimentos no sistema hídrico para torná-lo mais resistente, especialmente para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas, tais como: reutilização das águas das chuvas, coleta e tratamento de água utilizada, redução de vazamentos, campanhas de conscientização e implementação de usinas de dessalinização (PUB, 2018).

O QUADRO 4 fornece informações adicionais sobre algumas cidades do mundo, que adotaram várias medidas nos processos de enfrentamento da estiagem e de construção de sistemas de recursos hídricos resilientes e sustentáveis.

Quadro 4 - Visão Geral de algumas medidas utilizadas para alcançar a SH

Cidade/ País	População da cidade	Fontes de Água	Principais Desafios	Inovações
Amã, Jordânia	4,1 milhões	44% (água subterrânea), 44% (água superficial), 12% (nascentes).	Escassez de água, crescimento da demanda, dependência de importação de água, conflitos e vazamento de água.	Medidas de conservação e reutilização da água, Dessalinização da água do Mar Vermelho.
Berlim, Alemanha	3,8 milhões	60% (água subterrânea), 29% (água superficial), 11% (recarga de aquífero).	Baixa qualidade da água	Melhorias na gestão de demanda e eficiência do sistema (redução de perdas)
Chennai, Índia	5,5 milhões	50% (água superficial), 32% (água dessalinizada), 17% (água subterrânea).	Infraestrutura precária, secas, competição por recursos, fornecimento desigual.	Dessalinização e reuso da água das chuvas.
Melbourne, Austrália	4,1 milhões	100% (água superficial)	Eventos extremos (secas prolongadas e inundações)	Canal de comunicação, plano inovador de reutilização potável de águas pluviais e dessalinização.
Cidade do México	8,9 milhões	66% (água superficial e subterrâneas), 34%	Infraestrutura precária,	Gestão integrada de SH e resiliência está sendo

		importada de outras regiões.	extração excessiva dos recursos naturais, fornecimento de água desigual e conflitos entre os usos.	desenvolvida para melhorar a confiabilidade, robustez e sustentabilidade do sistema de abastecimento de água.
Singapura, Ásia	5,6 milhões	40% (água superficial e subterrânea), 30% importada e 10% dessalinizada.	Dependência de importação de água.	Portal de comunicação entre governo e a população ("NEWater") e dessalinização.
Ulan Bator, Mongólia	1,4 milhões	93% (água superficial), 7% (água subterrânea)	Crescimento populacional, falta de infraestrutura hídrica (rede de distribuição, saneamento, etc.), fontes de água vulneráveis.	Integração do nexo energia x água

Fonte: elaboração da autora com base no trabalho de KRUEGER *et al.*, (2019).

2.3.3 Segurança Hídrica e arcabouço legal no Brasil

O marco legal que induziu à criação e à implementação da Política Nacional das Águas no Brasil pode ser identificado pelo Código das Águas, de 1934, através do Decreto 24.643, embora ainda seja considerado um texto exemplar na doutrina jurídica brasileira, esse instrumento careceu de avanços técnicos de gestão, relativos à preservação e utilização dos recursos hídricos (BRASIL, 1997).

Em virtude disso, esses recursos não apenas se tornaram mais escassos, considerando-se a relação da oferta e da demanda, principalmente nas áreas mais populosas, como também por sua qualidade ter se deteriorado, em função da poluição e da contaminação, além dos conflitos de uso no País.

O avanço do Código das Águas foi sucedido pela Constituição Federal de 1988, no caso específico da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (Lei nº 9.433/97), a questão hídrica teve guarida no Art. 225 da respectiva Constituição. A referida “Leis das Águas” trouxe uma nova perspectiva a respeito do tema “água”, pois passou a tratá-la não só como um bem privativo ou simplesmente no potencial energético que as águas poderiam gerar como no cerne do Código das Águas, mas passou a tratá-la como um direito fundamental à vida, um recurso limitado, dotado de valor econômico.

O QUADRO 5 apresenta os principais avanços e os desdobramentos a partir da promulgação da PNRH (BRASIL, 1997):

Quadro 5 - Níveis de análise da legislação que embasam a PNRH

Nível	Descrição
Fundamentos (são os alicerces sobre os quais a Lei está estruturada).	Art. 1º, inc. I: A água é um bem de domínio público;
	Art. 1º, inc. II: A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
	Art. 1º, inc. III: Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
	Art. 1º, inc. IV: A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
	Art. 1º, inc. V: A bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implementação da PNRH e atuação do SINGRH;
	Art. 1º, inc. VI: A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades;
Objetivos (são as metas a serem atingidas com sua aplicação).	Art. 2º, inc. I: Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
	Art. 2º, inc. II: A utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável.
	Art. 2º, inc. III: A prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.
	Art. 2º, inc. IV: Incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais.
Diretrizes (constituem os meios para, com base nos fundamentos, atingir os objetivos fixados).	Art. 3º, inc. I: A gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade;
	Art. 3º, inc. II: A adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País;
	Art. 3º, inc. III: A integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental;
	Art. 3º, inc. IV: A articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional;
	Art. 3º, inc. V: A articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo;
	Art. 3º, inc. VI: A integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e zonas costeiras.
Instrumentos de Gestão (são meios definidos pela Lei das Águas com o intuito de planejar e regular os usos e aproveitamentos das águas superficiais e subterrâneas).	Art. 5º, inc. I; Art. 6º, Art. 7º, Art. 8º: Os Planos de Recursos Hídricos;
	Art. 5º, inc. II; Art. 9º; Art. 10º: O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
	Art. 5º, inc. III; Art. 11º ao Art. 18º: A outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;
	Art. 5º, inc. IV; Art. 19º ao Art. 22º: A cobrança pelo uso de recursos hídricos;
	Art. 5º, inc. V; Art. 24. (vetado): A compensação a municípios;
	Art. 5º, inc. VI; Art. 25º ao Art. 27º: O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Fonte: elaboração da autora com dados da PNRH (1997).

Entretanto, a principal dificuldade observada nos anos subsequentes à aprovação da Lei nº 9.433/97, refere-se ao arranjo institucional do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), que carecia de um órgão com atribuição executiva para implementar a PNRH. Diante disso, a Lei nº 9.984/2000, que dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas (ANA), foi promulgada visando fortalecimento da PNRH, na qual vários órgãos e colegiados passaram a fazer o gerenciamento dos recursos hídricos de forma

descentralizada e participativa, formando o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) (BRASIL, 2000).

Cabe ressaltar que através do novo ordenamento institucional, Decreto nº 10.290 de março de 2020, a Agência Nacional de Águas passou a ser incorporada à estrutura regimental do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). Dessa forma, através do Decreto nº 10.000/2019 o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), órgão consultivo e deliberativo, passou a ser integrante da Estrutura Regimental do Ministério do Desenvolvimento Regional, ao qual compete “formular a Política Nacional de Recursos Hídricos, nos termos do disposto na Lei nº 9.433/1997, e no art. 2º da Lei nº 9.984/2000” (BRASIL, 2019).

Além disso, as atribuições referentes à Política Nacional de Recursos Hídricos, passam a ser desenvolvidas pela Secretaria Nacional de Segurança Hídrica (SNSH), através do Departamento de Recursos Hídricos e de Revitalização de Bacias Hidrográficas (DRHRBH). Após as alterações decorrentes do Decreto nº 10.290/2020 o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) passa a ser composto por (FIGURA 9):

Figura 9 - Estrutura do SINGREH

ÂMBITO	 CONSELHO	 GOVERNO	 ÓRGÃO GESTOR	 PARLAMENTO
NACIONAL	CNRH	MDR/ SNSH/ DRHRBH	ANA	×
ESTADUAL	CERH	Administração Direta	Entidades Estaduais	×
BACIA HIDROGRÁFICA	×	×	×	Comitês de Bacias

Fonte: Elaboração própria baseado no Decreto nº 10.290/2020.

Apesar dos avanços, no contexto brasileiro, não existem muitas publicações acadêmicas que reflitam sobre SH. Na legislação do país, apesar dos avanços contemplados na PNRH, no tocante à garantia da quantidade e à melhoria da qualidade da água, o conceito de SH ainda carece de legitimidade. Ressalta-se que o termo “segurança” é tratado na referida lei apenas quando alude à “Política Nacional de Segurança de Barragens” (BRASIL, 1997).

Além disso, a referida Lei não conceitua e não estabelece parâmetros de medição de forma clara, mas traz o conceito de SH embutido, aproximando, meramente como prioridade de abastecimento, como preconiza no Art. 1º, inc. III que “em situações de escassez, o uso

prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais” (BRASIL,1997).

Embora não se tenha prerrogativas na referida legislação para promoção da SH, esperava-se da União e dos Estados uma ação proativa no tocante à gestão da SH, ao invés de uma postura reativa. As intervenções reacionárias surgiram somente a partir da preocupação da comunidade internacional com a escassez hídrica, tendo em vista as mudanças climáticas.

A Conferência de Haia foi um marco para a gestão da SH, pois além de fomentar o conceito deliberou ações para o seu alcance, ficando sob a responsabilidade dos países a adoção uma série de fatores que demonstrem a complexidade que suplanta a mera garantia do combate à escassez de água.

Dessa forma, a construção de um arcabouço metodológico para SH no contexto brasileiro avançou de forma integrada entre o suprimento de água, demanda, qualidade e quantidade das águas, desde a introdução do conceito de Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (GIRH), na década de 1990 (DI BALDASSARRE *et al.*, 2013). Desse modo, a concepção da SH passa a ser um novo sustentáculo para a execução da GIRH de forma mais enérgica.

Apesar dos avanços da GIRH, observa-se que no tocante aos seus objetivos fundamentais, há limitações, pois é vista de forma “pragmática” e “tecnocrática” de tratar a água. Já a abordagem da SH apresenta uma proposta inovadora de relacionar os valores, indicadores, as dimensões hidrossociais e a capacidade adaptativa em lidar com os riscos relacionados a água (GERLAK; MUKHTAROV, 2015). Pode-se afirmar, que a GIRH tem ênfase no processo enquanto a SH evidencia nos resultados (BEEK; ARRIENS, 2014).

Beek e Arriens (2014) asseveram que o conceito de SH pode ser compreendido como o objetivo central da GIRH. Desse modo a coexistência desses dois conceitos fornecem soluções que implicam a necessidade de integrar quantidade e qualidade da água, considerando as várias dimensões políticas, sociais e ecossistêmicas.

Dessa forma, a GIRH e a SH devem ser consideradas complementares e não conflitantes, ou seja, devem dialogar com os marcos legais outrora institucionalizados, bem como os que estão por vir, a exemplo do Projeto de Lei nº 495/2017, cuja finalidade é a “criação de mercados de água como instrumentos destinados a promover a alocação mais eficiente dos recursos hídricos”. A PNRH dialoga com outras políticas públicas e conseqüentemente com outros diplomas legais que suplementam a SH, algumas desses instrumentos legais encontram-se no QUADRO 6.

Quadro 6 – Marcos legais acerca dos Recursos Hídricos no Brasil

Marcos Legais	Ementa
Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente.
Decreto nº 87.561, de 13 de setembro de 1982	Dispõe sobre as medidas de recuperação e proteção ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e dá outras providências.
Decreto nº 94.076, de 5 de março de 1987	Institui o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas - PNMH, sob a supervisão do Ministério da Agricultura, visando a promover um adequado aproveitamento agropecuário dessas unidades ecológicas, mediante a adoção de práticas de utilização racional dos recursos naturais renováveis.
Constituição Federal, 1988	Art. 6º. São direitos sociais a educação, a saúde, o trabalho, a moradia, a água, o lazer, a segurança, a previdência, a assistência aos desamparados, na forma desta Constituição.
Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997	Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.
Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000	Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.
Lei Federal nº 9.966/2000	Que dispõe sobre a Prevenção, Controle e Fiscalização da poluição por lançamento de óleo.
Lei Federal nº 9.984/2000	Criação da Agência Nacional de Águas (ANA).
Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005	Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
Lei n. 11.346 de 15 de setembro de 2006	Cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional, com vistas em assegurar o direito humano à alimentação adequada.
Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007	Esta Lei estabelece as diretrizes nacionais para o Saneamento Básico.
Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008	Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.
Resolução CONAMA nº 397, de 3 de abril de 2008	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.
Lei 12.187 2009	Que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC).
Lei nº 12.334/2010	Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4o da Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000.
Lei nº 12.608/2012	Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil.
Lei Federal nº 12.787/2013	Dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação.
Lei Federal nº 13.153/2015	Institui a Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca e seus instrumentos; prevê a criação da Comissão Nacional de Combate à Desertificação; e dá outras providências.
Lei nº 13.839, de 4 de junho de 2019	Prever, no conceito de segurança alimentar e nutricional, a ampliação das condições de acesso aos alimentos por meio das medidas que mitiguem o risco de escassez de água potável, bem como a formação de estoques reguladores e estratégicos de alimentos.

Decreto nº 10.000, de 3 de setembro de 2019	Dispõe sobre o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, órgão consultivo e deliberativo, integrante da Estrutura Regimental do Ministério do Desenvolvimento Regional.
Lei nº 14.026/2020	Estabelece o marco legal da Política Nacional do Saneamento Básico. A referida Lei dispõe sobre o novo marco legal do saneamento básico e atribui à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) a competência para editar normas de referência contendo diretrizes para a regulação dos serviços de saneamento básico, o que inclui abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais.

Fonte: elaboração da autora com dados do MMA (2020).

No QUADRO 7 consta uma definição jurídica acerca dos objetivos das principais Políticas Nacionais relacionadas com o conceito de SH proposto pela ONU (2013). Na essência todos se relacionam com o acesso à água em quantidade e qualidade tanto para o abastecimento humano quanto para as atividades produtivas. Além disso, também promove o controle da poluição e compatibilização da água para diversos fins e contempla a gestão do risco, tendo em vista à proposição de ações dirigidas ao aumento da resiliência diante de algum evento crítico, como enchentes e secas.

Quadro 7 – Síntese das interfaces entre os objetivos das políticas nacionais em termos dos aspectos SH

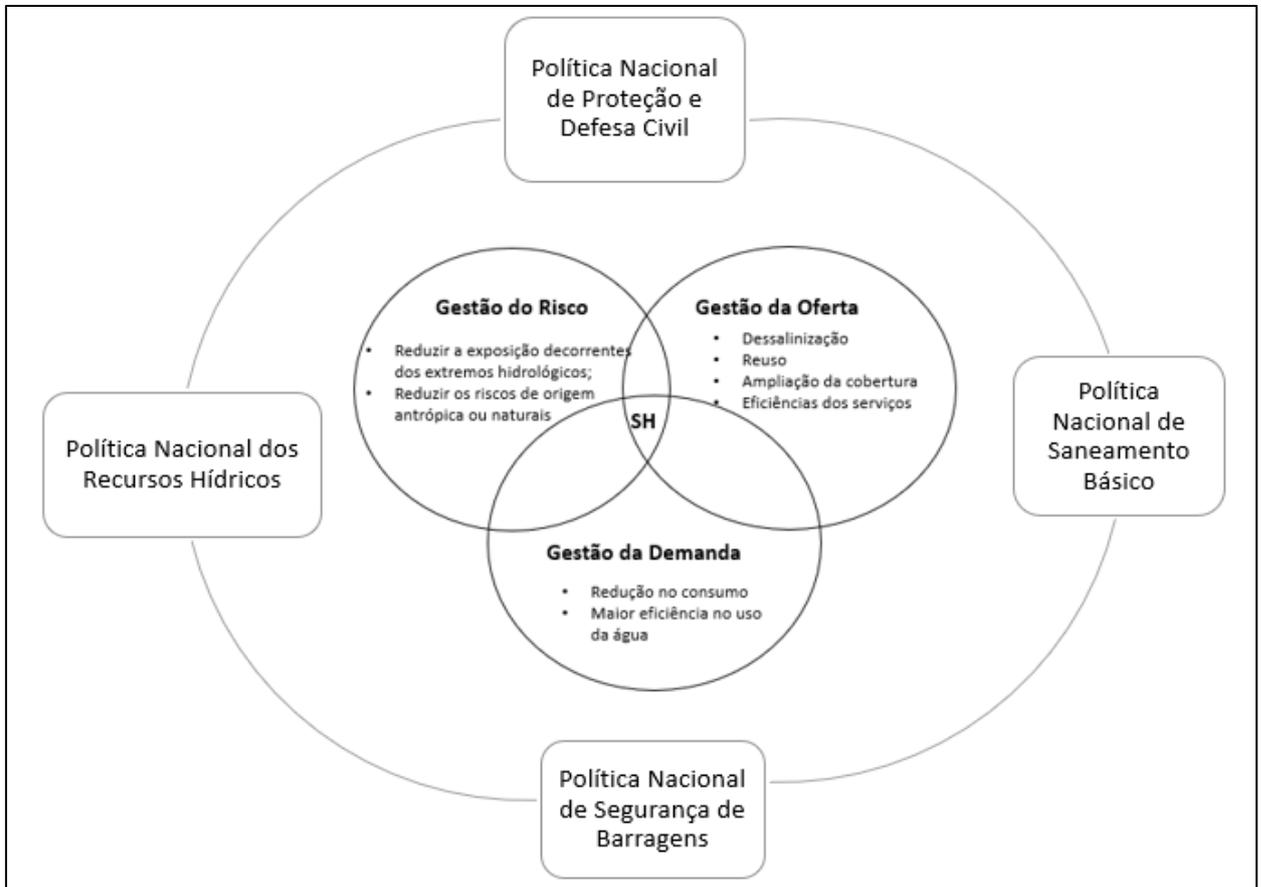
Política	Objetivo principal	Conceito SH
Política Nacional de Recursos Hídricos	Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos.	“A capacidade da população ter acesso sustentável à água em quantidade e qualidade adequadas para a manutenção da vida e do bem-estar humano, garantindo o desenvolvimento das atividades econômicas, garantindo a proteção contra doenças de veiculação hídrica e desastres associadas à água, bem como a preservação dos ecossistemas” ONU (2013).
Política Nacional de Proteção e Defesa Civil	Promover a identificação e avaliação das ameaças, suscetibilidades e vulnerabilidades a desastres, de modo a evitar ou reduzir sua ocorrência.	
Política Nacional de Saneamento Básico	Proporcionar condições adequadas de salubridade ambiental às populações rurais e de pequenos núcleos urbanos isolados.	
Política Nacional de Segurança de Barragens	Fomentar a cultura de segurança de barragens e gestão de riscos.	

Fonte: elaborado pela autora (2020).

Destaca-se que a legislação brasileira, como exposto no QUADRO 7, aborda vários temas relacionados com a SH que tem o diálogo interdisciplinar com a água. Dessa forma, promover a integração de várias políticas públicas, relacionando, por exemplo a Política Nacional de Recursos Hídricos com a Política Nacional de Segurança de Barragens, Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, Política Nacional do Saneamento Básico e com a Política Nacional do Meio Ambiente. Avançar na interrelação dessas políticas e suas nuances é o passo

fundamental para identificar as várias interfaces do conceito de segurança hídrica, conforme FIGURA 10.

Figura 10 – Interfaces da gestão dos RH e as principais Políticas relacionadas



Fonte: elaborado pela autora (2020).

Desse modo, a partir das interfaces apresentadas seria um equívoco tratar a problemática dos recursos hídricos unicamente pela falta de disponibilidade de água diante do aumento da demanda hídrica, mas, sendo necessário abordá-la, como uma questão relacionada à gestão da oferta, da demanda e do risco (WUIJTS; DRIESSEN; VAN RIJSWICK, 2018).

No Brasil, o risco de escassez é um dos fatores que mais ameaçam uma desejada situação de segurança hídrica. Dentre as principais causas que explicam a escassez dos recursos hídricos, destaca-se: a distribuição desigual de água entre as regiões, de modo que as áreas com maior abundância em água possuem baixa concentração populacional e outras regiões vivenciam longos períodos de estiagem (ZANELLA, 2014), como o quadro observado no país entre 2012 e 2017, “[...] quando 48 milhões de pessoas foram afetadas por secas e estiagens, principalmente na Região Nordeste e também nas Regiões Sudeste e Centro Oeste, que não eram comumente afetadas por secas” (ANA, 2019, p. 49).

Essa realidade evidencia que a questão da insegurança hídrica não é apenas um problema da Região Nordeste, pelo contrário, revela o quão necessário é a SH no Brasil, principalmente em virtude das mudanças climáticas.

Além disso, observa-se que a realidade da questão hídrica no Brasil é extremamente heterogênea e, portanto, a segurança hídrica carece de estudos que verifiquem a situação sob o prisma multidimensional, considerando as especificidades de cada Região e Município. No caso da Região Norte do país, por exemplo, possui grande abundância desse recurso e ao mesmo tempo apresenta os maiores índices de perda na distribuição de água. Já na região Sudeste, a qualidade da água e a condição sanitária dos mananciais é o ponto crítico que afeta o abastecimento e o bem-estar da população (KALIL; CHECCO, 2020).

O caso da região Nordeste é algo peculiar. Ela é, historicamente, a região brasileira mais afetada pela escassez de água, principalmente em função dos grandes períodos de seca. Nessa região a demanda por água tem crescido sem o restabelecimento hábil dos volumes hídricos e em paralelo, tem havido um declínio na qualidade da água. Essa combinação constitui grande vulnerabilidade em cenário de curto prazo, principalmente em Estados mais vulneráveis à escassez hídrica (BOLSON; HAONAT, 2016).

Embora já seja realidade em muitos estados, a SH caminha lentamente no país. O conceito de SH tornou-se mais evidente no Brasil a partir da última crise hídrica enfrentada por algumas cidades, principalmente da região Sudeste, o que colocou o assunto na agenda nacional, a exemplo da contratação para elaboração de um Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH) no ano de 2014.

O PNSH foi publicado apenas em 2019, fruto da parceria entre o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), a Agência Nacional de Águas (ANA) e o Banco Mundial. O PNSH aborda vários estudos, projetos e obras estruturantes (barragens, canais, adutoras), resultando em um investimento previsto de US\$ 6,5 bilhões. Esse Plano se configura como uma ação inédita no país e se alinha com o conceito de SH utilizado pela ONU (2013). Esse documento assume que a SH é alcançada quando:

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

Ao confrontarmos as definições propostas pela ONU - Água (2013) e pela ANA (2019) observa-se um retrocesso na abordagem utilizada no PNSH mesmo apesar dessa ter surgido seis anos depois (QUADRO 8). Enquanto a primeira ressalta a importância de se buscar uma abordagem mais integrativa a segunda elenca um portfólio de ações estruturantes para garantir a oferta de água para os usos múltiplos da água até 2035, além de não definir a dimensão de independência.

Quadro 8 – Comparação entre os conceitos de SH

Dimensões	UN-WATER (2013)	ANA (2019)
Humana	Acesso sustentável a quantidades adequadas de água de qualidade para garantir meios de sobrevivência, o bem-estar humano.	Disponibilidade de água em quantidade e qualidade suficientes para às necessidades humanas.
Econômica	Desenvolvimento Sócioeconômico.	Práticas das atividades econômicas.
Ambiental	Preservação de ecossistemas.	Conservação dos ecossistemas aquáticos.
Riscos	Proteção contra poluição e desastres relacionados à água.	Um nível aceitável de risco relacionado a secas e cheias.
Independência	Clima de paz e estabilidade.	-

Fonte: elaborado pela autora (2020).

No âmbito estadual poucos estados se mobilizaram para elaboração do plano de segurança hídrica, a despeito dos frequentes episódios de seca nas regiões Nordeste e Sudeste e de cheias na região Sul do Brasil. Diante do cenário do país, é de suma importância a implementação de medidas inovadoras e integradas que levem em consideração as especificidades geoambientais das cidades e dos estados. O QUADRO 9 apresenta uma análise das principais medidas de segurança hídrica adotadas nos estados brasileiros visando a redução da vulnerabilidade qualitativa e quantitativa dos sistemas hídricos.

Quadro 9 – Panorama da SH nos Estados brasileiros

Cidade/ Estado	Panorama da SH
São Paulo - SP	Lei nº 17.104/19: Instituiu a Política Municipal de Segurança Hídrica e Gestão das Águas, no âmbito do Município de SP. A respectiva lei é constituída por um conjunto de políticas, planos, programas, projetos e iniciativas relacionadas com a proteção, preservação, conservação, recuperação, manejo, prestação dos serviços públicos pertinentes e demais ações de interesse local concernentes às águas e respectivas áreas de interesse hídrico no território do Município de São Paulo. Lei nº 13.309/2002: Dispõe sobre o reuso de água não potável; Lei nº 13.276/2002: Dispõe sobre o aproveitamento de água de chuva (SÃO PAULO, 2019).
Curitiba - PR	Instituiu a Lei nº 10785/2003 que tem como objetivo instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas

	edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água (PARANÁ, 2003).
Maringá - PR	Lei 6345/2003 que tem a finalidade de diminuir a demanda de água no Município e aumentar a capacidade de atendimento da população (Programa de Reaproveitamento de Águas); Lei 6076/2003 que dispõe sobre o reúso de água não potável; Lei 6339/2003 que dispõe sobre a instalação de dispositivos hidráulicos destinados ao controle e à redução do consumo de água (PARANÁ, 2003).
Rio de Janeiro - RJ	A Secretaria de Estado do Ambiente - SEA, através da Subsecretaria de Segurança Hídrica e Governança das Águas (SUBSEGH), formula a política estadual de recursos hídricos e do planejamento da gestão das águas. Com isso, objetiva-se assegurar o apoio institucional e técnico aos comitês de bacia hidrográfica, ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos, principalmente na implementação dos instrumentos de gestão e nas temáticas de segurança hídrica e segurança de barragens (RIO DE JANEIRO, 2019).
Minas Gerais - MG	A Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) instituiu o Grupo de Acompanhamento da Situação Hídrica, através do Decreto nº 47.042/16. O referido Grupo tem quatro linhas de ação, a saber: governança, enfrentamento do período crítico, segurança hídrica, eficiência e sustentabilidade para o território do Estado (MINAS GERAIS, 2016).
Viçosa - MG	Lei nº 14.401/2001: Reduzir o desperdício na distribuição de água para consumo humano (MINAS GERAIS, 2016).
Cuiabá - MT	A Lei Complementar nº 389 de 03/11/2015 estabelece normas e diretrizes gerais e específicas sobre o Zoneamento, Uso, Ocupação e Urbanização do Solo no Município de Cuiabá. A referida Lei delimita como Zona de Segurança Hídrica - ZSH as áreas a montante e no entorno das instalações de captação de água bruta para tratamento e distribuição ao consumo humano, bem como a continuidade dos cursos hídricos (MATO GROSSO, 2015).
Espírito Santo - ES	A Lei Complementar estabelece normas gerais sobre a Política Estadual de Governança e Segurança de Barragens (PEGSB) cujo objetivo é o de promover ações que contribuam para o aumento da segurança hídrica com relação aos aspectos de disponibilidade de água para os diversos usos e segurança dos reservatórios no Estado (ESPÍRITO SANTO, 2019).
Recife - PE	Lei nº 16.759/2002: Institui a obrigatoriedade da instalação de hidrômetros individuais nos edifícios (controle do consumo de água); Lei nº 18.112/2015: Dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do "telhado verde", e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem (PERNAMBUCO, 2015).
Balneário Camboriú - SC	Projeto de Lei Ordinária N.º 226/2019 que institui a Política Municipal de Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável (SANTA CATARINA, 2019).
Ribeirão Preto - SP	Projeto de lei nº 56/2017, que institui a Política Municipal de Segurança Hídrica (SÃO PAULO, 2017).

Fonte: elaboração da autora com base nos marcos legais (2020).

2.3.4 Segurança Hídrica e arcabouço legal da Política Estadual de Recursos Hídricos no semiárido cearense

Diante do contexto hídrico do Ceará, no que se refere à legislação o Estado adotou vários instrumentos legais para garantir o abastecimento humano e as atividades socioeconômicas, no intuito de aumentar a resiliência da sociedade às secas.

O QUADRO 10 apresenta o resumo dos importantes marcos que contribuíram para efetivação da Política dos Recursos Hídricos no Ceará, entre elas, a Lei nº. 11.996/1992, que criou a Política Estadual de Recursos Hídricos e o SIGERH, a Lei nº 14.844/2010 que Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos no Estado do Ceará, a Lei Estadual Complementar nº 162/2016 relacionada à Política Estadual de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário e a Lei Estadual nº 16.033/2016 que dispõe sobre a Política de Reúso de Água Não Potável.

Quadro 10 – Marcos legais acerca dos Recursos Hídricos no Estado do Ceará

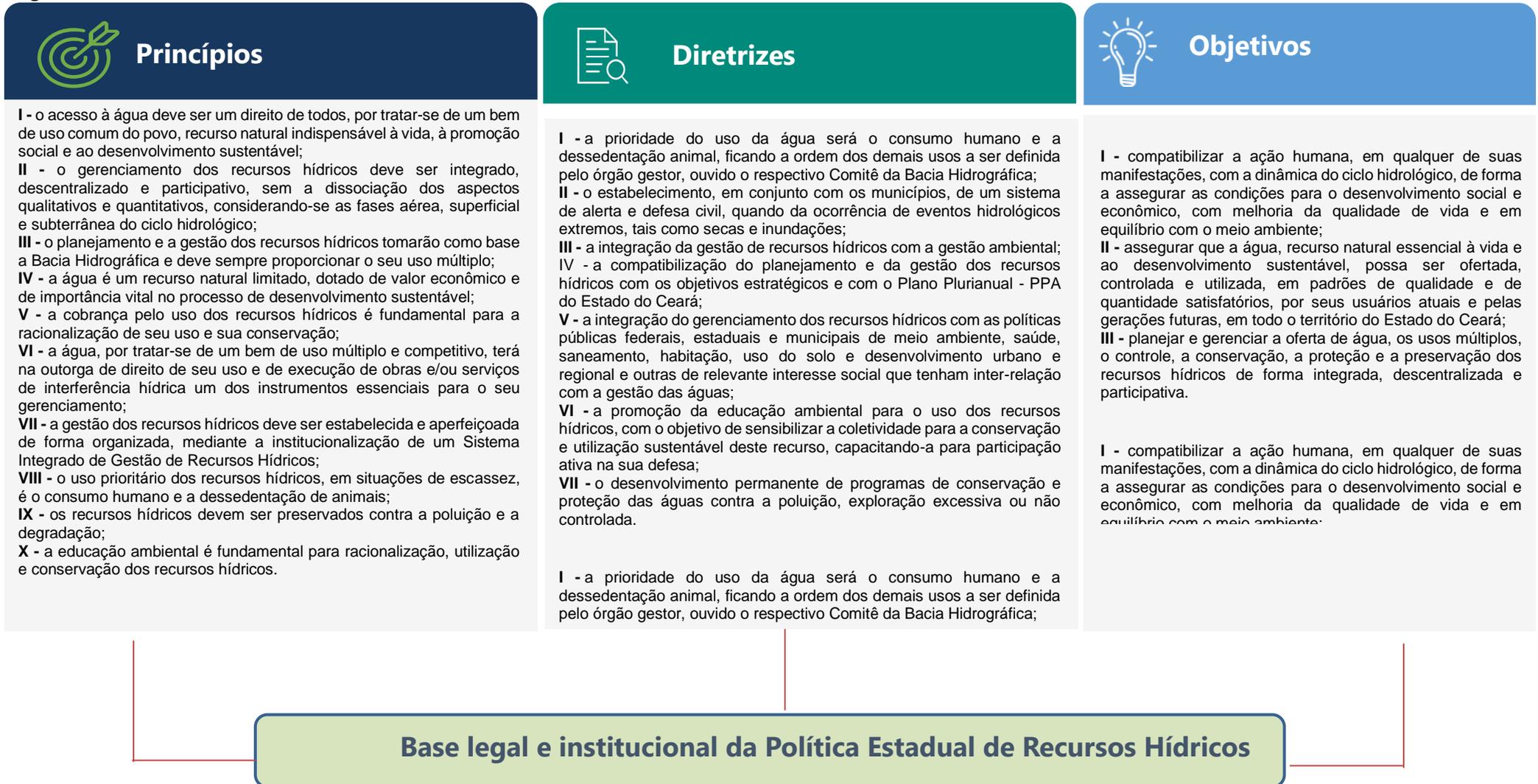
FASES	ANO	MARCOS LEGAIS
Fase Voluntarista	1856	Início das “medidas de salvação” caracterizada por ter ausência do aparato institucional na região para execução de ações.
	1877	Início de uma política de infraestrutura para nordeste (reservatórios, estradas, poços).
	1906	Construção do Açude Cedro.
Fase Hidráulica	1909	Criação, da Inspetoria de Obras Contra as Secas, dez anos mais tarde transformada em Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas.
	1945	Criação do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas.
Fase Hidroagrícola	1948	Criação da Comissão do Vale do São Francisco (CVSF), Banco do Nordeste do Brasil (BNB) e Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE).
	1970	Implantação a implementação dos perímetros de irrigação através do DNOCS.
Fase Gestão dos Recursos Hídricos	1971	Lei 9.499 de 20 de julho, que Cria a Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE; Fundação da empresa SIRAC, primeira empresa de consultoria na área de recursos hídricos no Ceará.
	1972	Lei Estadual nº 9.618 criação da Secretaria de Meio Ambiente (SEMACE) e a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).
	1979	Instituição do Conselho Estadual de Recursos Hídricos e Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos.
	1982	Criação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CONERH.
	1983	Lei nº.10.840 que institui o Conselho de Recursos Hídricos do Ceará e o Plano Diretor de Recursos Hídricos.

1984	Decreto nº 23.068 que diz respeito ao licenciamento para construção de novas obras hídricas no Estado do Ceará.
1987	Lei nº 11.306 que Instituiu a Secretaria dos Recursos Hídricos, da Superintendência de Obras Hidráulicas e a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos.
1988	O ponto de partida legal que induziu a criação e a implementação de uma política de gestão das nossas águas pode ser identificado na Constituição Federal de 1988.
1989	Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos (PLANERH)
1992	Lei nº. 11.996 criação da Política Estadual de Recursos Hídricos e o SIGERH.
1993	Lei nº 11.217, criação da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará (COGERH).
	Decreto nº 22.485 que Aprova o Regulamento da Secretaria dos Recursos Hídricos.
	Construção do Canal do Trabalhador.
1994	I Reunião de alocação de água (Vale do Jaguaribe).
	Decreto 23.047/94 – FUNORH.
1995	Lei nº 12.522 que define como áreas especialmente protegidas as nascentes e olhos d'água e a vegetação natural no seu entorno.
1996	Lei nº 12.664 que cria o Fundo Estadual Recursos Hídricos – FUNORH.
	Implantação dos Comitês de Bacia.
	Decreto 24.264 - Implantação da cobrança.
1997	Lei Federal PNRH nº 9.4333; Resolução nº 01/03 do CONERH.
2003	Decreto nº 27.271 – Cobrança para outros usos (Irrigação, piscicultura, carcinicultura).
2006	Construção do Açude Castanhão.
2008	Lei nº 14.198 que regula a Política Estadual de Combate e Prevenção à Desertificação.
	Decreto nº 29.373 que regulamenta a Lei 11.996/92 no tocante à cobrança pelo uso de recursos superficiais e subterrâneos.
2010	Lei nº 14.844 que Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos no Ceará.
2012	Decreto nº 31.076 que Regulamenta os Artigos 6º ao 13º da Lei Estadual nº 14.844 de 2010.
	Decreto nº 31.077 que Regulamenta a Lei Estadual nº 14.844 de 2010 quanto à proteção das águas subterrâneas.
2013	Decreto nº 31.165 que estabelece o Comitê Estadual de Segurança Hídrica.
2015	Lei nº 15.773 que dá Competência Órgãos Ambientais do Estado do Ceará.
	Decreto nº 31.723 que estabelece as Boas práticas de Uso da Água.
	Decreto nº 31.734 que dispõe sobre a Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos no Ceará.
2016	Lei nº 16.033 que institui a Política de Reúso de Água não Potável no Estado do Ceará.
	Lei nº 16.096 que dispõe sobre a Publicidade das Outorgas de Uso de Recursos Hídricos.
	Lei nº 16.103 que dispõe sobre a Tarifa de contingência pelo uso de Recursos Hídricos em situação de escassez hídrica.

Fonte: elaboração da autora com dados da SRH (2018).

No Estado do Ceará, pode-se verificar, por meio de uma análise contextual histórica, que houve uma consolidação de instrumentos legais responsáveis por introduzir formalmente o conceito de segurança hídrica. A preocupação em ampliar os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário passou a compor elementos atinentes à melhoria da eficiência desses serviços e da gestão institucional. A FIGURA 11 apresenta os principais avanços e os desdobramentos a partir da promulgação da Lei nº 14.844/2010, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos.

Figura 11 - Política Estadual de Recursos Hídricos



Fonte: Elaboração da autora com dados da Lei nº 14.844/2010.

Foram muitos os períodos de seca que marcaram a história dos Recursos Hídricos do Ceará, destacam-se os períodos de: 1877-78; 1987-1900, 1915, 1919; 1932; 1958; 1970, 1981-83, 1998, 2012-2017. Neste contexto, durante o período (1979-1983), o Governo do Ceará criou um grupo de trabalho para formular uma Política Pública de Recursos Hídricos, processo que resultou, na Lei nº 11.306/87 que institui a Secretaria dos Recursos Hídricos (SRH), órgão especialmente voltado para a condução da Política de Recursos Hídricos do Estado do Ceará. Conforme descrito na Art.6. da Lei 11.306/87, compete à SRH: (CEARÁ, 1987):

Art.6. Promover o aproveitamento racional e integrado dos recursos hídricos do Estado, coordenar, gerenciar e operacionalizar estudos, pesquisas, programas, projetos, obras, produtos e serviços tocantes a recursos hídricos, e promover a articulação das entidades estaduais do setor com os federais e municipais.

Outro instrumento de relevante importância na Política das Águas do Ceará foi criado através do Decreto nº 23.068/84 e diz respeito ao licenciamento para construção de novas obras hídricas no Estado do Ceará. Destacam-se, ainda, a existência de outros órgãos intervenientes à Secretaria dos Recursos Hídricos, como a Secretaria de Meio Ambiente (SEMACE), a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), criada a partir da Lei Estadual nº 9.618/72, porém só passou a ser vinculada à SRH através da Lei Estadual nº 11.380/1987, juntamente com a Superintendência de Obras Hidráulicas (SOHIDRA).

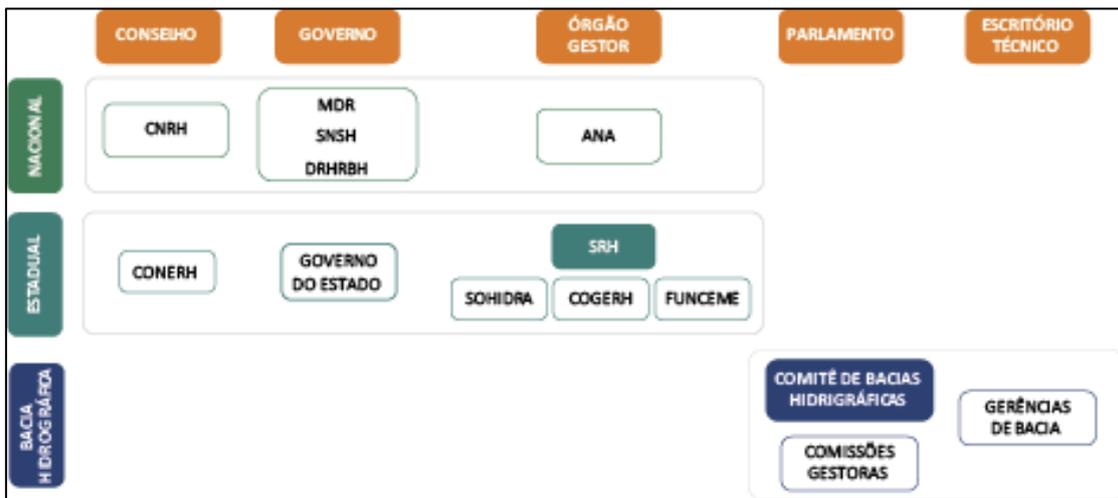
A legislação cearense relacionada à gestão dos recursos hídricos foi implantada, efetivamente, com a Lei Estadual nº 11.996/92, porém essa encontra-se revogada pela Lei nº 14.844/2010, que introduziu, na Lei anterior, avanços significativos, do ponto de vista legal e operacional com relação à Política Estadual de Recursos Hídricos, além do que instituiu o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PLANERH) e o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos (SIGERH).

Através da Lei nº 11.217/93 é criada a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará (COGERH), sociedade de economia mista voltada para o gerenciamento desses recursos e vinculada à SRH. A COGERH tem como finalidade implantar um sistema de gerenciamento da oferta de água superficial e subterrânea do Estado.

Nos últimos anos nas discussões relacionadas à Política de Recursos Hídricos no Ceará foram adotadas novas abordagens de gestão como: gestão participativa e integrada, criação de órgãos específicos e novas legislações. Caso do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH); 12 Comitês de Bacias Hidrográficas; 65 Comissões de Usuários e

Gestoras de Açudes; 3 Comissões de Acompanhamento de Sistemas Integrados, e organismos colegiados, os quais são conjuntamente responsáveis pela gestão participativa dos recursos hídricos no Estado. As organizações de caráter executivo são: a Secretaria dos Recursos Hídricos (SRH); Superintendência de Obras Hídricas (SOHIDRA) e a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), conforme FIGURA 12 (CEARÁ, 2018).

Figura 12 – Organograma do SIGERH



Fonte: Elaboração própria baseado no Decreto nº 10.290/2020.

Ao longo do tempo o Ceará avançou na implementação de importantes intervenções estruturais, representadas pelas obras de infraestrutura hídrica e ações não estruturais, identificadas como instrumentos de gestão. O QUADRO 11, apresenta diversos programas que vêm sendo desenvolvidos no período de 1995-2020, no intuito de promover uma maior segurança hídrica, alimentar e econômica para a população, bem como incentivar atividades produtivas do Estado do Ceará.

Quadro 11– Principais programas desenvolvidos no período de 1995 -2020

Programa	Principais Características
Programa de Desenvolvimento Urbano e Gestão dos Recursos Hídricos - PROURB-RH	Financiamento: BIRD US\$ 240.000.000,00 Período: 06/11/1993 a 31/12/2003 Finalidade: Estruturação do sistema estadual dos recursos hídricos e ampliação da infraestrutura hídrica do Estado.
Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos - PROGERIRH	Financiamento: BIRD US\$ 247.000.000,00 Período: 10/02/2000 a 30/06/2008

	Finalidade: Ampliação da infraestrutura hídrica do Estado, implantação de eixos de integração de bacias hidrográficas, elaboração de estudos e do Programa de Desenvolvimento Hidroambiental das Bacias Hidrográficas – PRODHAM.
Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos – PROGERIRH (Adicional)	Financiamento: BIRD US\$ 207.000.000,00 Período: 2009 a 2012 Finalidade: Ampliação da infraestrutura hídrica do Estado, através da construção de barragens e adutoras.
Programa de Desenvolvimento Sustentável de Recursos Hídricos para Semiárido Brasileiro – PROÁGUA	Financiamento: Governo Federal e BIRD Período: 1997-2002 Finalidade: Garantir a oferta de água em regiões castigadas pela seca, principalmente as do semiárido.
Projeto de Apoio ao Crescimento Econômico com Redução das Desigualdades e Sustentabilidade Ambiental do Estado do Ceará - PFORR	Financiamento: Banco Mundial Período: 2014 a 2018 Finalidade: Garantir a continuidade dos investimentos nas três bacias estratégicas do Estado (Metropolitanas, Acaraú e Salgado) de forma a promover um crescimento econômico que privilegie a inclusão social e seja ambientalmente correto.
Plano Estadual de Convivência com a Seca - Ações Emergenciais e Estruturantes	Em fevereiro de 2015 foi lançado o Plano de Convivência com a Seca, na qual delinea medidas emergenciais de curto e prazo e medidas estruturantes de médio e longo prazo para atuar nos eixos de segurança hídrica, segurança alimentar, benefícios sociais, sustentabilidade econômica e inovação.
Plano de Segurança Hídrica da Região Metropolitana de Fortaleza	Em setembro de 2016 foi lançado um conjunto de Medidas emergenciais do Plano de Segurança Hídrica: reforço no combate às perdas; perfuração de poços em prédios públicos e áreas de abastecimento crítico, aproveitamento do sistema hídrico do Cauhípe, aproveitamento do açude maranguapinho, sistema de reuso da lavagem dos filtros da Estação de Tratamento de Água – ETA Gavião, redução da oferta de água em 20% para as indústrias da Região Metropolitana de Fortaleza e plano de comunicação, informando e ressaltando a conscientização do uso racional da água.
Projeto de Apoio à Melhoria da Segurança Hídrica e Fortalecimento da Inteligência na Gestão Pública do Estado do Ceará (IPF)	Tem como objetivos a implementação de ações de aprimoramento das políticas e estratégias do Estado, reforço institucional, avanço do marco legal e organizacional do setor, medidas de suporte a uso de novas tecnologias e gestão de informação, além de investimentos massivos em obras de segurança hídrica e de saneamento.

Fonte: elaboração da autora com dados da SRH (2020).

Apesar da evolução da Política Estadual dos Recursos Hídricos, dar continuidade à sua efetiva implementação, continua sendo um grande desafio. O panorama dos recursos hídricos e o acompanhamento do quadro em cada ano é, sem dúvida, a maneira mais eficiente de monitorar a situação dos recursos hídricos, do ponto de vista da quantidade e da qualidade, e de avaliar a evolução da sua gestão.

Esse robusto modelo de governança dos recursos hídricos do Estado tem atuado com muito sucesso em evitar o colapso hídrico no Ceará diante de um dos mais prolongados períodos de seca de sua história. Nesse contexto, levando em consideração a extensão desses problemas e das características geoambientais do Estado, observa-se que a segurança hídrica dos municípios cearenses merece atenção rigorosa em termos de diagnóstico, mensuração e planejamento, bem como de um conjunto de indicadores específicos que possam representar a situação local.

Uma maneira crucial para avaliar tais questões ocorre por meio do uso de indicadores que meçam de forma robusta a SH. Dessa forma, no intuito de analisar a SH no Estado do Ceará, os indicadores e dimensões serão selecionadas a partir do conceito multidimensional de SH adotado pela ONU- Água (2013), conforme seção a seguir.

2.4 Índices e indicadores como ferramentas de avaliação da Segurança Hídrica

O debate sobre o planejamento da gestão dos recursos hídricos tem sido algo recorrente nos últimos anos na literatura acadêmica e merece uma atenção especial. Esse vem sendo realizado a partir da construção de indicadores para a elaboração de políticas públicas que garantam a boa governança do recurso (PERDICOÚLIS; GLASSON, 2011).

Dada a multidimensionalidade da SH, torna-se necessário o uso de indicadores para planejar em direção às necessidades de cada região, estado e em nível local (JEPSON *et al.*, 2017), de forma participativa e auxiliando os *stakeholders* a: i) focar a atenção para os problemas atuais e determinar ações de melhorias; ii) avaliar os resultados das medidas implementadas visando garantir a SH; e iii) comparar e promover o intercâmbio de experiências exitosas com outras regiões (GWP, 2014).

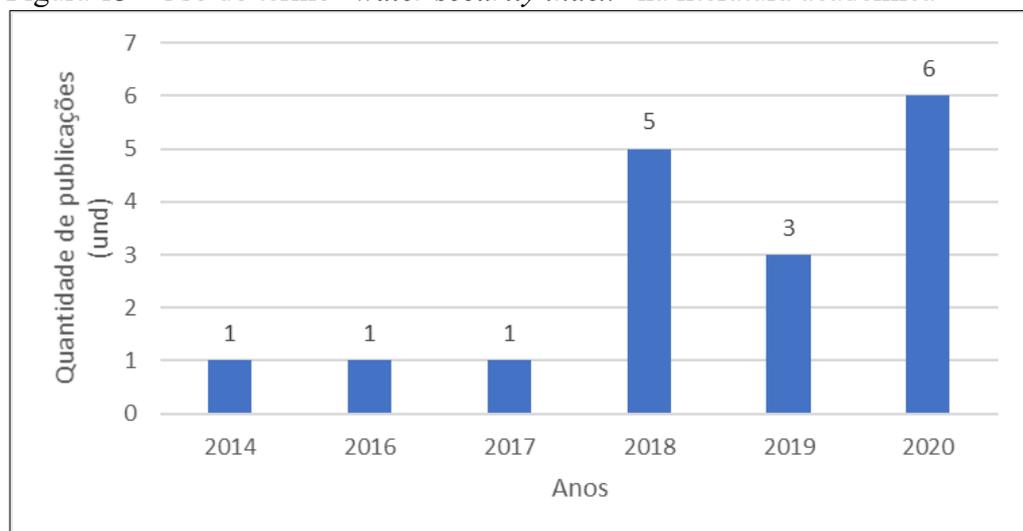
Esses indicadores têm sido utilizados devido a sua capacidade de refletir as rápidas transformações decorrentes das intervenções antrópicas, das mudanças climáticas e das vulnerabilidades. Dessa forma, os indicadores revelam-se de suma importância para os tomadores de decisão, uma vez que os mesmos podem ser úteis a fim de antever problemas,

evitando-se, assim, danos econômicos, sociais e ambientais (JEPSON *et al.*, 2017; HOEKSTRA *et al.*, 2018; JENSEN; WU, 2018).

Embora o debate sobre a SH seja datado no final da década de 1990, a quantificação do conceito por meio de indicadores teve somente início no ano de 2014, tendo em vista a evolução da literatura e a necessidade de mensurar nuances do planejamento para a elaboração de políticas públicas nacionais e internacionais (LEHTONEN, 2015a). A partir do referido ano teve-se aumento significativo na produção de estudos com essa proposta, embora a sua eminência tenha ocorrido por volta de 2018.

Desse modo, com vistas ao levantamento de publicações acadêmicas no banco de dados da plataforma “Web of Science”, pesquisou-se publicações que contivessem o termo “water security index” nas palavras-chave, nos títulos e nos resumos. A investigação contemplou o período de artigos publicados nos anos de 2014 a 2020. A partir da pesquisa obteve-se um resultado de 17 (dezesete) artigos, os quais foram lidos integralmente (FIGURA 13).

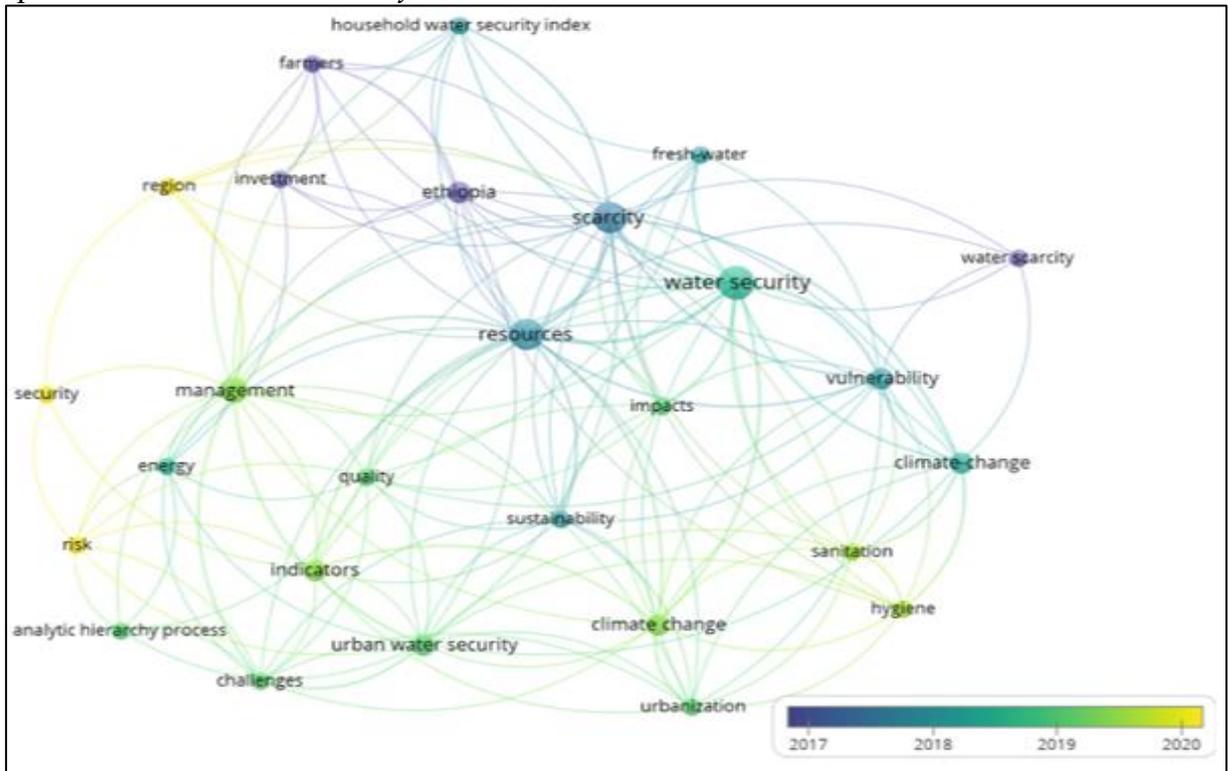
Figura 13 - Uso do termo “*water security index*” na literatura acadêmica



Fonte: elaboração da autora com base no banco de dados *Web of Science* (2020).

A FIGURA 14 apresenta o mapa de co-ocorrência que demonstra os descritores mais mencionados pelos artigos acadêmicos pesquisados no banco de dados da “*Web of Science*”. É possível identificar os termos que aparecem com maior frequência, tais como: “*water security*”, “*resources*”, “*scarcity*”, dentre outros.

Figura 14 - Mapa de co-ocorrência das palavras-chave mais utilizadas pelos autores, nos artigos aplicáveis sobre “*water security index*”



Fonte: elaboração da autora com *software VOSviewer* (2020).

Nas palavras chave em amarelo temos o interesse dos estudos mais recentes, na qual, envolvem: risco, segurança, aspectos regionais. Inicialmente a área de interesse estava voltado para a segurança hídrica na perspectiva da escassez de água em áreas rurais “*farmers*” e da “*Ethiopia*”. Em seguida houve a transição para a incorporação dos conceitos de sustentabilidade, vulnerabilidade e em seguida mudança climática e a preocupação com os aspectos de gestão “*management*”.

Falkenmark e Molden (2008) quantificaram a SH em termos de estresse hídrico e escassez de água. Vorosmarty *et al.* (2010), no seu estudo “Ameaças globais à Segurança Hídrica e a biodiversidade dos rios” analisou a SH através de 23 indicadores de ameaça aos rios do planeta sob quatro dimensões: distúrbios de captação, poluição, infraestrutura hídrica e fatores bióticos.

Sob outra perspectiva, Mason e Calow (2012) buscaram métricas para quantificar o conceito e de que forma a segurança hídrica pode ser medida. Nessa linha os autores identificaram cinco dimensões que estão atreladas ao conceito e que pode ajudar a estruturar no desenvolvimento de um quadro de métricas, a saber: (i) disponibilidade de água e capacidade efetiva (GREY *et al.*, 2013; SAHIN; STEWART; PORTER, 2015); (ii) gestão da variabilidade e do risco (GAIN *et al.*, 2016); (iii) satisfação das necessidades humanas (HAO *et al.*, 2015);

(iv) atenção as exigências ambientais (DADSON, Simon *et al.*, 2017); (v) capacidade institucional e gerenciamento de conflitos (ZHANG, X. *et al.*, 2019).

O Índice Nacional de Segurança Hídrica desenvolvido pelo Banco de Desenvolvimento Asiático (ADB, 2013) utiliza cinco dimensões que demonstram as principais tensões inerentes entre os diferentes usos da água, a saber: segurança da água doméstica, segurança econômica da água, segurança hídrica urbana, segurança ambiental da água e resiliência a desastres relacionados à água.

No Sri Lanka, Lautze e Manthirithilake (2012) quantificaram o índice de segurança hídrica em nível nacional focando em cinco dimensões: necessidades básicas; produção de alimentos; fluxos ambientais; gestão de risco; e independência. Além do mais, os indicadores têm sido relacionados como uma forma estratégica de formulação de diretrizes para os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2015).

Gain *et al.*, (2016) estabeleceram uma estrutura de critérios múltiplos para a avaliação global de SH. Esse quadro foi baseado nos indicadores da Agenda 2030 da ONU, que se concentra na disponibilidade hídrica; acessibilidade aos serviços; segurança e qualidade; e gestão. Babel *et al.* (2018) avaliaram o Índice de Segurança Urbana para Bangkok, capital da Tailândia. O ISH resultou na agregação de cinco componentes: segurança doméstica; segurança econômica; segurança hídrica ambiental; desastres relacionados à água; e governança e gestão.

Outro estudo similar foi desenvolvido por Jensen e Wu (2018) no qual propuseram um método baseado em indicadores relacionados aos principais desafios hídricos das sedes urbanas: à disponibilidade de água, acesso à água, riscos relacionados à água e capacidade institucional. A aplicação desse método em Cingapura e Hong Kong mostrou a característica dinâmica da SH, bem como a importância desse método na identificação antecipada das mudanças na SH e na avaliação dos impactos das estratégias implementadas pelos formuladores de políticas sobre os recursos hídricos.

Van Ginkel *et al.*, (2018) usaram uma estrutura baseada no modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PSIR) para a análise da segurança hídrica urbana. O ISH foi determinado usando 56 indicadores, incluindo pressões ambientais e socioeconômicas, qualidade da água, infraestrutura hídrica, abastecimento de água, saneamento, proteção contra inundações, planejamento, gestão operacional e organização institucional (ABOELNGA *et al.*, 2019).

Hoekstra *et al.* (2018) verificaram que a SH em sedes urbanas é diferente do conceito geral de segurança hídrica, pois possuem características específicas, como alta densidade populacional, dependência de recursos hídricos e governança hídrica complexa. Nas publicações acadêmicas do Brasil, destacam-se os trabalhos de: i) Melo (2016) que propõe um

modelo analítico para avaliação da SH nas áreas urbanas de Belo Horizonte - Minas Gerais; e ii) Machado (2018), que analisou um conjunto de indicadores de SH para a Bacia Hidrográfica do rio Jundiá – Mirim, São Paulo.

A abordagem da construção de indicadores de SH diverge de país para país e vem avançando nos últimos anos. O QUADRO 12 evidencia essa realidade na qual vários autores têm adaptado a sua proposta levando em consideração o contexto local, as características geoambientais e hidrológicas.

Quadro 12 - Índices existentes para avaliação da SH

Autores	Dimensões abordadas	Escala de Avaliação	Abrangência
Jensen and Wu (2018)	Disponibilidade de água, acesso à água, riscos relacionados à água e capacidade institucional.	Nacional	Cingapura
Babel <i>et al.</i> (2018)	Abastecimento de água e saneamento, produtividade da água, desastres relacionados à água, ambiente aquático, governança da água.	Municipal	Bangkok, Tailândia
Aboelnga <i>et al.</i> (2019)	Água potável e bem-estar humano, ecossistemas, Mudanças climáticas e perigos relacionados à água, aspectos socioeconômicos.	Sedes Urbanas	Madaba, Jordânia

Fonte: elaboração da autora com base no trabalho de Babel *et al.* (2018).

A maioria dos estudos acima mencionados foram realizados em nível nacional. Embora essa escala de avaliação seja importante para desenvolver uma visão geral da situação de SH, conforme publicado por Vorosmarty *et al.* (2010) as avaliações de SH em nível nacional podem mascarar as variações significativas da segurança em escala local, ou seja, um país pode ter segurança hídrica em relação a uma determinada dimensão em escala nacional, porém essa situação pode ser muito diferente quando considerada em escala local ou em bacias hidrográficas. Cook e Bakker (2012) também alertam sobre a análise em escala nacional, embora permitam conclusões importantes e úteis a serem traçadas, isso impede uma análise minuciosa da variação espacial e social da segurança hídrica. Isso é especialmente possível em países com grande extensão territorial como o Brasil.

Em suma, a partir do apanhado teórico conclui-se que nenhum ISH será exatamente igual. Outra característica é que não existe um conjunto de indicadores de segurança hídrica universal e algumas razões para isso são: i) trata-se de um conceito polissêmico que pode variar no tempo e no espaço (SRINIVASAN *et al.*, 2017); ii) nem todos os seus aspectos podem ser mensurados; dificilmente será captada em toda a sua abrangência (GUNDA *et al.*, 2019); iii)

dada a impossibilidade de obtenção de informações, cada sistema socioecológico a ser avaliado apresenta peculiaridades que demandam indicadores próprios (JEPSON *et al.*, 2017) e iv) os fatores físicos e econômicos sempre demandarão adaptações contínuas ao sistema hídrico local (SRINIVASAN *et al.*, 2017).

Além disso, na literatura, existem diferentes modos de classificação dos indicadores de segurança hídrica, a mais frequente é a classificação de acordo com a área temática da realidade social e dos recursos hídricos a que se referem. Esta classificação também pode ocorrer em mais de uma temática, segundo a prática de pesquisa e as propriedades intrínsecas do indicador (JANNUZZI, 2012). O QUADRO 13 traz as características dos índices e dos métodos mais utilizados na literatura na temática de recursos hídricos.

Quadro 13 - Características dos índices mais utilizados na literatura na temática de recursos hídricos

(Continua)

Estudos	Índice de Pobreza da Água (WPI)	Índice de Vulnerabilidade da Água (EVI)	Índice nacional segurança hídrica (NWSI)	Índice de insegurança da água (WII)	Índice de Sustentabilidade da Bacia Hidrográfica (WSI)	Índice de Vulnerabilidade dos Recursos Hídricos de uma bacia hidrográfica
Escala de aplicação	Nacional, Regional ou Bacia	Municipal	Nacional	Regional	Bacia hidrográfica	Nível da bacia hidrográfica ou local
Exemplos empíricos	África do Sul, Tanzânia e Sri Lanka.	87 municípios da bacia do rio Orange na África do Sul	Aplicado para comparar o desempenho da segurança hídrica na Ásia e na Região do Pacífico (49 países).	Foi aplicado em escala regional na Índia.	Bacia hidrográfica do Verdadeiro no Brasil e no rio Reventazón na Costa Rica	Bacia do rio Mekong
Dimensões identificadas	Recursos hídricos; acesso a água; usos da água; capacidade de gestão da água; e ambiental	Recursos hídricos, evento extremo, cobertura do solo, socioeconômica.	Segurança doméstica, econômica, urbana e ambiental e riscos de desastres relacionados à água	Recurso, acesso, consumo, capacidade, ambiente e estresse climático.	Hidrologia, meio ambiente, vida e política (subdimensões pressão-estado-resposta)	Recursos ambientais estressados, inseguranças ecológicas e desafios de gestão.
Seleção dos Indicadores	Método Delphi.	Pesquisas qualitativas e a partir de entrevistas (Método Delphi)	Estudos teóricos e consultas com especialistas.	Estudos teóricos e Análise fatorial.	Relevância e disponibilidade dos dados das bacias.	Revisão de literatura e estudos das bacias hidrográficas. Consulta aos especialistas.
Fontes dos dados	Primária	Secundária	Secundária	Primária	Secundária	Secundária

Quadro 13 - Características dos índices mais utilizados na literatura na temática de recursos hídricos

(Conclusão)

Estudos	Índice de Pobreza da Água (WPI)	Índice de Vulnerabilidade da Água (WVI)	Índice nacional segurança hídrica (NWSI)	Índice de insegurança da água (WII)	Índice de Sustentabilidade da Bacia Hidrográfica (WSI)	Índice de Vulnerabilidade dos Recursos Hídricos de uma bacia hidrográfica
Normalização	Os dados foram padronizados. (0 a 100); $xi - x_{min} / x_{max} - x_{min}$	Os dados foram padronizados. (0 a 100);	Os dados foram padronizados (0 a 100); $xi - x_{min} / x_{max} - x_{min}$	Os dados foram padronizados (0 a 100); $xi - x_{min} / x_{max} - x_{min}$	Tanto o quantitativo quanto o qualitativo indicadores foram divididos em cinco escalas pontuações (0, 0,25, 0,50, 0,75 e 1).Um valor de 0 é atribuído ao mais pobre nível 1 e condições ideais.	Todos os indicadores foram medidos de maneira que produz valores de 0 a 1.
Pesos utilizados para dimensões e subíndices	Os pesos são determinados de acordo com às necessidades e prioridades das partes interessadas locais.	Pesos especializados são usados para agregar os subíndices e para cada dimensão.	Pesos iguais	Pesos especializados são usados para agregar os subíndices e para cada dimensão.	Pesos iguais	Pesos iguais
Agregação	$WPI = (R + A + U + C + E) / 5$	$WVI = SDWV + DDWV$	$RWLI =$ média de seus componentes	Não se aplica	$WSI = (H + E + L + P) / 4$	$VI = (RS + DP + ES + MC) / 4$
Limitações	A aplicação do WPI é mais preciso em escalas menores (bacia hidrográfica ou nível municipal).	Dependência dos dados secundários e os pesos são considerados constante para todas as variáveis.	Disponibilidade dados secundários a nível nacional e pesos iguais.	Método de normalização baseado em pontuações mínimas e máximas	Nenhuma explicação do processo de escolha dos indicadores e pesos iguais	Dependente do bancos de dados disponíveis.
Referências	(Sullivan <i>et al.</i> , 2003)	(Sullivan, 2011)	(ADB, 2013)	(Aggarwal <i>et al.</i> , 2014)	(Chaves; Alipaz, 2007)	(Babel; Wahid, 2013)

Fonte: elaboração da autora (2020).

Ademais, vários estudos utilizam metodologias similares para medir a SH, porém alguns não diferem na seleção das variáveis, períodos e escalas. Nos últimos anos os estudos sobre indicadores de segurança hídrica têm aumentado de forma considerável, alguns deles: (VÖRÖSMARTY *et al.*, 2010; LAUTZE; MANTHRITHILAKE, 2012; GARRICK; HALL, 2014; SUN *et al.*, 2016; DICKSON *et al.*, 2016; HOEKSTRA *et al.*, 2018; JENSEN; WU, 2018; BOLOGNESI *et al.*, 2018; THAPA *et al.*, 2018; SHRESTHA *et al.*, 2018; RAY; SHAW, 2019).

Por fim, a seleção de indicadores não é uma tarefa fácil, pois não há uma fórmula pronta e seu recorte dependerá da disponibilidade dos dados (JANNUZZI, 2012). Algumas técnicas sofisticadas vêm sendo desenvolvidas, mas podem estar colocando em segundo plano a profundidade dos diagnósticos da realidade social das regiões estudadas. Dessa forma, bons indicadores podem ser selecionados a partir de referenciais teóricos e na identificação do estado do ambiente natural (LEHTONEN, 2015b).

Apesar do surgimento de distintos indicadores para medir a segurança hídrica, é preciso ponderar alguns critérios para a sua utilização. As técnicas existentes geralmente avaliam a SH usando a percepção dos tomadores de decisão sobre a influência de diferentes indicadores, que na maioria das vezes, contribuem para viés de seleção do método, já que cada região geográfica apresenta heterogeneidades e, portanto, carecem de uma avaliação horizontal e, *a posteriori*, a avaliação vertical. No caso dos municípios cearenses essa especificidade deve ser levada em consideração, pois mesmo a grande parte pertencendo ao semiárido, endogenamente apresentam características distintas.

Destarte, optou-se por aplicar o método Análise Fatorial (AF) pelo método de componentes principais, “técnica multivariada de interdependência que busca sintetizar as relações observadas entre um conjunto de variáveis inter-relacionadas, buscando identificar fatores comuns” (FÁVERO *et al.*, 2009, p. 235). Nesse sentido, vários autores utilizaram essa técnica em suas pesquisas para desenvolvimento de um índice agregado (ZHANG; WANG, 2014; RAJESH *et al.*, 2018; AHMADALIPOUR; MORADKHANI, 2018; UDDIN *et al.*, 2019; MORETTI *et al.*, 2019; HAAK; PAGILLA, 2020).

As vantagens do método na elaboração do índice agregado são: (1) agrega os principais indicadores que melhor representam as dimensões de segurança hídrica. (2) leva em consideração um conjunto de indicadores, mas centra-se naqueles que melhor representam as dimensões do estudo; (3) permitem identificar o estágio da segurança hídrica nas suas diferentes dimensões em uma determinada região. (4) permite atribuir pesos diferenciados às dimensões no momento da agregação.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Natureza da pesquisa e fonte dos dados

O estudo parte de investigação documental, com espectro geral interpretativo e crítico, conforme descrito em Lakatos e Marconi (2017). Este tipo de documento recorre a documentos originais, de fonte primária ou secundária que ainda não estão claramente definidos (GIL, 2020). Também possui uma natureza bibliométrica, levando em consideração que buscou averiguar o desenvolvimento acerca da temática, através da evolução das publicações (KOSEOGLU, 2016). A combinação de abordagens qualitativa e quantitativa aqui desenvolvida está ligada à representação da realidade. Intenta-se, desta forma, a compreensão do complexo água-gestão-desenvolvimento inserido em unidades sociais e definido no conjunto espaço-tempo.

Enseja-se na investigação esclarecer melhor a relação entre as variáveis associadas aos objetivos específicos do estudo. Uma eventual abordagem quali-quantitativa será direcionada à interpretação categorizada como tentativa de melhor representar a variedade de elementos empíricos ligados à percepção subjetiva, propiciando entendimento mais claro a pesquisa (PRODANOV; FREITAS, 2013).

A realização da pesquisa foi possível a partir do acesso a informações de natureza diversa e complementar, junto a diferentes instituições. O QUADRO 14 identifica as instituições consultadas e as informações obtidas em cada uma.

Quadro 14 – Obtenção de dados secundários

Instituição	Tipos de Informações
Agência Nacional de Águas - ANA	Diagnóstico e planejamento nas áreas de recursos hídricos e saneamento dos municípios no Ceará.
Companhia de Gestão de Recursos Hídricos - COGERH	Monitoramento dos reservatórios, Comitês de bacias Hidrográficas.
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE	Pesquisa de Informações Básicas Municipais – MUNIC.
Instituto de Pesquisa e Estatística Econômica do Ceará - IPECE	Indicadores socioeconômicos e geográficos sobre os municípios cearenses
Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME	Dados meteorológicos e ambientais dos municípios.
Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil - MAPBIOMAS.	Consulta a cobertura e o uso do solo nos municípios.
Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS	Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto.

Fonte: elaboração própria (2020).

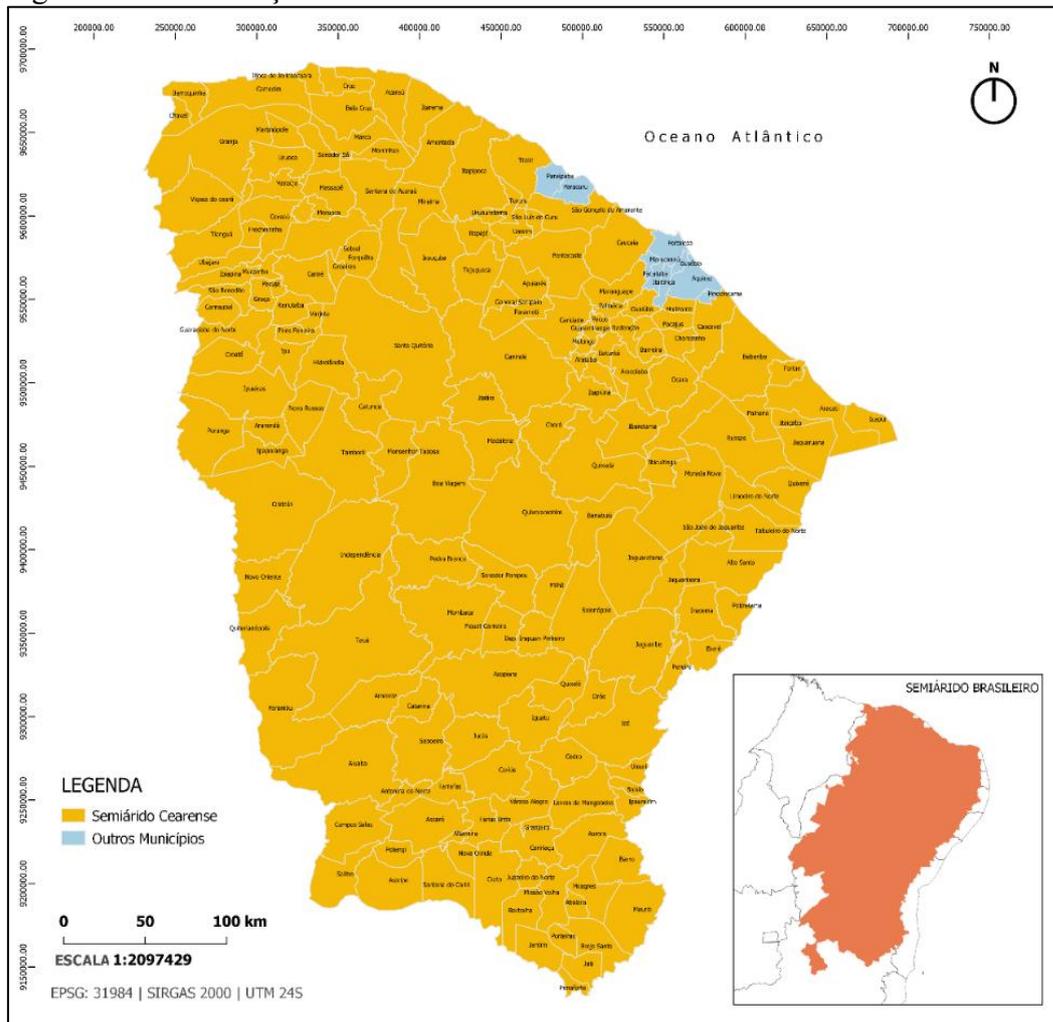
3.2 Área de estudo e características geoambientais

Apesar da bacia hidrográfica ser a unidade de planejamento no âmbito da política dos recursos hídricos, este estudo adotou como unidade de observação os municípios do Estado do Ceará como sistema socioecológico a ser avaliado. A opção pelo recorte municipal se trata de uma facilidade operacional por não existirem dados socioeconômicos agregados para o nível de bacias hidrográficas.

Além disso, optou-se pela escala municipal por se tratar de uma esfera que permite uma melhor visualização da heterogeneidade local decorrente da vulnerabilidade social e climática. Para elaboração do ISHCE, tornou-se relevante conhecer alguns aspectos demográficos acerca do Estado e o modo como está estruturada a Política de Recursos Hídricos do Ceará.

O Estado do Ceará situa-se na região Nordeste do Brasil e apresenta uma área de 148.826 km², (184 municípios), destaca-se por ser bastante populoso com, aproximadamente, 9 milhões de pessoas (IPECE, 2019). Cerca de 98,7% do território cearense (equivalente a 175 municípios do Estado) encontram-se inserido no Semiárido (CUNHA *et al.*, 2019), assim como os demais estados inseridos no Semiárido, apresenta área onde o *déficit* hídrico é acentuado e depende principalmente das chuvas para que sua população possa ter acesso à água (FIGURA 15).

Figura 15 - Delimitação do Semiárido Cearense



Fonte: elaboração própria adaptado com os dados da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE (2018).

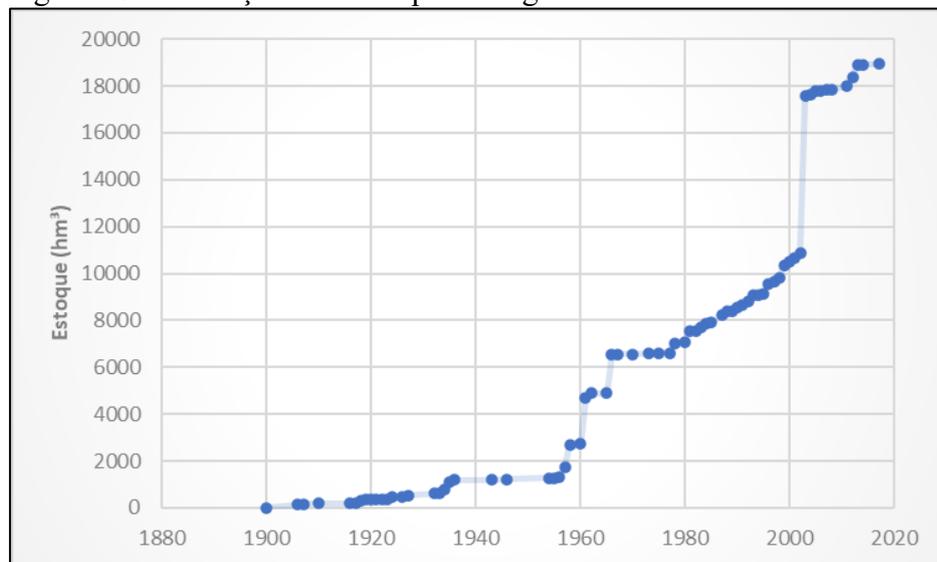
O Estado cearense é um região caracterizada pelo clima Semiárido quente, com chuvas mal distribuídas durante o ano, o que compromete a eficiência hidrológica dos reservatórios (CHAVES, 2015). Outras características marcantes do Semiárido cearense são a vegetação marcada por árvores baixas e arbustos ramificados, com espinhos, acúleos e folhas pequenas (FERNANDES; QUEIROZ, 2018). Nesta pode-se definir basicamente duas classes de substratos, “solos provenientes do embasamento cristalino pré-cambriano e sobre a cobertura arenosa das bacias sedimentares” (COSTA *et al.*, 2015, p.685).

Ademais, tem-se que a disponibilidade hídrica do semiárido resulta da associação entre elementos de natureza geológica, tais como a ocorrência de substrato cristalino, e de natureza climatológica, através da escassez e má distribuição das chuvas. Tais condições deixam grande parte do Ceará em estado de maior vulnerabilidade aos fenômenos de seca (MAIA *et al.*, 2017). Além disso, a deterioração da qualidade da água provocada pelo

lançamento de esgotos domésticos; o baixo nível de consciência ambiental e a estrutura fundiária concentradora de renda, acabam influenciando as condições econômicas e sociais dos municípios inseridos nessa área.

O Ceará vem desenvolvendo ao longo de décadas uma política de açudagem cujo objetivo principal é aumentar a capacidade de água e suprir suas necessidades hídricas. Atualmente, o Estado tem uma capacidade de armazenamento de 18,6 bilhões de m³. A evolução temporal dos estoques é mostrada na (FIGURA 16).

Figura 16 – Evolução dos Estoques de água no Ceará



Fonte: SRH (2020).

De acordo com a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, o Ceará foi dividido em 12 Bacias Hidrográficas (Acarauá, Coreaú, Litoral, Curu, Metropolitana, Poti-Longá, Alto Jaguaribe, Médio Jaguaribe, Baixo Jaguaribe, Banabuiú, Salgado e Serra da Ibiapaba (SRH, 2017). A COGERH monitora 155 reservatórios estratégicos, o que representa mais de 95% de toda reserva hídrica superficial, sendo os maiores reservatórios: i) Castanhão (6,7 bilhões de m³); ii) Orós (1,9 bilhões de m³); iii) Banabuiú (1,6 bilhões de m³); iv) Araras (0,89 bilhões de m³); e v) Figueiredo (0,52 bilhões de m³) totalizando aproximadamente 61% de toda capacidade de estocagem do Estado (COGERH, 2020).

No entanto, apesar da evolução da Política Nacional dos Recursos Hídricos o Estado do Ceará continua apresentando os mesmos problemas de distribuição e acesso à água. Dessa forma, é imprescindível adotar ações que promovam a melhoria das atuais medidas de

gestão, incentivando a adoção de um manejo das águas mais adequado, principalmente nas localidades onde as populações são mais vulneráveis.

A Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 9.433/97, estabelece que não compete aos municípios legislar sobre os recursos hídricos, estes somente têm poder de fiscalizar e protegê-los. Nesse sentido, o presente estudo busca enfatizar a importância dos municípios nesse processo, uma vez que o atual modelo de gestão, com base na bacia hidrográfica (não que seja um ponto negativo, porém diminui a autonomia administrativa nas questões das águas dentro dos territórios municipais) incita a omissão desse ator como unidade integrante e também gestora dos recursos.

Sobre a gestão dos recursos hídricos, aos municípios compete legislar sobre assuntos de interesse local e complementar à legislação federal e estadual. Segundo Totti e Carvalho (2006) os municípios não teriam atribuição de tratar da conservação das águas, no entanto, a quantidade e qualidade da água depende da implementação de políticas ambientais e de legislações existentes, com referência principalmente ao ordenamento do território do município (MARINATO, 2008, p. 38).

3.3 Construção do Sistema de Indicadores de SH - Escala Municipal

O principal conceito tratado na pesquisa foi Segurança Hídrica, admitido como sendo a condição capaz de garantir o acesso sustentável da quantidade da água e da qualidade aceitável para o abastecimento de água para a população, associado a um determinado risco de escassez.

Trata-se, portanto, de um conceito multidimensional que pode ser decomposto em três dimensões: Abastecimento de água, Hidroambiental e Institucional, que por sua vez compreendem um sistema de indicadores. A definição desses indicadores foi o ponto de partida para a mensuração da segurança hídrica nos municípios do Ceará. Para tanto optou-se por realizar inicialmente o levantamento bibliográfico com base nas etapas propostas por Lakatos e Marconi (2017), conforme evidencia o QUADRO 15:

Quadro 15 - Procedimento técnico utilizado nas etapas da revisão bibliográfica

Etapas	Descrição
Escolha do tema	A segurança Hídrica foi escolhida em função da necessidade de aprofundamentos teóricos na sua elaboração.
Elaboração do plano do estudo	Esquematizou-se a estrutura deste estudo, contendo as divisões, subdivisões e a definição dos termos, de acordo com o objetivo geral.
Identificação dos dados	Houve a seleção da base de dados, conforme as palavras-chave: <i>water security index, aggregation, indicators, factor analysis</i> .
Localização	Selecionou-se a base de periódicos com auxílio das palavras-chave aludida. Os critérios de seleção abrangem o nível de impacto das publicações, a disponibilidade da bibliografia e a qualidade das discussões.
Compilação	A compilação ocorreu por meio de arquivo eletrônico agrupando as informações por semelhanças e afinidades com o tema.
Fichamento	As informações das bibliografias analisadas foram organizadas em quadros abrangendo, por exemplo, o autor e ano, objetivo do estudo, principais resultados e limitações.
Interpretação dos resultados	Analisaram-se as referências do fichamento com rigor científico.
Elaboração	A escrita ocorreu por meio da descritiva-textual.

Fonte: elaboração própria adaptado de Lakatos e Marconi (2017).

A priori, realizou-se uma busca interativa no Portal de Periódicos da CAPES para proceder a escolha da plataforma onde seriam levantadas as publicações acadêmicas relacionadas com os objetivos gerais deste trabalho. Dessa forma, as bibliografias utilizadas na revisão de literatura foram pesquisadas no *site* da *Web of Science*, pelo motivo dessa consistir em uma base de dados internacional, multidisciplinar e que indexa os periódicos mais citados em suas respectivas áreas de conhecimento.

O levantamento foi iniciado no mês de julho de 2019, e definiu a escolha de busca em duas etapas: na primeira pesquisou-se publicações que contivessem o termo “water security” somente nos títulos, a partir do ano de 2001 até 2020, com seleção de documentos referentes a “articles or review”. Como resultado desse procedimento foram identificados 393 estudos que abordavam as questões sobre segurança hídrica. O *script* final da busca foi: “Web of Science Core Collection. Você pesquisou por: (Título: "water security"; Refinado por: Tipos de Documento: “article or review”. Tempo estipulado: Todos os anos. Índices: SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI).

Na segunda etapa, pesquisou-se as publicações que contivessem o termo “water security index” nas palavras-chave, nos títulos e nos resumos, no período de 2014 a 2020. A partir da pesquisa obteve-se um resultado de 17 (dezessete) publicações entre “articles or review” diretamente relacionados ao interesse do estudo. O *script* final da busca foi: “Web of

Science Core Collection. Você pesquisou por: (Tópico: "water security index"; Refinado por: Tipos de Documento: "article". Tempo estipulado: Todos os anos. Índices: SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI).

Os documentos encontrados na “*Web of Science*”, foram exportados no formato CSV excel, no intuito de facilitar a elaboração de mapas no software “*VOSviewer version*” 1.6.12. O referido programa é um software que oferece ferramentas para elaboração e análise de redes bibliométricas (VAN ECK *et al.*, 2017).

Após a etapa da revisão bibliográfica sobre o uso de indicadores como ferramenta de avaliação de segurança hídrica, foi possível definir uma proposta inicial de indicadores que serão adotadas neste estudo, no sentido de formar um eixo de variáveis que irão constituir o índice. Ainda no processo de pre-seleção dos indicadores foram levados em consideração alguns critérios básicos (MAYER, 2008): a) ser coerente com as abordagens do tema; b) apresentar um quadro teórico bem definido; c) ter disponibilidade das informações para mensuração em horizontes de curto prazo; d) ter a normalização, a agregação e a ponderação apropriadas dos indicadores; e) ser acessível e utilizável pelo público em geral; f) ser claro em termos de estrutura; g) permitir que sejam feitas comparações entre índices de diferentes períodos de tempo.

Vale ressaltar que, a seleção dos indicadores levou em consideração os seguintes estudos: Vörösmarty *et al* (2010), Hering e Ingold (2012) Cook e Bakker (2012), Wang *et al* (2014), Dickson (2016) e Gain *et al* (2016) os quais asseveram sobre a segurança hídrica. Ademais, pautou-se nos indicadores do Objetivo do Desenvolvimento Sustentável – ODS 6: Água e Saneamento.

Os indicadores pré-selecionados, foram dispostos em um questionário para avaliação por especialistas (Apêndice I), através da aplicação do método Delphi. Essa metodologia é utilizada para estruturar a comunicação de um grupo de especialistas através de interações realizadas de rodadas sucessivas de questionários, acompanhados de “*feedback*”, mantendo-se o anonimato das respostas dos participantes, na busca de um resultado consensuado (LOE *et al.*, 2016).

Para o desenvolvimento da metodologia Delphi as seguintes etapas foram contempladas: i) problematização e estruturação da temática; ii) escolha do grupo de especialistas; iii) elaboração do questionário; iv) aplicação do questionário aos especialistas; v) reflexão e resposta dos especialistas ao pesquisador; vi) análise das respostas do questionário; vii) compilação das respostas e resultados (MARQUES; FREITAS, 2018).

O questionário abordou os seguintes tópicos : i) apresentação da pesquisa (objetivos da pesquisa, benefícios do método Delphi, tempo aproximado despendido para responder a pesquisa, e sigilo e privacidade assumidos pela pesquisadora diante das informações prestadas); ii) informações gerais do respondente (faixa etária, atividade profissional, tempo de experiência, formação acadêmica e maior nível acadêmico); iii) qual o conceito de segurança hídrica; e, iv) atribuição dos níveis de importância aos indicadores mais relevantes pré-selecionados.

Para a atribuição dos níveis de importância foi utilizada a escala “*Likert*”, dividida em quatro níveis de importância atribuídas às questões: sem importância (score 1), pouca importância (score 2), importante (score 3) e muito importante (score 4). Este tipo de escala é comumente utilizada em estudos que empregam o método Delphi e, especificamente, tem sido utilizada também na ponderação (utilizando níveis de importância) de indicadores relacionados aos recursos hídricos como nos trabalhos de CANTO-PERELLO *et al.* (2017), MACHADO (2018).

A aplicação do questionário, foi realizada após a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP). O questionário foi enviado junto com o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE) (Apêndice II). O Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) recebeu o número de registro nº 21220719.4.0000.5054, conforme Resolução do Ministério da Saúde nº 466/2012 e o parecer consubstanciado de aprovação foi emitido sob nº 3.646.759.

O período de coleta de dados do questionário ocorreu entre o dia 15 de outubro à 15 de novembro de 2020. As consultas foram feitas via “Google Forms”, realizadas virtualmente através de “e-mails”, devido à dificuldade do contato presencial com o entrevistado devido à pandemia da COVID-19. Foram selecionados especialistas distribuídos em diferentes setores atuantes na gestão dos recursos hídricos no Ceará. Nas descrições clássicas do método foi recomendado um número de 15 a 20 especialistas (LUDWIG,1997). Diante dessa premissa foi estabelecido no presente estudo um painel contendo 25 especialistas. Ademais, para a seleção dos especialistas, foi utilizada como base os seguintes critérios: pesquisadores relacionados com a área de pesquisa e gestores de instituições de referência (estaduais e federais) que influenciam diretamente na gestão dos recursos hídricos, no estado do Ceará. (QUADRO 16).

Quadro 16 - Lista de especialistas selecionados para responder os questionários

Instituição	Quantidade de entrevistados
1- Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH).	03
2- Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH).	02
3- Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS)	02
4- Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE)	01
5- Universidade Federal do Ceará (UFC)	04
6- Universidade Estadual do Ceará (UECE).	03
7- Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME)	02
8- Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE)	03
9- Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)	02
10- Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB).	02

Fonte: elaboração própria.

As respostas dadas no questionário aplicado foram analisadas por meio de tabelas de distribuição de frequência das categorias de avaliação representadas pela escala *likert*. O consenso entre os especialistas quanto à importância de cada indicador foi assumido a partir do Nível de Consenso (NC) das respostas fornecidas pelos participantes para cada indicador. Esse método, que utiliza medidas de tendência central e percentagem e tem sido bastante utilizado em análises de escores de classificação (LOE *et al.*, 2016). O QUADRO 17 apresenta a classificação adotada para avaliar o NC das respostas dadas pelos participantes.

Quadro 17– Classificação para avaliar o nível de consenso das respostas dos participantes

Nível de consenso	Classificação
Alto	70% das classificações estão em uma única categoria de avaliação; ou, 80% estão em duas classes de avaliação adjacentes.
Médio	60% das classificações estão em uma categoria de avaliação; ou, 70% estão em duas categorias de avaliação adjacentes.
Baixo	50% das classificações estão em uma única categoria de avaliação; ou, 60% em duas categorias de avaliação adjacentes.
Nenhum	Menos de 60% das classificações estão em duas categorias de avaliação adjacentes.

Fonte: Mostert-Phipps *et al.* (2013).

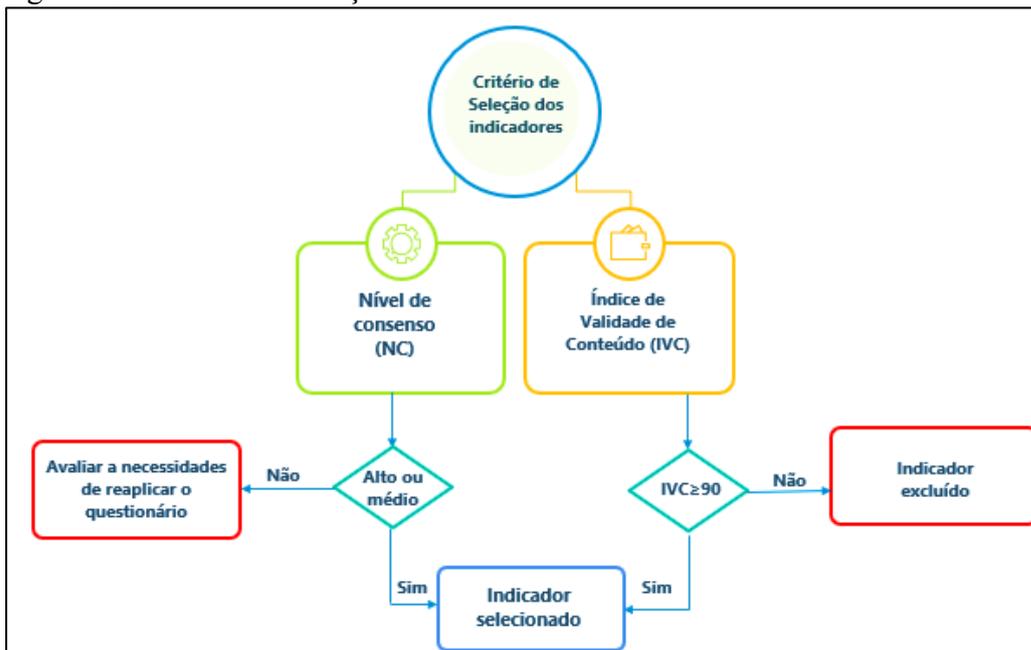
Para avaliar a relevância de cada indicador pre-selecionado, foi utilizado o Índice de Validade de Conteúdo (IVC), esse método mede a proporção de participantes que estão em

concordância a respeito dos itens apresentados, de forma quantitativa (COLUCI, 2011). O IVC foi calculado por meio da aplicação da Equação 1 (GRANT; DAVIS,1997):

$$IVC = \frac{\text{n}^\circ \text{ de respostas "3" ou "4"}}{\text{n}^\circ \text{ total de respostas}} \quad (1)$$

O escore do índice foi calculado por meio do número de respostas “3” ou “4” atribuído pelos participantes através da escala *Likert*, dividido pelo número total de participantes. Recomenda-se a obtenção de nível de concordância de no mínimo 80% quando se está avaliando um novo instrumento (FIGURA 17) (DAVIS; GRANT,1993). Dessa forma, para a validação do instrumento do presente estudo, foi adotado que para indicador selecionado, esse deveria ter um NC classificado como de “alto” consenso entre os especialistas e um IVC como nível mínimo de 90%.

Figura 17 - Critério de seleção dos indicadores de ISH utilizando o NC e o IVC



Fonte: elaboração própria adaptado de Machado *et al* (2018).

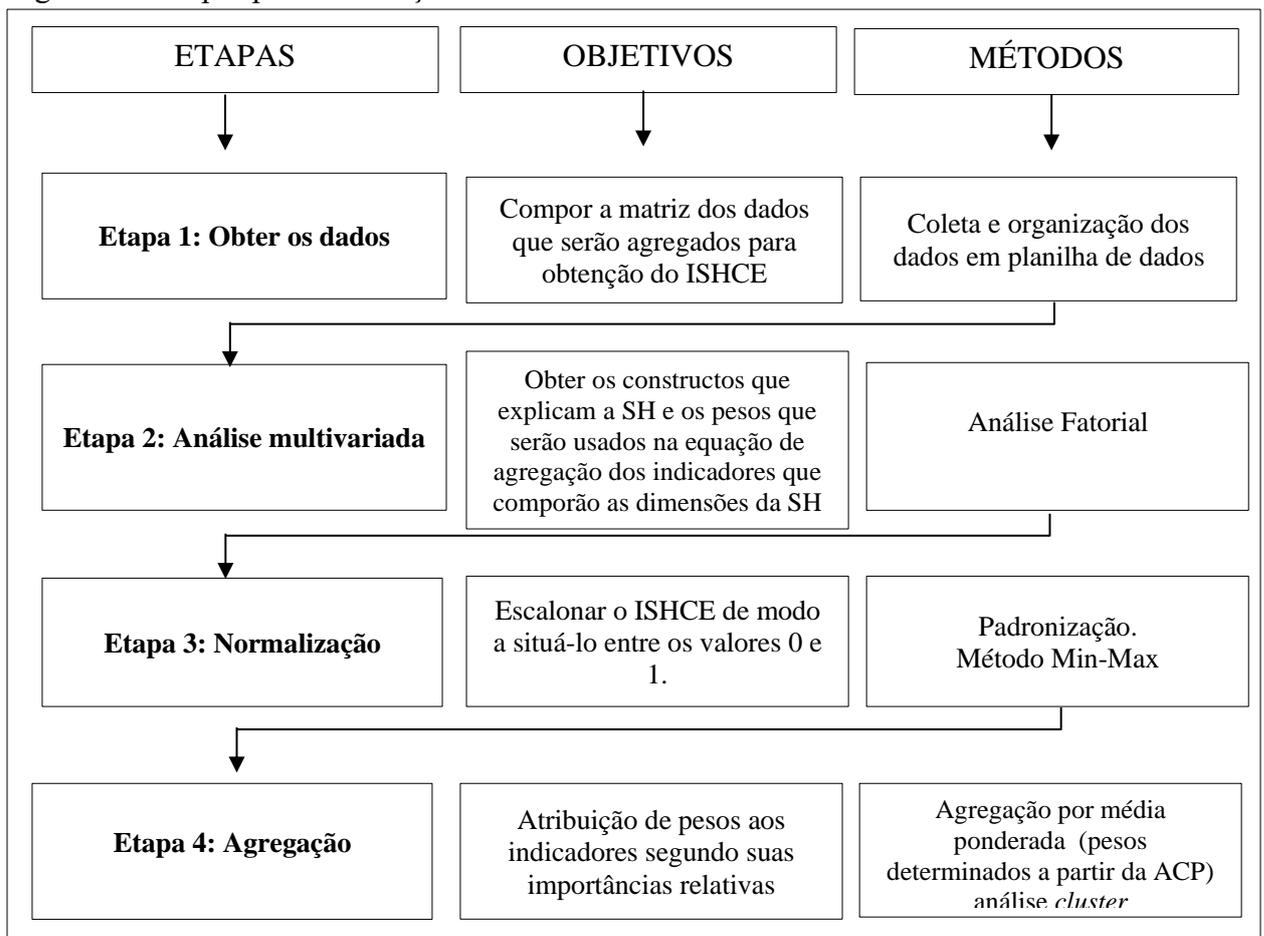
3.4 A mensuração da segurança hídrica nos municípios

A operacionalização do conceito de segurança hídrica foi realizada por meio da construção de um índice que agregou os indicadores especificados no questionário aplicado (Apêndice I). Na presente seção serão descritas detalhadamente as etapas para construção do ISHCE, o método de cálculo utilizado na elaboração dos indicadores e apresentada a estrutura das equações.

A escolha das variáveis não é puramente arbitrária. O índice ora proposto é resultado da agregação de um conjunto de indicadores possíveis, os quais se relacionam diretamente com os temas centrais da segurança hídrica, reunindo aspectos dos serviços de abastecimento de água; hidroambientais e institucionais dos municípios, ou seja, trata-se de um fenômeno multidimensional.

O uso de índices agregados para retratar quantitativamente os conceitos constituídos por várias dimensões é um procedimento que ajuda análises mais objetivas nos processos decisórios. Segundo Nardo *et al* (2005), um indicador agregado é construído utilizando um conjunto de dados que são compilados em um único índice. Esse indicador está ligado a um índice subjacente e vai servir para medir um conceito multidimensional que não pode ser medido por um único indicador. Os procedimentos na construção do ISHCE seguiram as fases de seleção e validação, padronização, ponderação e agregação dos indicadores, tais etapas estão descritas na FIGURA 18.

Figura 18 - Etapas para construção do ISHCE



Fonte: elaboração própria adaptado de Nardo *et al* (2005).

3.4.1 Etapa 1 – Obtenção dos dados

Preparar o banco de dados, antes da realização da análise estatística, foi fundamental, pois do contrário, algumas observações ou a falta delas poderiam impactar diretamente nos resultados das análises, levando a erros ou simplesmente, impedir a aplicação de algumas técnicas. Estas implicações são vistas como, “problemas no banco de dados” que podem ser valores ausentes (*missing values*) ou valores discrepantes (*outliers*) que influenciam a violação de alguns pressupostos nas técnicas multivariadas.

Os dados coletados foram tabulados no programa Excel e, em seguida, processados no programa *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS) versão 23.0. No estudo em questão, o banco de dados foi analisado inicialmente para melhor avaliar a sua integridade, assim verificou-se a existência de dados faltantes em 8 (oito) municípios, a saber: Brejo Santo; Ibareta, Ipaporanga, Ipú, Itapajé, Madalena, Milhã e São João do Jaguaribe. Dessa forma, optou-se por excluir os referidos municípios, pois esses apresentaram dados faltantes para os indicadores da dimensão “abastecimento de água”.

3.4.2 Etapa 2 – Análise Multivariada

Para possibilitar a mensuração da Segurança Hídrica sob o prisma multidimensional, optou-se por estudar as relações entre os indicadores do sistema de indicadores definido com o auxílio dos especialistas, em cada dimensão e por meio da Análise Fatorial (AF), método de extração Componentes Principais (ACP).

A análise fatorial proporciona meios, no sentido de avaliar a estrutura das correlações em um grande número de variáveis, gerando agrupamentos de variáveis que apresentam um mesmo padrão de variabilidade. Cada um desses padrões ou dimensões é denominado Fator. Ao agrupar as variáveis em fatores, a AF auxilia no entendimento da complexa estrutura de interações entre as variáveis resultando na análise do fenômeno por elas definido. Segundo Hair *et al.* (2009), o modelo da AF pode ser expresso por meio de uma combinação linear entre as variáveis e os fatores, através da Equação (2):

$$X_i = A_{i1} F_1 + A_{i2} F_2 + A_{ik} F_k + U_i + E_i \quad (2)$$

Onde:

X_i = são as variáveis i analisadas (no caso, os indicadores de segurança hídrica em cada dimensão);

A_{ik} = cargas fatoriais (que medem a importância dos fatores na composição de cada variável);

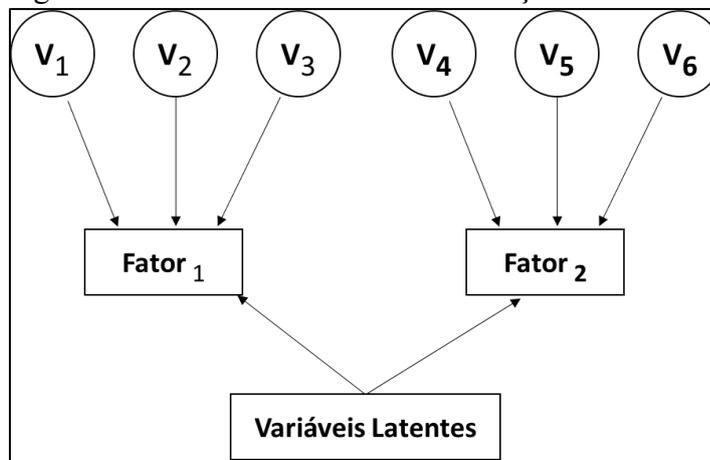
F_k = fatores comuns;

U_i = fator único;

E_i = erro ou parcela de variação da variável i que não pode ser explicada por nenhum dos fatores.

Os fatores ou as variáveis latentes são combinações lineares das variáveis originais. Os fatores também representam as dimensões latentes (*constructos*) que resumem o conjunto original de variáveis observadas (FIGURA 19).

Figura 19 – Variáveis latentes e a formação de fatores



Fonte: Hair *et al.* (2009).

Cada fator formado terá seus valores para cada observação, o que é chamado de escore fatorial, esses constituem parte importante para a formação do ISHCE, pois contêm informações de todos os indicadores selecionados para compor a dimensão. Para a determinação dos escores fatoriais, multiplica-se o valor da variável i pelo coeficiente do escore fatorial correspondente (CUNHA *et al.*, 2008), conforme a Equação (3):

$$F_j = \sum_{i=1}^p W_{ji} X_i \quad (3)$$

Onde:

F_j = são os escores fatoriais;

W_{ji} = são os coeficientes dos escores fatoriais;

p = número de variáveis.

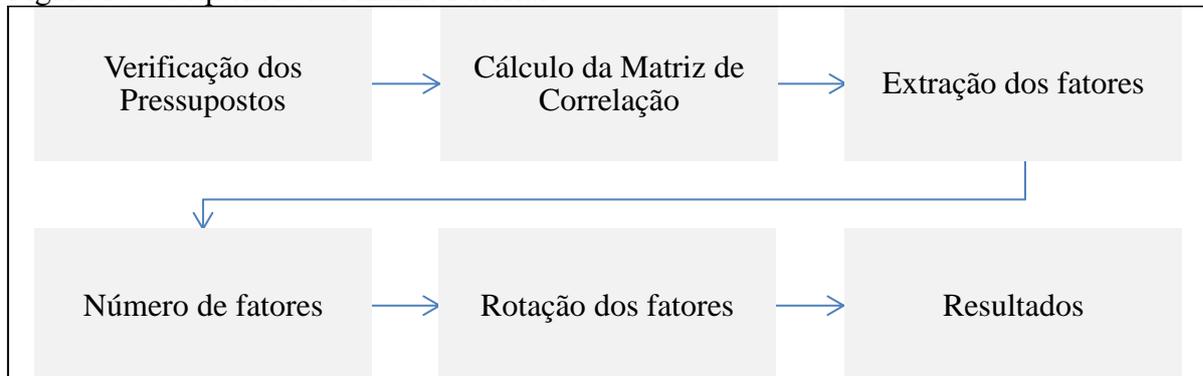
A correlação entre as variáveis originais e os fatores formam as cargas fatoriais que definem em qual fator a variável pertence (FÁVERO; BELFIORE, 2015). As cargas fatoriais na faixa de $\pm 0,30$ a $\pm 0,40$ atendem o nível mínimo para interpretação de estrutura, cargas de $\pm 0,50$ ou maiores são tidas como praticamente significantes, cargas excedendo $+ 0,70$ são consideradas indicativas de estrutura bem definida e são a meta de qualquer análise fatorial.

Outra análise importante é a da comunalidade que expressa o “percentual de variância compartilhada de cada variável original nos fatores” (HAIR *et al.*, 2009), ou seja o quanto das características verdadeiras da variável original ainda existe dentro dos fatores. A comunalidade pode ser obtida pela somatória dos quadrados das cargas fatoriais, através da Equação (4):

$$h_i^2 = a_{i1}^2 + a_{i2}^2 + \dots + a_{im}^2 \quad (4)$$

Onde a_{i1}^2 representa as cargas fatoriais. Variáveis com comunalidade abaixo de 0,50 não possuem explicação suficiente e devem ser retiradas, quanto mais próximo do valor 1,00, melhor estão sendo explicadas (HAIR *et al.*, 2009). A Figura 19 sintetiza o planejamento da AF, conforme sequência abaixo (TABACHINICK; FIDELL, 2007):

Figura 19 – Sequência da Análise Fatorial



Fonte: adaptado de HAIR *et al.* (2008).

A aplicação da análise fatorial requer que as variáveis apresentem normalidade multivariada. Segundo Fávero *et al.* (2009), mesmo o SPSS não apresentando um teste robusto para validar a normalidade multivariada das informações, mas apenas univariada, esse dispõe de ferramentas específicas que sugerem a existência ou não de distribuição normal dos dados, tais como os testes de *Kolmogorov-Smirnov* e de *Shapiro-Wilk*, ou a elaboração do *Box-Plot*.

Para a matriz de correlações, os requisitos iniciais de existência de um considerável número de correlações será confirmada a partir do nível de significância dos coeficientes estimados. Os valores superiores a 0,05 (*p - value*) é o que permite dar continuidade à aplicação da técnica (HAIR *et al.*, 2009).

Adicionalmente ao nível de significância, alguns critérios foram adotados para examinar a adequabilidade do modelo, dessa forma, foi calculada a matriz de correlação por meio dos testes de *Kaiser Meyer Olkin* (KMO) e de esfericidade de Bartlett.

O KMO, cujos valores estão entre 0 e 1 (Tabela 2), verifica a adequação da amostra em relação ao nível de correlação parcial entre as variáveis. O valor KMO próximo de zero indica que a AF pode não ser apropriada, uma vez que há correlação fraca entre as variáveis originais. Em contrapartida, quanto mais o valor estiver próximo de 1, mais apropriada é a aplicação da técnica (FÁVERO *et al.*, 2009; HAIR *et al.*, 2009; BELFIORE, 2015).

Tabela 2- Valores obtidos para o teste KMO

Adequação para AF	Inaceitável	Má	Razoável	Média	Boa	Muito boa
Estatística (KMO)	< 0,5	0,50 – 0,60	0,60 – 0,70	0,70 – 0,80	0,80 – 0,9	0,9 – 01,00

Fonte: Fávero *et al.* (2009).

O teste de esfericidade de Bartlett aponta se a matriz de correlação é uma matriz identidade com determinante igual a 1, isto é, a correlação entre as variáveis é zero (HAIR *et al.*, 2009). Caso essa situação seja comprovada em alguma das variáveis, o modelo de AF para a análise dos dados em questão deve ser descartado.

Outra maneira que possibilita quantificar o nível de intercorrelações entre as variáveis e a adequação da AF é a *Measure of Sampling Adequacy* (MSA). Conforme, Hair *et al.* (2009) propõem uma classificação, onde os valores MSA varia de 0 a 1, e que devem estar acima de 0,50 para o teste geral e para cada variável individual, já para as variáveis com valores abaixo de 0,50 devem ser excluídas da AF uma de cada vez.

Além disso, Hair *et al.*, (2009) enfatizam que o número de observações da amostra precisa exceder o número de variáveis e que o menor tamanho absoluto da amostra é aconselhável que seja, no mínimo, 100 para um tamanho de amostra mais adequado. No estudo em questão, aplicou-se a AF em todos os 176 municípios do Ceará.

A extração de fatores ocorreu por meio da Análise dos Componentes Principais (ACP), técnica utilizada quando se quer reduzir estruturalmente os dados para a criação de fatores ortogonais ou dimensões, definir a posição de importância (influência) de observações,

através dos fatores gerados e verificar a validade de constructos (fatores) estabelecidos (FÁVERO; BELFIORE, 2015).

Para definir a quantidade de fatores a serem extraídos do banco de dados do ISHCE, utilizou-se a medida chamada *eigenvalue* que representa a variância total explicada individualmente por fator. Dessa forma, quando se divide o *eigenvalue* pelo número de variáveis, se determina a proporção da variância explicada pelo fator. No estudo em questão, foram retidos somente os fatores que apresentam valor acima de 1 (Critério de Kaiser), pois aqueles com valor abaixo de 1 são menos significativos do que a variável original.

Tendo decidido o método de extração, a próxima etapa foi decidir o tipo de rotação aplicado aos fatores extraídos. O objetivo da rotação é conseguir resultado que possibilite maior facilidade para interpretação dos resultados. Nesse estudo adotou-se a rotação ortogonal pelo método *varimax*. Esse método procura minimizar a quantidade de variáveis que apresentam elevadas cargas em determinado fator por meio da redistribuição das cargas fatoriais e maximização da variância compartilhada em fatores correspondentes a autovalores mais baixos (FÁVERO *et al.*, 2009).

3.4.3 Etapa 3 – Normalização

Nessa etapa foi utilizado o método Min-Max (NARDO *et al.*, 2005; SALVATI *et al.*, 2009), conforme Equação (5):

$$I_{pm} = \left(\frac{I_m - I_{-v}}{I_{+v} - I_{-v}} \right) \quad (5)$$

onde:

I_{pm} = Valor padronizado do indicador “I” no município m;

I_m = Valor do indicador “I” no município m;

I_{-v} = Valor do indicador “I” no município em pior situação quanto à segurança hídrica

I_{+v} = Valor do indicador “I” no município em melhor situação quanto à segurança hídrica

Nos fatores que apresentam uma relação direta com a segurança hídrica, o maior valor indica maior segurança hídrica (melhor situação) e o menor valor indica menor segurança hídrica (pior situação). Por outro lado, nos indicadores que apresentam uma relação inversa com a segurança hídrica o maior valor indica menor segurança hídrica (pior situação) e o menor valor indica maior segurança hídrica (melhor situação).

Um exemplo de indicador neste caso, compreende-se que quanto menor o índice de atendimento total de água, menor a capacidade de resposta quanto à oferta hídrica e maior a insegurança para os usuários dessa água no respectivo Município. Ao todo foram estimados três modelos de análise fatorial, um para cada dimensão. Cada um desses modelos gerou os respectivos pesos que foram usados na ponderação e agregação dos indicadores de cada uma das três dimensões, dando origem aos subíndices que foram usados para compor o ISHCE.

3.4.4 Etapa 4 – Ponderação e Agregação:

No cálculo dos subíndices correspondentes às dimensões do ISHCE optou-se pela ponderação dos fatores extraídos na análise fatorial após a rotação pelo método varimax e em seguida pela agregação desses fatores ponderados pelo método aditivo:

O modelo matemático (Equação 6) utilizado foi descrito por MAPAR *et al.*,(2020):

$$SIA_{jk} = \sum_{i=1}^n w_i f_{ij} \quad (6)$$

Onde:

SIA_{jk} : Subíndice Agregado da dimensão k no j-ésimo município;

W_i = peso atribuído ao i-ésimo componente principal (W_i = percentual da variância explicada pelo componente i / percentual da variância explicada por todos os fatores);

F_{ij} : escore fatorial do i-ésimo componente para o j-ésimo município;

$i= 1...n$ (componentes principais) e $j= 1, \dots, 176$ (municípios cearenses).

$k = 1, \dots, m$ (dimensões da segurança hídrica)

O ISHCE do município ($ISHCE_j$) constituiu na média aritmética dos sub-índices de SH (SIA_{jk})conforme as três dimensões analisadas nos municípios conforme a Equação 7 (LIMA *et al.*, 2008):

$$ISHCE_j = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m SIA_{jk} \quad (7)$$

Sendo: $ISHCE_j$ = Índice de Segurança Hídrica no j-ésimo município do Estado do Ceará.

Por fim, além de construir o ISHCE, os resultados das análises fatoriais estimadas permitiram a identificação dos fatores que mais explicam a segurança hídrica nos municípios cearenses. No sentido de possibilitar a classificação dos municípios, conforme o ISHCE, tal como os índices obtidos em cada grupo em particular, realizou-se a análise de agrupamento

(*cluster analysis*) por meio do método de K-médias. Esse método é um dos mais utilizados em análise de agrupamento, na ocasião em que se trata de grande número de elementos (HAIR *et al.*, 2009). O uso do referido método se deu em virtude de que nele o pesquisador é quem determina o número de classes e delimita os grupos com base nos valores do índice. Os níveis de segurança hídrica foram definidos em três classes, a saber (TABELA 3):

Tabela 3 - Classificação da análise de agrupamento

Classificação	Descrição
Grupo I	$0,10 \leq ISH \leq 0,35$: Municípios com menores níveis de SH;
Grupo II	$0,36 \leq ISH \leq 0,51$: Municípios com níveis intermediários de SH;
Grupo III	$0,52 \leq ISH \leq 0,78$: Municípios com maiores níveis de SH.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Nessa conjuntura, para uma melhor visualização da distribuição espacial do índice, foram elaborados mapas temáticos referentes à classificação dos municípios cearenses quanto ao ISHCE, e suas dimensões, com o uso do *software* ArcGis 10.1.

3.5 Modelo econométrico para estimação da relação entre desenvolvimento e SH

As questões hídricas vêm sendo historicamente colocadas como fatores limitantes do desenvolvimento (TUNDISI, 2008; EMPINOTTI; JACOB, 2013; VERIATO *et al.*, 2015). Essa relação é especialmente abordada nos debates voltados para o Semiárido Brasileiro (SAB) (SILVA, 2020). Acredita-se que o baixo desenvolvimento humano, algo tão recorrente no SAB, principalmente naqueles que estão inseridos nos municípios cearenses, está associada não somente à privação de renda, mas à influência dos fatores geoambientais e ao baixo nível de consciência ambiental dessa região.

Com o propósito de analisar a associação entre ISHCE e o IDH-M (longevidade, educação, renda) optou-se pela estimação de modelos de regressão assumindo que a condição do município quanto à segurança hídrica, representada pelo índice e subíndices, descritos na seção 3.4, é capaz de influenciar o nível de desenvolvimento municipal, representado pelo Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)².

² O IDH municipal utilizado como proxy de desenvolvimento foi extraído do Atlas do Desenvolvimento Humano dos Municípios, publicado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e disponível em <http://www.atlasbrasil.org.br/>. Os dados correspondem ao ano base 2010. Ressalta-se que a defasagem do IDH não torna inviável a análise haja vista que mudanças nos indicadores de desenvolvimento são lentas e alterações nos valores de IDH entre 2010 e 2020 devem ser pequenas.

Inicialmente, foram estimados modelos de regressão linear simples pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Esse procedimento permitiu verificar o impacto médio da segurança hídrica municipal sobre o desenvolvimento local. Optou-se pela estimação de quatro modelos na tentativa de captar não apenas o impacto do Índice de Segurança Hídrica (ISHCE), mas também o impacto individual de cada dimensão considerada (QUADRO 18). A robustez nas estimativas de MQO quanto a problemas de heterocedasticidade foi realizada por meio da correção da matriz de covariância.

Quadro 18 – Modelos estimados na análise da relação entre o ISHCE e o IDH-M

Técnica Econométrica	Equação estimada	Descrição dos coeficientes estimados
Regressão Linear Simples - Método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO)	$IDHM_i = \beta_0 + \beta_1 ISA_i + \varepsilon_i$ (8)	β_1 = efeito médio direto da dimensão ISA da segurança hídrica sobre o desenvolvimento municipal, sendo esperado que adquira um valor positivo. ISA_i = Subíndice – Abastecimento de Água.
	$IDHM_i = \beta_0 + \beta_1 ISH_i + \varepsilon_i$ (9)	β_1 = efeito médio direto da dimensão ISH da segurança hídrica sobre o desenvolvimento municipal, sendo esperado que adquira um valor positivo. ISH_i = Subíndice Hidroambiental.
	$IDHM_i = \beta_0 + \beta_1 ISI_i + \varepsilon_i$ (10)	β_1 = efeito médio direto da dimensão ISI da segurança hídrica sobre o desenvolvimento municipal, sendo esperado que adquira um valor positivo. ISI_i = Subíndice Institucional.
	$IDHM_i = \beta_0 + \beta_1 ISHCE_i + \varepsilon_i$ (11)	β_1 = efeito médio direto do ISHCE global sobre o desenvolvimento municipal, sendo esperado que adquira um valor positivo. $ISHCE_i$ = Índice de Segurança Hídrica.
	Nas equações (8) a (11) β_0 é a constante do modelo e ε_i é um termo estocástico (representa a exclusão dos demais fatores que forma desconsiderados na explicação do comportamento de $IDHM_i$).	
Regressão Quantílica (RQ)	$IDHM_i(\tau ISA_i) = \beta_0(\tau) + \beta_1(\tau)ISA_i + \varepsilon_i(\tau)$ (12)	$IDHM_i(\tau ISA_i)$ é o τ - ésimo quantil condicional do IDHM correspondente ao i-ésimo município. $\beta_1(\tau)$ = efeito da dimensão Abastecimento de água da segurança hídrica sobre o τ - ésimo quantilcondicional da distribuição do IDHM.
	$IDHM_i(\tau ISH_i) = \beta_0(\tau) + \beta_1(\tau)ISH_i + \varepsilon_i(\tau)$ (13)	$IDHM_i(\tau ISH_i)$ é o τ - ésimo quantil condicional do IDHM correspondente ao i-ésimo município. $\beta_1(\tau)$ = efeito da dimensão Hidroambiental da segurança hídrica sobre o τ - ésimo quantilcondicional da distribuição do IDHM.
	$IDHM_i(\tau ISInst_i) = \beta_0(\tau) + \beta_1(\tau)ISInst_i + \varepsilon_i(\tau)$ (14)	$IDHM_i(\tau ISInst_i)$ é o τ - ésimo quantil condicional do IDHM correspondente ao i-ésimo município. $\beta_1(\tau)$ = efeito da dimensão Institucional da segurança hídrica sobre o τ - ésimo quantilcondicional da distribuição do IDHM.
	$IDHM_i(\tau ISHCE_i) = \beta_0(\tau) + \beta_1(\tau)ISHCE_i + \varepsilon_i(\tau)$ (15)	$IDHM_i(\tau ISHCE_i)$ é o τ - ésimo quantil condicional do IDHM correspondente ao i-ésimo município. $\beta_1(\tau)$ = efeito da segurança hídrica global sobre o τ - ésimo quantilcondicional da distribuição do IDHM.
	Nas equações (12) a (15) τ representa os quantis (25, 50, 75 e 90), $\beta_0(\tau)$ é o intercepto da reta de regressão correspondente ao τ - ésimo quantil condicional da distribuição de IDHM e $\varepsilon_i(\tau)$ é a perturbação estocástica que representa os demais fatores que não estão sob controle do modelo estatístico no τ - ésimo quantil condicional da distribuição	

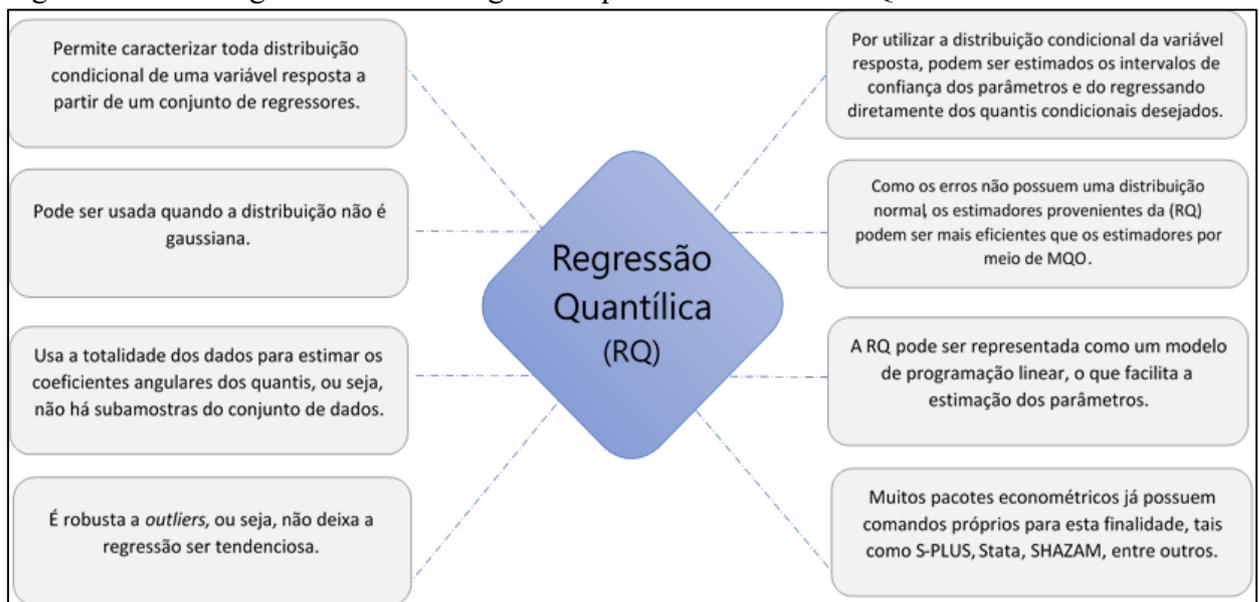
Nota: Equações estimadas no *software* STATA v.12

Fonte: Elaboração Própria

Considerando-se que o semiárido cearense apresenta municípios com diferentes níveis de desenvolvimento, a técnica padrão de MQO pode apresentar limitações e levar a resultados viesados como subestimação ou superestimação dos parâmetros devido à heterogeneidade da amostra (KOENKER; CHERNOZHUKOV, *et al*, 2018).

Além disso, como os parâmetros estimados refletem apenas os efeitos médios da variável independente sobre a variável dependente, é possível que não consigam captar possíveis efeitos diferenciados da SH e das suas dimensões nos municípios com menores ou maiores níveis de desenvolvimento. Nessas condições, uma opção ao MQO é a estimação de tais efeitos por meio de regressão quantílica (RQ). Assim, as relações analisadas nas equações 8 a 11 (QUADRO 19) foram estimadas também por meio de RQ. A (FIGURA 20) consta uma análise comparativa dos dois métodos de estimação.

Figura 190 – Vantagens inerentes à regressão quantílica sobre os MQO



Fonte: adaptado de Koenker; Bassett (1978).

A análise quantílica permite estimar impactos da variável independente para os diferentes regiões (quantis) da distribuição da variável dependente. Assim, para cada quantil τ , é estimado um parâmetro β (KOENKER, 2005, CAMERON; TRIVEDI, 2013). Assim, foi possível avaliar se o índice de segurança hídrica tem efeito diferenciado sobre municípios menos e mais desenvolvidos. Conhecer esse detalhamento da relação entre os dois conceitos é importante dado que há um interesse especial em relação aos municípios situados nos quantis mais baixos da distribuição (os menos desenvolvidos).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esse capítulo é destinado a apresentar os resultados da pesquisa. O estudo foi dividido em três etapas para melhor entendimento. A primeira etapa versa sobre a elaboração do Índice de Segurança Hídrica dos municípios do Estado do Ceará (ISHCE). A segunda etapa refere-se à análise espacial do Índice de Segurança Hídrica dos municípios cearenses, que teve como objetivo hierarquizar os municípios. Na terceira etapa serão expostos os resultados da regressão quantílica que apontará a relação entre o Índice de Segurança Hídrica (ISHCE) e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M), no Estado do Ceará.

4.1 Sistema de indicadores de segurança hídrica

Nos tópicos seguintes, é apresentada a descrição e análise dos resultados obtidos pelo Método Delphi. Inicialmente foram apresentadas as informações gerais sobre o perfil dos especialistas (subtópico 4.1.1). Posteriormente foram descritos os resultados referentes à percepção dos participantes sobre a definição de Segurança Hídrica e sobre o nível de Segurança Hídrica no Estado do Ceará (subtópico 4.1.2). Em seguida, foi apresentado o conceito do termo Segurança Hídrica utilizado na presente pesquisa, a fim de subsidiar a opinião dos especialistas acerca da aderência e importância dos indicadores na composição do conceito de segurança hídrica (subtópico 4.1.3).

4.1.1 Informações gerais sobre os especialistas que contribuíram para a construção do sistema de indicadores de segurança hídrica

A primeira parte do questionário foi elaborada visando evidenciar, de maneira sucinta, o perfil dos especialistas. Para tanto, foram utilizadas cinco questões objetivas referentes ao nível de escolaridade, formação profissional, idade, atividade profissional, área e tempo de atuação na mesma.

A maior frequência dos especialistas (n =10) se encontra na faixa de idade entre 35 a 44 anos, o que corresponde a 40% do total (n =25); cerca de 24% (n =6) deles possuem idade entre 25 a 34 anos; 24% (n =6) possuem idade entre 45 a 54 anos. A menor frequência observada foi a de “≥ a 55 anos”, com 12% (n=3) especialistas.

A atividade profissional “servidor público” foi a que apresentou a maior ocorrência, com 56% dos especialistas (n= 14). “Professor/ pesquisador” corresponde a 44% da atividade desempenhada por eles (n= 11). Em relação ao tempo de experiência profissional, a categoria

de “11 a 20 anos” foi a que apresentou maior ocorrência, com 11 especialistas (44%), seguido da categoria de “06 a 10 anos” com 9 especialistas (36%). A categoria “ \geq a 21 anos” foi representada por 5 especialistas (20%). Já a categoria “ \leq 5 anos” não teve nenhuma ocorrência.

Com relação à área de formação acadêmica (em nível de graduação) dos respondentes mostrou-se heterogênea, com 5 áreas de formação observadas. A maior proporção foi de respondentes ligados a grande área de “Engenharia”, com 9 especialistas (36%), seguido por 6 especialistas (24%) ligados à área de “Ciências Sociais Aplicadas”, 5 especialistas (20%) ligados a “Ciências Agrárias” e 4 especialistas (16%) “Ciências Exatas e da Terra”. A menor quantidade observada foi da área de “Ciências Biológicas”, a qual foi representada por apenas 1 especialista.

Essa pluralidade latente das áreas que se interessam pelo tema corrobora com o aspecto interdisciplinar da SH. Segundo Cook e Bakker (2012), a temática da SH é do interesse de pesquisadores de distintas áreas, pois a água é uma categoria analítica multidisciplinar e interdisciplinar. Conseqüentemente, vários estudos relacionados à temática vêm avançando no tocante a adoção de diversas abordagens conceituais relativas à Segurança Hídrica, com por exemplo: a) oferta de água; b) vulnerabilidade hídrica; c) necessidades humanas; e d) sustentabilidade ambiental.

Observou-se que a maioria dos especialistas possuem “doutorado” e parte estão com o “doutorado em andamento”, que juntos somaram 64% da amostra, seguido por 6 especialistas com “mestrado” (24%). Isso evidencia que os participantes possuem alto nível acadêmico e que estão qualificados profissionalmente. O nível acadêmico em “pós-graduação/especialização” representou apenas 3 especialistas (12%).

4.1.2 Percepção dos especialistas sobre o conceito de Segurança Hídrica

Sobre o que os especialistas entendem por Segurança Hídrica, esses explicaram o significado do termo, principalmente apostando sua relação com: i) quantidade e qualidade; ii) garantia de abastecimento; e iii) gestão. A Tabela 4 demonstra a frequência de palavras mencionadas pelos respondentes durante o debate da questão.

Tabela 4 - Termos mais frequentes de palavras dos especialistas

Termos	Número de vezes que foi citada	Frequência (%)
1. Qualidade de água	15/25	60%
2. Quantidade de água	15/25	60%
3. Garantia de abastecimento	13/25	52%

4. Risco	12/25	48%
5. Mudanças Climáticas	12/25	48%
6. Acesso	11/25	44%
7. Gestão	11/25	44%
8. Sustentável	9/25	36%
9. Ambiental	9/25	36%
10. Saneamento	5/25	20%

Fonte: elaborado pela autora com software Nvivo (2020).

A menção desses termos nas respostas permite considerar a relação destes com o conceito de segurança hídrica adotado pela 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 a poluição e desastres relacionados à água, e para preservação de ecossistemas em um clima de paz e estabilidade política" (ON-WATER, 2013, p. 1).

De forma geral o conjunto das respostas fornecidas pelos especialistas corrobora os conceitos elencados no referencial teórico desta pesquisa. Nota-se que na maioria das respostas (60%) a citação dos termos "quantidade" e "qualidade" de água, coincide com os estudos que são comumente utilizados na gestão integrada de recursos hídricos. Por exemplo, nas palavras de alguns especialistas, a SH foi conceituada como:

"[...] acesso a água de qualidade e quantidade de forma sustentável para garantir as atividades produtivas" (Especialista 3).

"[...] fornecimento de água, de forma adequada, visando a garantia do recurso em qualidade e quantidade para a população e para as atividades econômicas do Estado, de modo a melhorar a qualidade de vida da população" (Especialista 8).

Com relação ao termo "garantia de abastecimento" vários avanços consideráveis foram realizados nas últimas décadas, principalmente em relação aos aspectos quantitativos dos Recursos Hídricos no Estado do Ceará, embora os problemas de abastecimento às populações difusas ainda preocupem. Porém, nos últimos anos, um novo quadro de restrição de oferta vem se configurando: os problemas relacionados à qualidade das águas disponíveis. Essa situação vem se agravando não só pela crescente pressão sobre os mananciais, resultantes do exponencial e desordenado crescimento, metropolitano e interiorano, mas pelo que agrega a um complicador inerente e natural do SAB. Além disso, o termo "risco" permeou quase metade das respostas (48%), nesta linha um especialista conceituou SH como:

“a capacidade de fornecer, de forma segura, água com qualidade e quantidade, e com a capacidade de lidar com os riscos, causados principalmente pelas secas que assolam o nosso Estado” (Especialista 19).

A frequência do número de vezes que esse termo foi citado se alinha com outra abordagem utilizada pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) que inclui a variável “risco” no conceito de Segurança Hídrica. Estudos apontam que as secas irão se intensificar e se tornar mais frequentes levando à escassez de alimentos e pondo em risco a segurança alimentar de milhões de pessoas (IPCC, 2014; MARENCO *et al.*, 2017; FAO, 2017). As ações estruturantes implantadas no Estado ao longo dos anos não foram suficientes para garantir o enfrentamento das secas, visto que, o período de 2012 a 2016, foi tido como a pior crise enfrentada, desde o ano de 1910.

Essa situação de risco continua preocupante, pois segundo os dados do Sistema Nacional de Informação de Saneamento (SNIS), em 2018, menos de 65% dos domicílios ligados à rede geral tinham disponibilidade diária de água, enquanto o índice de perdas foi 25,08%. Já a situação do serviço de esgoto 25,15% da população do Estado era atendida com o serviço de coleta de esgoto, sendo que desses apenas 35,43% era tratado (BRASIL, 2019). Todas essas fragilidades tornam os sistemas de abastecimento de água mais vulneráveis em um cenário de mudanças climáticas, em particular, de secas mais frequentes e severas.

De modo a assistir à população atingida pelas secas, cabe aos gestores desenvolver técnicas que visem minimizar os riscos causados pelas secas que assolam o Estado, a partir de diretrizes pautadas na incerteza, na capacidade adaptativa e nos riscos de um colapso hídrico. Nessa perspectiva, o termo “gestão” também foi recorrente, aparecendo em 44% das respostas. Nesta linha um especialista definiu SH como:

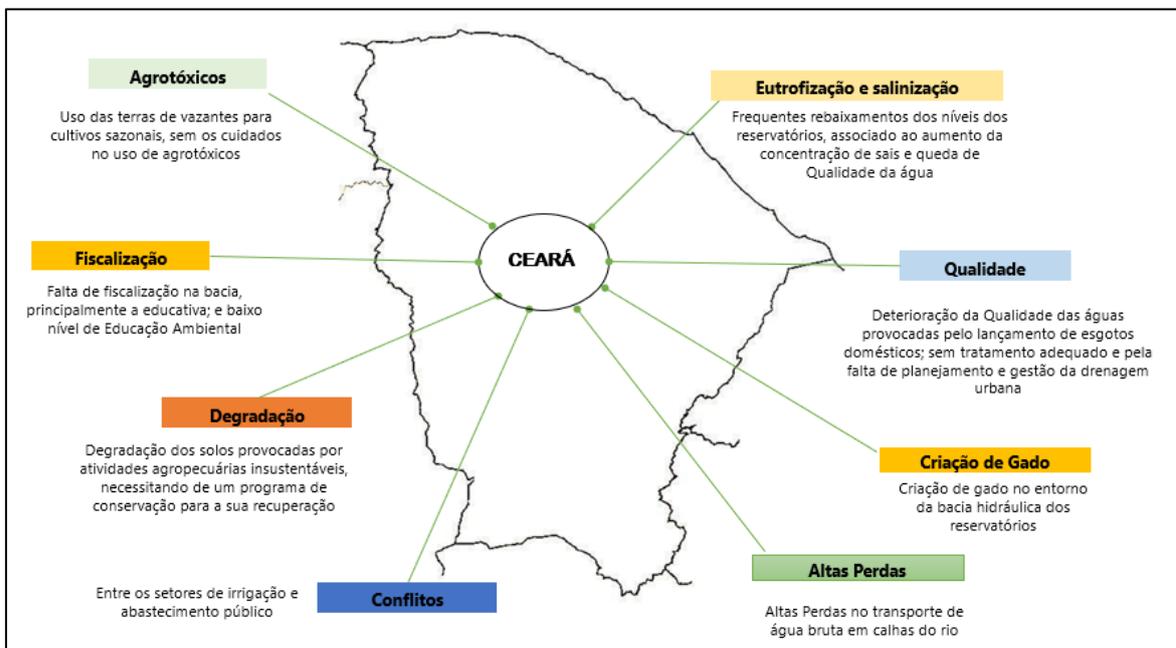
“a capacidade de obter uma gestão bem sucedida e abrangente de seus recursos e serviços de oferta de água, visando atender às necessidades básicas humanas” (Especialista 23).

Dessa forma, planejar respostas às secas a longo prazo requer o desenvolvimento de uma abordagem holística e proativa que propicie a visão e análise dos diversos riscos, que seja capaz de propor ações sistemáticas antecipadas que permitam uma melhor convivência com o semiárido. Em suma, os conceitos de Segurança Hídrica definidos pelos especialistas destacam a preocupação com a capacidade de fornecer, de forma acessível, água com qualidade e quantidade, considerando a capacidade de gerir os riscos. Esses conceitos convergem para o conceito adotado na pesquisa e que serviu de base para a construção do ISHCE.

Sobre a percepção dos especialistas a respeito da condição de SH nos municípios cearenses, embora não consensual, eles consideraram o nível de Segurança Hídrica no Estado do Ceará como baixo 28% (7 especialistas), enquanto 56% (14 especialistas) consideraram o nível como intermediário e 16% (4 especialistas) classificaram como alto.

Os especialistas que consideraram a Segurança Hídrica do Estado com os níveis baixo e intermediário (84%) apontaram que essa situação vem se agravando não só pelas características sócio naturais inerentes da região semiárida, mas pela crescente pressão sobre os mananciais e sistemas de abastecimento de água, resultantes do exponencial crescimento populacional, desmatamento, eutrofização e salinidade, o uso de agrotóxicos na agricultura, nas perdas na distribuição, na descarga de efluentes indústrias e domésticos não tratados (FIGURA 21).

Figura 20 - Principais desafios que diminuem a SH no Estado do Ceará



Fonte: Elaboração própria com base nos dados da pesquisa (2021)

Em suma, pode-se inferir que esta orientação intuitiva dos respondentes se relaciona com os desafios enfrentados nos últimos anos e podem refletir diretamente na sensação de insegurança hídrica do Estado. Para os especialistas que consideraram o Estado do Ceará com alto nível de Segurança Hídrica, atribuíram essa classificação com base na i) infraestrutura de estocagem de água construída no Estado; ii) nos arranjos institucionais da Gestão dos Recursos Hídricos no Estado do Ceará; e, iii) na capacidade técnica dos profissionais ligados à gestão de recursos hídricos da COGERH, SOHIDRA, SRH e FUNCEME.

4.1.3 Níveis de importância atribuídos e indicadores selecionados

Na Tabela 5 são apresentados os resultados dos níveis de importância atribuídos pelos especialistas aos indicadores propostos para avaliar o conceito de segurança hídrica. Para melhor interpretação, foram considerados apenas os indicadores com o IVC superiores a 0,90 (destacadas em negrito).

Tabela 5 – Síntese da avaliação dos especialistas quanto aos indicadores propostos para compor o sistema de indicadores de segurança hídrica no Ceará

Indicadores	Níveis de importância atribuído (%) n=25				Critérios		
	Sem importância	Pouco Importante	Importante	Muito importante	NC	IVC	Indicador selecionado
1) Tarifa média de água	8,0	24,0	52,0	16,0	Médio	0,68	Não
2) Índice de hidrometração	0,0	0,0	24,0	76,0	Alto	1,00	Sim
3) Índice de macromedição	0,0	0,0	28,0	72,0	Alto	1,00	Sim
4) Consumo médio per capita de água	0,0	8,0	28,0	64,0	Alto	0,92	Sim
5) Índice de atendimento urbano de água	12,0	36,0	36,0	16,0	Médio	0,52	Não
6) Índice de perdas na distribuição	0,0	0,0	32,0	68,0	Alto	1,00	Sim
7) Índice de perdas por ligação	0,0	0,0	36,0	64,0	Alto	1,00	Sim
8) Índice Bruto de perdas	0,0	8,0	16,0	76,0	Alto	0,92	Sim
9) Percentual de economias atingidas por paralisações no ano	8,0	40,0	36,0	16,0	Médio	0,52	Não
10) Percentual de economias atingidas por intermitências no ano	20,0	36,0	24,0	20,0	Baixo	0,44	Não
11) Extensão da rede	0,0	4,0	16,0	80,0	Alto	0,96	Sim
12) Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão	0,0	8,0	24,0	68,0	Alto	0,92	Sim
13) Índice de atendimento total de água	0,0	0,0	20,0	80,0	Alto	1,00	Sim
14) Volume de Água tratada em ETAs	8,0	48,0	32,0	12,0	Médio	0,36	Não
15) Volume de esgoto bruto exportado	8,0	48,0	32,0	12,0	Médio	0,44	Não
16) Índice de tratamento de esgoto	4,0	28,00	56,0	12,0	Médio	0,68	Não
17) Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água	8,0	36,0	44,0	12,0	Médio	0,56	Não

18) Índice de esgoto tratado referido à água consumida	12,0	40,0	36,0	12,0	Médio	0,48	Não
19) Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água	8,0	40,0	36,0	16,0	Médio	0,52	Não
20) Volume de água tratada importada	12,0	32,0	44,0	12,0	Médio	0,56	Não
21) Percentual de água tratada exportada	36,0	36,0	28,0	0,0	Médio	0,28	Não
22) Volume de água disponibilizado por economia	28,0	40,0	32,0	0,0	Médio	0,32	Não
23) Índice de Distribuição de Chuvas	0,0	0,0	40,0	60,0	Alto	1,0	Sim
24) Índice de aridez	0,0	0,0	32,0	68,0	Alto	1,0	Sim
25) Coeficiente de Escoamento superficial	0,0	8,0	28,0	64,0	Alto	0,92	Sim
26) Índice de área verde	0,0	8,0	24,0	68,0	Alto	0,92	Sim
27) Situação dos mananciais de água dos sistemas de abastecimento das sedes municipais	0,0	4,0	36,0	60,0	Alto	0,96	Sim
28) Legislação existente no município sobre Coleta Seletiva de resíduos sólidos domésticos	0,0	0,0	20,0	80,0	Alto	1,0	Sim
29) Legislação existente no município sobre Saneamento Ambiental	0,0	0,0	24,0	76,0	Alto	1,0	Sim
30) O município faz parte de Comitê de Bacia Hidrográfica	0,0	0,0	20,0	80,0	Alto	1,0	Sim
31) Existência de Plano de Contingência e/ou Mitigação para a Seca	0,0	0,0	28,0	72,0	Alto	1,0	Sim
32) O município faz parte de consórcio público na área de gestão das águas	0,0	32,0	36,0	31,00	Médio	0,68	Não
33) Existência de legislação municipal sobre proteção de mananciais	0,0	28,0	44,0	28,00	Médio	0,72	Não
34) Tipo de atendimento da portaria sobre qualidade da água	0,0	0,0	32,0	68,0	Alto	1,0	Sim

Fonte: Resultados da pesquisa.

Diante dos resultados, dos trinta e quatro indicadores pré-selecionados para avaliar a SH, apenas dezenove indicadores atingiram o IVC definido ($\geq 0,90$). Cabe ressaltar, que não houve nenhuma ocorrência para a opção “*não quero opinar*”, demonstrando, assim, que houve um entendimento dos participantes em expressar suas opiniões sobre as variáveis que foram apresentadas.

Os indicadores 11) extensão da rede; 13) índice de atendimento total de água; 28) legislação existente no município sobre coleta seletiva de resíduos sólidos domésticos; e, 30) o município faz parte de comitê de bacia hidrográfica, tiveram isoladamente, um nível de consenso acima de 80% na escala “muito importante”, resultado que reflete a relevância imputada aos mesmos.

Da mesma forma, destacam-se doze indicadores, dos quais apresentaram um IVC igual a 1,0, representando o valor máximo do índice, sendo: 2) índice de hidrometração; 3) índice de macromedição; 6) índice de perdas na distribuição; 7) índice de perdas por ligação; 13) índice de atendimento total de água; 23) índice de distribuição de chuvas; 24) índice de aridez; 28) legislação existente no município sobre coleta seletiva de resíduos sólidos domésticos; 29) legislação existente no município sobre saneamento ambiental; 30) o município faz parte de comitê de bacia hidrográfica; 31) existência de plano de contingência e/ou mitigação para a seca; e, 34) tipo de atendimento da portaria sobre qualidade da água.

Com base no NC atribuído pelos especialistas, optou-se por não aplicar a segunda rodada do questionário, uma vez que na primeira rodada já foi possível identificar a convergência das respostas, das quais expressaram um NC e IVC adequados para os critérios pré-estabelecidos.

4.1.4 Seleção dos Indicadores do ISHCE

O sistema proposto nessa pesquisa, para subsidiar o planejamento dos recursos hídricos no Estado do Ceará, conforme o conceito de SH adotado e após a fundamentação teórica e a submissão a um grupo de especialistas, foi composto por dezenove indicadores distribuídos em três dimensões, a saber (FIGURA 22): (i) Abastecimento de Água (ii) Hidroambiental; e Institucional.

Essas dimensões são especialmente promissoras na obtenção de progressos em direção à segurança hídrica, pois o acesso ao fornecimento de água potável e aos serviços de saneamento, contribuem para diminuição dos riscos relacionados à água e auxiliam na capacidade gerencial nos municípios. Com relação à segurança hídrica para os municípios

cearenses, a presente pesquisa se encontra no mesmo sentido dos trabalhos de Gain *et al.*, (2016) e Assefa *et al.*,(2018a).

Figura 21 – Componentes do ISHCE



Fonte: elaboração da autora (2020).

As melhorias na gestão dos recursos hídricos e o acesso aos serviços de abastecimento de água e saneamento são cruciais para aumentar a segurança hídrica, pois a ineficiência na prestação dos serviços de saneamento e a degradação ambiental nos solos e nos mananciais comprometem a qualidade da água, dificultam o seu tratamento e podem colocar em risco a saúde pública (BRASIL, 2019).

A dimensão “abastecimento de água” tem como objetivo analisar a qualidade da prestação dos serviços de oferta de água e esgotamento sanitário dos municípios cearenses. A dimensão é composta por um conjunto de nove indicadores que tem como finalidade quantificar a população exposta a maiores riscos de não atendimento de água identificando os municípios mais críticos.

Cada indicador contribui para a quantificação da qualidade dos serviços sob um determinado ponto de vista, numa dada área e durante um determinado ano. Esta etapa tomou como referência as informações contidas no diagnóstico dos serviços de água e esgoto, no estado do Ceará, sob a luz do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS).

Já a dimensão “hidroambiental” expressa o potencial dos estoques de águas naturais para o suprimento de demandas a múltiplos usuários em situação de estiagem severa e seca, eventos que podem ser agravados pelas mudanças climáticas. Além de fornecer água em quantidade e qualidade, a gestão deve garantir as condições necessárias para que a população

consiga ter acesso à esse recurso. Por fim, na dimensão “Institucional” buscou-se através dessa dimensão compreender se, institucionalmente, a gestão municipal pode prover a segurança hídrica para a população através de um aparato legal.

Utilizando essas três dimensões é possível encontrar indicadores que podem ser utilizados para explicar a segurança hídrica dos municípios cearenses. Reforçando que o objetivo da seleção é gerar um índice agregado que possibilite analisar a situação de SH dos municípios cearenses, aliando informações relevantes para tomar decisões mais apropriadas.

O QUADRO 19 apresenta a descrição dos indicadores propostos e as suas respectivas dimensões e, além da justificativa, fonte dos dados e as referências consultadas. Cabe ressaltar que as variáveis receberam códigos que posteriormente serão representados apenas por eles, como estratégia de organização. Na seção 4.1.5, apresenta a ficha metodológica dos indicadores propostos descrevendo o método de cálculo.

Quadro 19 – Descrição dos indicadores propostos para o Índice de Segurança Hídrica

(Continua)

Dimensão	Cod.	Indicadores	Descrição	Unidade	Fonte/Ano	Referências
Abastecimento de Água	ISA-1	Consumo médio <i>per capita</i> de água	Os municípios com maior consumo médio <i>per capita</i> apresenta padrões de consumo que sofrerão mais dado um quadro de escassez hídrica, no sentido de mudanças relativas à gestão e até mesmo mudanças relativas ao cotidiano da população.	(l/hab./dia)	SNIS/ 2019	Larsen <i>et al.</i> , 2016
	ISA-2	Extensão da rede de água por ligação	Este indicador mede o adensamento horizontal, ou a distância média entre ligações de água. É extremamente relevante para contextualizar a universalização, pois baixo adensamento horizontal exige maiores investimentos para disponibilizar rede de abastecimento de água (e de coleta de esgoto) à população.	(m/ligação)	SNIS/ 2019	Padowski, 2016.
	ISA-3	Índice de perdas na distribuição	As perdas na distribuição precisam ser contabilizadas pois significam perda do recurso água e de recursos investidos durante o tratamento. Em momentos de escassez hídrica essas perdas podem agravar o abastecimento de água para a população.	(percentual)	SNIS/ 2019	Grafton, 2017.
	ISA-4	Índice de perdas por ligação	Expressa o volume médio diário de água não contabilizado ou perdido por ligação ativa de água. Indica o nível médio de perdas de água que ocorrem em um dia por ligação ativa decorrentes do volume não contabilizado (perdas aparentes) e do volume perdido (perdas reais) na distribuição.	(l/lig./dia)	SNIS/ 2019	Padowski, 2016.
	ISA-5	Índice bruto de perdas	Este indicador expressa as perdas de água em m ³ por dia e por quilômetro de rede, que permitirá análises complementares ao índice de perdas de água.	(m ³ /dia/km)	SNIS/ 2019	Padowski, 2016.
	ISA-6	Índice de Hidrometração	A ausência de hidrometração pode influenciar no indicador de perdas na distribuição, uma vez que não há medição de em uma das extremidades do sistema, que se refere aos usuários.	(percentual)	SNIS/ 2019	Lundqvist <i>et al.</i> ,2003.
	ISA-7	Índice de Macromedição	Expressa o percentual do volume de água disponibilizado medido por hidrômetros na saída das Estações de Tratamento de Água (ETA), Unidades de Tratamento Simplificado (UTC) ou dos poços, bem como nos pontos de entrada de água tratada, se existirem.	(percentual)	SNIS/ 2019	WHO, 2011.
	ISA-8	Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão	A presença de bactérias do grupo coliforme em água potável é vista como um indicador de contaminação fecal intimamente ligado a tratamento inadequado em manter a desinfecção residual da água tratada. Portanto, quanto menor for o percentual de amostras analisadas de coliformes totais fora do padrão, melhor será a qualidade da água fornecida para a população.	(percentual)	SNIS/ 2019	McDonald <i>et al.</i> , 2011.
	ISA-9	Índice de atendimento total de água	Indica a parcela da população total (urbana e rural) efetivamente atendida por rede de abastecimento de água em relação à população total residente dos prestadores que responderam o SNIS. Além disso, é um indicador de saúde pública e retrata o percentual de atendimento total de água tratada nos municípios. O consumo de água tratada reflete na qualidade de vida da população.	(percentual)	SNIS/ 2019	Rijsberman, 2005.

Quadro 19 – Descrição dos indicadores propostos para o Índice de Segurança Hídrica

(Continua)

Dimensão	Cod.	Variáveis	Justificativa	Unidade	Fonte dos dados/Ano	Referências
Hidroambiental - ISH	ISH-1	Índice de Distribuição de Chuvas	Associa as variações volumétricas, temporais e espaciais de chuva, levando-se em consideração o período escolhido para análise.	(percentual)	FUNCEME/2019	Alessa <i>et al.</i> , 2008
	ISH-2	Índice de aridez	Regiões áridas e semiáridas são mais susceptíveis ao aumento da temperatura sendo, portanto, mais vulneráveis às mudanças climáticas.	(percentual)	FUNCEME/ 2019	Pérez-Foguet, Giné; 2011
	ISH-3	Coefficiente de Escoamento superficial.	Volume de escoamento de água ocorrido no limite de absorção do solo, medido com base nas precipitações ocorridas, no máximo de absorção de cada solo, levando-se em consideração uma evapotranspiração de 5 mm/dia.	(percentual)	FUNCEME/ 2019	Dobs <i>et al.</i> , 2014; Koschke <i>et al.</i> , 2014; Derkzen <i>et al.</i> , 2015.
	ISH-4	Índice de área verde	Corresponde a quantidade de área verde presente na área do município. Relação entre a área verde e a área total do município. Esse índice atua na manutenção do ciclo hidrológico possibilitando a continuidade da disponibilidade hídrica.	(percentual)	MAPBIOMAS/2019	Derkzen <i>et al.</i> , 2015; Rodriguez <i>et al.</i> , 2015;
	ISH-5	Situação dos mananciais de água dos sistemas de abastecimento das sedes municipais	Corresponde a classificação dos mananciais de água que abastecem as sedes urbanas quanto a um possível colapso hídrico.	(percentual)	CAGECE/2019	Grêt-Regamey <i>et al.</i> , 2016; Kain <i>et al.</i> , 2016.

Quadro 19 – Descrição dos indicadores propostos para o Índice de Segurança Hídrica

(Continua)

Dimensão	Cod.	Variáveis	Justificativa	Unidade	Fonte dos dados/Ano	Referências
Institucional – ISI	ISI-1	Legislação existente no município sobre Coleta Seletiva de resíduos sólidos domésticos.	O indicador referente a coleta seletiva pode estar relacionado com a segurança hídrica, à medida que sua não coleta e tratamento pode ter impacto direto nos recursos hídricos, diminuindo assim a segurança hídrica.	(percentual)	IBGE/2019	Pérez-Foguet, Giné, 2011.
	ISI-2	Legislação existente no município sobre Saneamento Ambiental.	Ter um Plano de Saneamento Básico municipal que consiga abranger os serviços de abastecimento de água, aumenta as condições de segurança hídrica, uma vez que ao realizar o diagnóstico da situação atual do saneamento básico do município, é possível incorporar metas e cenários futuros sobre questões que envolvam o saneamento ambiental.	(percentual)	IBGE/2019	Giné, Pérez-Foguet, 2010.
	ISI-3	O município faz parte de Comitê de Bacia Hidrográfica	A presença de Comitês de Bacias garante uma condição maior de segurança hídrica por atuarem principalmente nos conflitos relacionados à água.	(percentual)	IBGE/2019	Chaves; Alipaz, 2007.
	ISI-4	Existência de Plano de Contingência e/ou Mitigação para a Seca	Ter um Plano de Contingência e/ou Mitigação para a Seca pode influenciar em maior segurança hídrica para os municípios viabilizando a utilização mais racional da água. Além disso, é uma ferramenta efetiva de identificação de riscos, definição de medidas de contingência e orientar ações concretas para SH.	(percentual)	IBGE/2019	Sullivan <i>et al.</i> , 2003.
	ISI-5	Tipo de atendimento da portaria sobre qualidade da água	O indicador referente a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde pode estar relacionado com a segurança hídrica, à medida que os municípios adotam os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.	(percentual)	SNIS/ 2019	Rijsberman, 2005.

4.1.5 Procedimentos metodológicos dos indicadores e das dimensões do ISHCE

a) Dimensão Serviços de Oferta de Água

Na dimensão saneamento ambiental, os indicadores procuram avaliar a garantia da oferta de água para o abastecimento dos municípios e quantificar a população exposta a maiores riscos de não atendimento de água identificando os municípios mais críticos. Esta dimensão é representada pelo Índice de Segurança dos Serviços de oferta de água (ISA). O indicador ISA-1, intitulado “Consumo médio per capita de água”, é obtido a partir da relação entre o volume de água consumido e a população total atendida com abastecimento de água. O consumo médio *per capita* de água será calculado por meio da aplicação da Equação 16.

$$ISA-1_{x,y} = \left(\frac{Vlcon - Vlexp}{Pt} * \frac{1000}{365} \right) * 100 \quad (16)$$

Onde:

ISA-1_{x,y}= Consumo médio *per capita* de água do município *x*, no ano *y*;

Vlcon= Volume de água consumido para o município *x*, no ano *y*;

Vlexp= Volume de água tratada exportado para o município *x*, no ano *y*;

Pt= População total atendida com abastecimento de água para o município *x*, no ano *y*.

O indicador ISA-2, intitulado “Extensão da rede de água por ligação”, mede o adensamento horizontal, ou a distância média entre ligações de água. É extremamente relevante para contextualizar a universalização, pois baixo adensamento horizontal exige maiores investimentos para disponibilizar rede de abastecimento de água (e de coleta de esgoto) à população. A Equação 17 será utilizada para cálculo dos valores do indicador.

$$ISA-2_{x,y} = \left(\frac{ExtRede}{Qt} * \frac{1}{1000} \right) \quad (17)$$

Onde:

ISA-2_{x,y} = Extensão da rede de água por ligação do município *x*, no ano *y*;

ExtRede= Extensão da Rede de Água para o município *x*, no ano *y*;

Qt= Quantidade de Ligações Totais de água para o município *x*, no ano *y*;

O ISA-3, “Índice de perdas na distribuição”, informa o percentual do volume de água distribuído que é perdido até a apuração do volume consumido pelos usuários, seja por questões técnicas (vazamentos) ou comerciais (fraudes, hidrometração deficiente etc.). A Equação 18 será utilizada para cálculo dos valores do Índice de Perdas na Distribuição:

$$\text{ISA-3} = \left(\frac{Vp+Vt-Vc-Vs}{Vp+Vt-Vs} \right) * 100 \quad (18)$$

Onde:

ISA-3_{x,y} = Índice de perdas na distribuição do município *x*, no ano *y*;

Vp= Volume de água produzido do município *x*, no ano *y*;

Vt=Volume de água tratada importado do município *x*, no ano *y*;

Vc= Volume de água consumido do município *x*, no ano *y*;

Vs=Volume de serviço do município *x*, no ano *y*.

O ISA-4, “Índice de perdas por ligação”, este indicador expressa as perdas de água em litros por dia e por ligação de água, que permitirá análises complementares ao índice de perdas de água. A Equação 19 será utilizada para cálculo do indicador:

$$\text{ISA-4} = \left(\frac{Vp+Vt-Vc-Vs}{Qt} * \frac{1000.000}{365} \right) \quad (19)$$

Onde:

ISA-4_{x,y} = Índice de perdas por ligação do município *x*, no ano *y*;

Vp= Volume de água produzido do município *x*, no ano *y*;

Vt=Volume de água tratada importado do município *x*, no ano *y*;

Vc= Volume de água consumido do município *x*, no ano *y*;

Vs=Volume de serviço do município *x*, no ano *y*;

Qt= Quantidade de ligações ativas de água do município *x*, no ano *y*.

O ISA-5, “Índice bruto de perdas lineares”, este indicador expressa as perdas de água em m³ por dia e por quilômetro de rede, que permitirá análises complementares ao índice de perdas de água. A equação 20 será utilizada para o cálculo do indicador:

$$\text{ISA-5} = \left(\frac{Vp+Vt-Vc-Vs}{\text{Ext}} * \frac{1000}{365} \right) \quad (20)$$

Onde:

ISA-5_{x,y} = Índice bruto de perdas lineares do município *x*, no ano *y*;

V_p = Volume de água produzido do município *x*, no ano *y*;

V_t = Volume de água tratada importado do município *x*, no ano *y*;

V_c = Volume de água consumido do município *x*, no ano *y*;

V_s = Volume de serviço do município *x*, no ano *y*;

Ext = Extensão da rede de água do município *x*, no ano *y*.

O indicador ISA-6 “Índice de Hidrometração”, expressa o percentual de ligações ativas de água micromedidas (com hidrômetros) em relação ao total de ligações ativas, indicando o nível de hidrometração das ligações ativas de água. A ausência de hidrometração pode influenciar no indicador de perdas na distribuição, uma vez que não há medição de em uma das extremidades do sistema, que se refere aos usuários. Esse subíndice será calculado por meio da aplicação da Equação 21.

$$\text{ISA-6}_{x,y} = \left(\frac{Q_{\text{atv}}}{Q_{\text{micro}}} \right) * 100 \quad (21)$$

Onde:

ISA-6_{x,y} = Índice de Hidrometração no município *x*, no ano *y*;

Q_{atv} = Quantidade de ligações ativas de água para o município *x*, no ano *y*;

Q_{micro} = Quantidade de ligações ativas de água micromedidas para o município *x*, no ano *y*.

O indicador ISA-7 “Índice de Macromedição”, mede o percentual do volume distribuído que é macromedido, considerando-se exportações e importações de água tratada entre municípios dos sistemas produtores. A Equação 22 será utilizada para cálculo do subíndice será:

$$\text{ISA-7}_{x,y} = \left(\frac{V_{\text{macro}} - V_{\text{l\u00e1gua}}}{Q_{\text{micro}}} \right) * 100 \quad (22)$$

Onde:

ISA-7_{x,y} = Índice de Macromedição no município *x*, no ano *y*;

V_{macro} = Volume de Água Macromedido para o município *x*, no ano *y*;

V_{l\u00e1gua} = Volume de Água Tratada Exportada para o município *x*, no ano *y*.

O ISA-8 “Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão”, é vista como um indicador de contaminação fecal intimamente ligado a tratamento inadequado em manter a desinfecção residual da água tratada. Portanto, quanto menor for o percentual de amostras analisadas de coliformes totais fora do padrão, melhor será a qualidade da água fornecida para a população. Esse indicador será calculado por meio da aplicação da Equação 23.

$$\text{ISA-8} = \left(\frac{QDfp}{QD}\right) * 100 \quad (23)$$

Onde:

ISA-8_{x,y} = Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão do município *x*, no ano *y*;

QDfp= Quantidade de amostras para coliformes totais com resultados fora do padrão, para o município *x*, no ano *y*;

Qd= Quantidade de amostras para coliformes totais (analisadas), para o município *x*, no ano *y*.

O ISA-9 “Índice de atendimento total de água”, indica a parcela da população total (urbana e rural) efetivamente atendida por rede de abastecimento de água em relação à população total residente dos prestadores que responderam o SNIS. Além disso, é um indicador de saúde pública e retrata o percentual de atendimento total de água tratada nos municípios. O consumo de água tratada reflete na qualidade de vida da população. O subíndice de atendimento total de será calculado por meio da aplicação da Equação 24.

$$\text{ISA-9}_{x,y} = \left(\frac{\text{PopT}}{\text{PopR}}\right) * 100 \quad (24)$$

Onde:

ISA-9_{x,y} = Índice de atendimento total de água do município *x*, no ano *y*;

PopT= População total atendida com abastecimento de água, para o município *x*, no ano *y*;

PopR= População total residente dos municípios com abastecimento de água, segundo o IBGE, para o município *x*, no ano *y*.

b) Dimensão Hidroambiental

Os indicadores utilizados na dimensão hidroambiental expressa o potencial dos estoques de águas naturais para o suprimento de demandas a múltiplos usuários em situação de estiagem severa e seca, eventos que podem ser agravados pelas mudanças climáticas. Esta dimensão é representada pelo Índice de Segurança de Hidroambiental (ISH). O ISH-1 “Índice de Distribuição de Chuvas” associa as variações volumétricas, temporais e espaciais de chuva, levando-se em consideração o período escolhido para análise. Os resultados deste índice são classificados em quatro categorias: de 0,000 a 0,100 (crítica); de 0,101 a 0,200 (regular); de 0,201 a 0,300 (bom); de 0,301 a 1,000 (ótimo). A Equação 25 será utilizada para apuração dos valores desse indicador, é:

$$\text{ISH-1}_{x,y} = \left(\frac{P_m}{P}\right) \quad (25)$$

Onde:

ISH-1_{x,y} = percentual do Índice de Distribuição de Chuvas, para o município *x*, no ano *y*;

P média anual = Precipitação média anual (mm) no município *x*;

P= Precipitação média do período considerado (mm) no município *x*.

O ISH-2 “Índice de Aridez” é a precipitação histórica de um determinado ponto dividida pela evapotranspiração potencial (máximo de evaporação que se pode ter em um determinado ponto), conforme Equação 26. A aridez do clima contribui para escassez hídrica, concentração de sais no solo, principalmente o irrigado, e para o desenvolvimento de processos de desertificação, quando da retirada da vegetação. Valores acima de 1 ocorrem para precipitação histórica superior à evapotranspiração potencial, indicando menor grau de aridez. Assim quanto menor o índice, mais árida é a região.

$$\text{ISH-2}_{x,y} = 100 * \left(\frac{Pr}{Ev}\right) \quad (26)$$

Onde:

ISH-2_{x,y} = percentual do Índice de Aridez, para o município *x*, no ano *y*;

Pr média anual = Precipitação (mm) no município *x*;

Ev= evapotranspiração potencial no município *x*.

O ISH-3 “Escoamento Superficial” avalia o volume de escoamento de água ocorrido no limite de absorção do solo, medido com base nas precipitações ocorridas, no máximo de absorção de cada solo (capacidade de campo), levando-se em consideração uma evapotranspiração de 5 mm/dia, cujos escoamentos são classificados em três intervalos: de 0 a 59 mm (crítico); de 60 a 179 mm (regular); de 180 mm acima (bom), conforme Equação 27.

$$\text{ISH-3}_{x,y} = \left(\frac{P}{Q}\right) \quad (27)$$

Onde:

ISH-3_{x,y} = Escoamento Superficial para o município *x*, no ano *y*;

P = Precipitação (mm) no município *x*;

Q = Vazão média anual no município *x*.

O ISH-4 “Índice da Cobertura Vegetal”, esse indicador retrata a área da cobertura vegetal no município, conforme Equação 28. Destaca-se que a cobertura vegetal é fundamental para se manter as condições de vida para diferentes espécies de plantas e animais nativos da região, auxiliando a manutenção do equilíbrio ecológico e em especial dos recursos hídricos.

$$\text{ISH-4}_{x,y} = \left(\frac{A_{vm}}{A}\right) * 100 \quad (28)$$

Onde:

ISH-4_{x,y} = Índice da Cobertura Vegetal para o município *x*, no ano *y*;

A = Área com cobertura vegetal no município *x*;

A = Área total no município *x*.

O ISH-5 “Situação dos mananciais de água dos sistemas de abastecimento das sedes municipais”, esse indicador corresponde a classificação dos mananciais de água que abastecem as sedes municipais quanto a um possível colapso hídrico, conforme Equação 29.

$$\text{ISH-5} = \left(\frac{N_v}{V_l}\right) * 100 \quad (29)$$

Onde:

ISH-5_{x,y} = Situação dos mananciais de água dos sistemas de abastecimento das sedes municipais para o município *x*, no ano *y*;

N_v = Nível do reservatório, no município *x*;

Vol = Volume acumulado (m³), no município *x*.

c) Dimensão Institucional

Por fim, os indicadores da dimensão institucional têm por objetivo garantir a participação efetiva e organizada da sociedade nos processos de planejamento e fiscalização na gestão dos recursos hídricos, bem como avaliar a capacidade institucional dos municípios na gestão dos recursos hídricos. Esta dimensão é representada pelo Índice de Segurança Institucional (ISI).

O ISI-1 “Legislação existente no município sobre Coleta Seletiva de resíduos sólidos domésticos”. O indicador referente a coleta seletiva pode estar relacionado com a segurança hídrica, à medida que sua não coleta e tratamento pode ter impacto direto nos recursos hídricos, diminuindo assim a segurança hídrica. Foram atribuídos escores a cada um dos indicadores sendo: 1= se existir plano no município e 0 = caso contrário. O índice será calculado por meio da Equação 30.

$$ISI_{i,I}^1 = \begin{cases} 1, & \text{se sim} \\ 0, & \text{se não} \end{cases} \quad (30)$$

O ISI-2 “Existência de Plano de Saneamento Básico municipal contemplado o serviço de abastecimento de água”. Ter um Plano de Saneamento Básico municipal que consiga abranger os serviços de abastecimento de água, aumenta as condições de segurança hídrica, uma vez que ao realizar o diagnóstico da situação atual do saneamento básico do município, é possível incorporar metas e cenários futuros sobre questões que envolvam o saneamento ambiental.

Além disso, todos os municípios necessitam ter seus Planos Municipais, para os quatro segmentos, embasados pela Política Nacional de Saneamento Básico (Lei Federal nº 11.445/07) e pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal nº 12.305/10). Foram atribuídos escores a cada um dos indicadores sendo: 1= se existir plano no município e 0 = caso contrário. O índice será calculado por meio da Equação 31.

$$ISI_{i,I}^2 = \begin{cases} 1, & \text{se sim} \\ 0, & \text{se não} \end{cases} \quad (31)$$

O ISI-3, “O município faz parte de Comitê de Bacia Hidrográfica” A presença de Comitês de Bacias garante uma condição maior de segurança hídrica por atuarem principalmente nos conflitos relacionados à água. A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que

dispõe sobre a instituição da Política Nacional de Recursos Hídricos e criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos estabelece a criação dos Comitês de Bacia. Foram atribuídos escores a cada um dos indicadores sendo: 1= se existir plano no município e 0 = caso contrário. O índice será calculado por meio da Equação 32.

$$ISI_{i,I}^3 = \begin{cases} 1, & \text{se sim} \\ 0, & \text{se não} \end{cases} \quad (32)$$

O ISI-4, “Existência de Plano de Contingência e/ou Mitigação para a Seca” pode influenciar em maior segurança hídrica para os municípios viabilizando a utilização mais racional da água. Além disso, é uma ferramenta efetiva de identificação de riscos, definição de medidas de contingência e orientar ações concretas para SH. Foram atribuídos escores a cada um dos indicadores sendo: 1= se existir plano no município e 0 = caso contrário. O índice será calculado por meio da Equação 33.

$$ISI_{i,I}^4 = \begin{cases} 1, & \text{se sim} \\ 0, & \text{se não} \end{cases} \quad (33)$$

O ISI-5, “Tipo de atendimento da portaria sobre qualidade da água” refere-se a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Esse indicador pode estar relacionado com a segurança hídrica, à medida que os municípios adotam os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Foram atribuídos escores a cada um dos indicadores sendo: 1= se atende integralmente o município e 0 = caso contrário. O índice será calculado por meio da Equação 34.

$$ISI_{i,I}^5 = \begin{cases} 1, & \text{se sim} \\ 0, & \text{se não} \end{cases} \quad (34)$$

4.2 Segurança Hídrica dos municípios cearenses: uma proposta de medida que contempla a multidimensionalidade do conceito

O objetivo inicial era construir o Índice de Segurança Hídrica para todos os municípios do Ceará (ISHCE), pois o uso dessa unidade de análise permite a visualização das características de cada região, possibilitando verificar as especificidades de cada local. No entanto, oito municípios deixaram de ser listados devido à inexistência dos dados para todas as dimensões, a saber: Brejo Santo, Ibaretama, Ipaporanga, Ipú, Itapajé, Madalena, Milhã e São João do Jaguaribe. Sendo assim, adotou como unidade de observação os 176 municípios do Estado do Ceará como sistema socioecológico avaliado. O referido parâmetro possibilitou mensurar as condições de SH, nos âmbitos: hidroambiental, abastecimento de água, e capacidade institucional.

4.2.1 Os fatores explicativos da segurança hídrica no Ceará

Depois da rotação ortogonal, a partir das variáveis das dimensões foi possível extrair os fatores com raiz característica maior que 1, através do método dos componentes principais. De acordo com a Tabela 6 a contribuição desses fatores para explicar a variância total é significativa, uma vez que a contribuição acumulada supera o patamar de 60% (HAIR *et al.*, 2009).

Tabela 6 - Raiz característica, percentual explicado por cada fator e variância explicada das três Dimensões

Dimensões	Fator	Raiz característica	Variância explicada pelo fator (%)	Variância Acumulada (%)
Abastecimento de Água	Fator 1	2,6	25,87	25,87
	Fator 2	1,6	16,22	42,09
	Fator 3	1,3	12,94	55,03
	Fator 4	1,2	11,89	66,92
	Fator 5	1,1	10,99	77,91
Hidroambiental	Fator 1	2,0	40,42	40,42
	Fator 2	1,1	22,62	63,04
Institucional	Fator 1	1,8	36,81	36,81
	Fator 2	1,1	22,98	60,00

Fonte: Resultados da pesquisa.

A análise fatorial via método dos componentes principais permitiu a agregação dos indicadores selecionados preliminarmente em fatores ou componentes principais capazes de explicar as três dimensões do conceito de segurança hídrica. Cada fator pode ser entendido como uma subdimensão. Dessa forma, como é possível observar na Tabela 7, a dimensão Abastecimento de Água passou de 9 indicadores para 5 fatores explicativos. As outras duas dimensões foram explicadas por duas subdimensões. A observação das comunalidades associadas a cada indicador sugere que não houve perdas prejudiciais de informação contida em cada um deles originalmente (todas $\geq 0,5$).

Tabela 7 - Cargas fatoriais e comunalidades calculadas para as três Dimensões

Dimensões	Indicadores	Cargas Fatoriais					Comunalidades
		F1	F2	F3	F4	F5	
Abastecimento de Água	Consumo médio per capita	-	-	,793	-	-	0,698
	Extensão da rede de água por ligação	-	-	-	-	,986	0,978
	Índice de perdas na distribuição	,929	-	-	-	-	0,914
	Índice de perdas por ligação	,943	-	-	-	-	0,931
	Índice bruto de perdas	-	-	,784	-	-	0,884
	Índice de Hidrometração	-	,811	-	-	-	0,701
	Índice de Macromedição	-	,331	-	-,698	-	0,609
	Índice de atendimento total de água	-	-,758	-	-	-	0,691
	Índice de tratamento de esgoto	-	-	-	,755	-	0,690
Hidroambiental	Distribuição de Chuvas	,850	-	-	-	-	0,745
	Escoamento Superficial	,685	-	-	-	-	0,500
	Índice de Aridez	,747	-	-	-	-	0,646
	Área Vegetada	,344	7,43	-	-	-	0,671
	Situação dos mananciais	-,392	6,84	-	-	-	0,621
Institucional	Legislação existente no município sobre Coleta Seletiva de RSD	,789	-	-	-	-	0,624
	Legislação existente no município sobre Saneamento Ambiental	,749	-	-	-	-	0,566
	Legislação existente no município sobre Comitês de Bacias Hidrográficas	,680	-	-	-	-	0,500
	Existência de Plano de Contigência e/ou Mitigação para a Seca	,376	-,662	-	-	-	0,580
	Tipo de atendimento da portaria sobre qualidade da água	-	,839	-	-	-	0,757

Fonte: Resultados da pesquisa.

Além de permitir um primeiro nível de agregação na construção do índice agregado de segurança hídrica, a análise fatorial permitiu a compreensão de quais fatores mais contribuem para explicar cada uma das dimensões trabalhadas. Considerando o “Abastecimento de água”, o Fator 1 está fortemente relacionado com o índice de perdas por ligação e com o índice de perdas na distribuição. O Fator 1 possui maior variância explicada pelo fator, correspondendo com 25,87% do total da variância acumulada. O Fator 2, está relacionado com o índice de hidrometração e o índice de atendimento total de água. Esse Fator possui a segunda maior variância explicada pelo fator, correspondendo a 16,22% do total da variância acumulada.

O Fator 3, está relacionado com o consumo médio *per capita* e com o índice bruto de perdas, respectivamente e participa com 12,94% da variância total. Já o Fator 4, da referida dimensão está relacionado com o índice de macromedição e participação com 11,89% da variância total. Por sua vez, o Fator 5 está estreitamente relacionado a variável extensão da rede de água por ligação. Sua participação no total de variância é de 10,99%.

Na dimensão “Hidroambiental”, o Fator 1, está fortemente relacionado com o índice de distribuição de chuvas, índice de aridez e escoamento superficial. Sua participação, possui maior variância explicada pelo fator, correspondendo com 40,42% do total da variância acumulada. Já o Fator 2, está relacionado com a área vegetada e com a situação dos mananciais, respectivamente. Esse fator, possui a segunda maior variância explicada pelo fator, correspondendo a 22,62% do total da variância acumulada.

Na dimensão “Institucional”, o Fator 1, está relacionado fortemente com as variáveis: legislação existente no município sobre coleta seletiva de resíduos sólidos domésticos, legislação existente no município sobre saneamento ambiental e legislação existente no município sobre comitês de Bacias Hidrográficas. O Fator 1, dessa dimensão, possui maior variância explicada pelo fator, correspondendo com 36,81% do total da variância acumulada. Por sua vez o Fator 2 compõe-se pelas variáveis: tipo de atendimento da portaria sobre qualidade da água e com a existência de plano de contingência e/ou mitigação para a seca, respectivamente. Sua participação no total de variância explicada é de 22,98%.

Na Figura 23 é possível visualizar em conjunto quais os fatores mais importantes para explicar a atual situação da segurança hídrica que será discutida mais detalhadamente a seguir.

Figura 22 – Conjunto de fatores mais importantes para explicar a SH



Fonte: elaboração da autora (2021).

4.2.2 Análise espacial do Índice de Segurança hídrica dos municípios cearenses

Entendendo a composição de cada fator, passou-se ao cálculo dos subíndices das três dimensões, iniciando com a normalização dos escores fatoriais. Os subíndices que apresentam o maior valor (mais próximo a 1) indicam os municípios que possuem maior segurança hídrica na respectiva dimensão e o menor valor (mais próximo a zero) indicam os que possuem menor segurança hídrica. A análise de agrupamento, a partir do ISHCE, classificou os 176 municípios do Ceará, relativo ao ano de 2019, segundo os 19 indicadores, categorizados nas três dimensões: abastecimento de água, hidroambiental e institucional.

4.2.2.1 ISHCE global

A Tabela 8 apresenta a distribuição do ISHCE global (índice médio de 0,47), que variou de 24 a 93 e foi classificado em: baixo, intermediário e alto (Apêndice III). É possível observar que 59 municípios cearenses apresentam níveis altos de SH; 93 intermediários e apenas 24 apresentam baixos níveis de SH.

Tabela 8 - Distribuição dos municípios cearenses por classe de ISHCE

Dimensão	Abastecimento de água	Hidroambiental	Institucional	ISHCE	Municípios
Índice Médio	0,56	0,35	0,51	0,47	
Menores níveis: $0,0976 \leq \text{ISHCE} \leq 0,3570$					24
Níveis Intermediários: $0,3630 \leq \text{ISHCE} \leq 0,5192$					93
Maiores níveis: $0,5232 \leq \text{ISHCE} \leq 0,7830$					59

Fonte: Elaboração própria da autora.

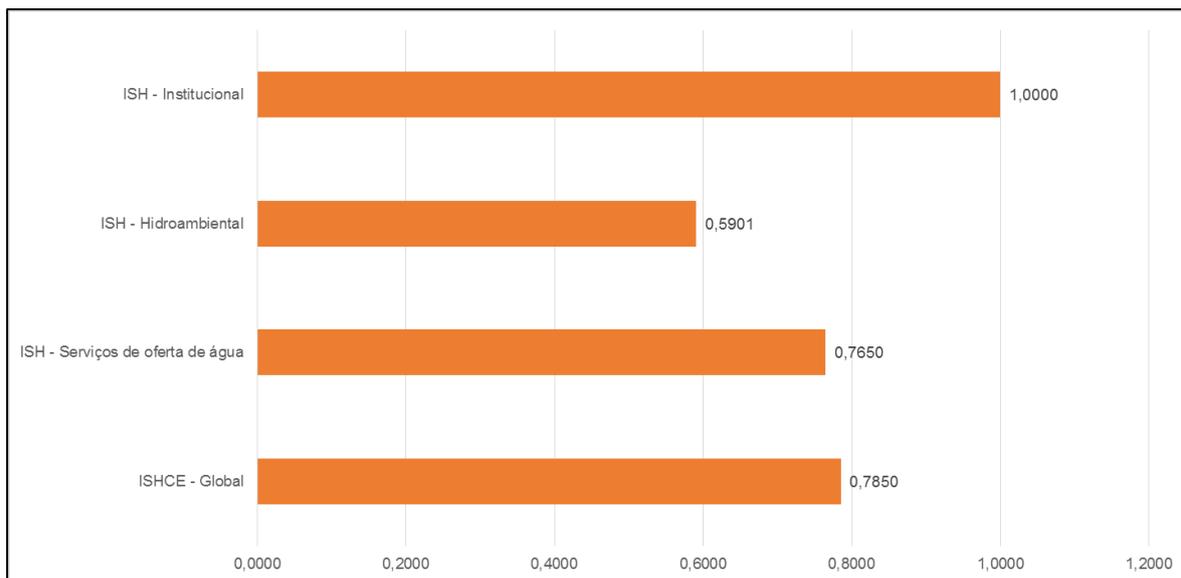
Observa-se que a maioria dos municípios do Estado (cerca de 86%) foi classificada nas classes com ISHCE intermediário e mais elevada. No nível com ISHCE mais elevado (33,52), a classificação dos 10 municípios que apresentaram os melhores índices foram: Redenção (0,7850), Tianguá (0,7665), Guaramiranga (0,7625, Maranguape (0,7368), Pacoti (0,7256), Eusébio (0,7087), Uruoca (0,6979, Altaneira (0,6884), Meruoca (0,6695) e Fortaleza (0,6533).

Desse modo, analisa-se a seguir os três municípios que obtiveram os índices mais elevados, indicando assim as dimensões que influenciaram as suas posições. O município de Redenção foi, em termos relativos, o que mais apresentou segurança hídrica às dimensões: Institucional (1,00); Abastecimento de água (0,7650); e, Hidroambiental (0,5901), no ano de 2019, apresentando um valor global do ISHCE correspondente a 0,7850, conforme o Gráfico da Figura 24.

Tianguá foi o segundo município com mais segurança hídrica em 2019, possuindo um valor para o ISHCE de 0,7665, as dimensões que detiveram a melhor situação corresponderam: Institucional (1,00); Abastecimento de água (0,6847); e, Hidroambiental (0,6148), conforme o Gráfico da Figura 25.

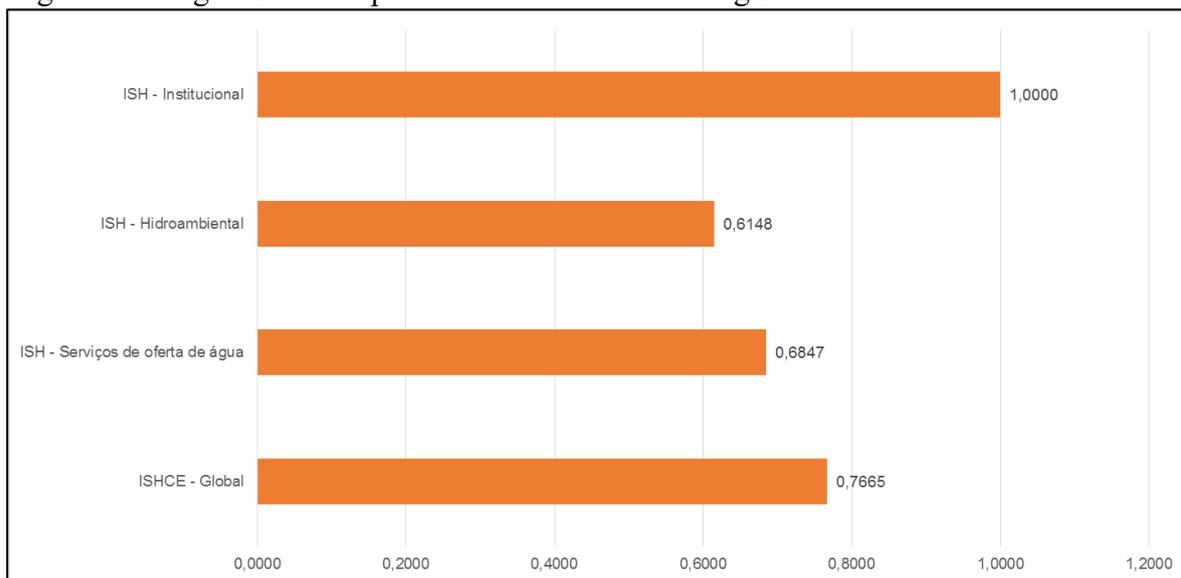
O município de Guaramiranga foi o terceiro que apresentou mais segurança hídrica em 2019, tendo um valor para o ISHCE igual a 0,7625. As dimensões que anotaram o melhor desempenho foram: Hidroambiental (0,9407); Institucional (0,7763); e, Abastecimento de água (0,5706), conforme o Gráfico da Figura 26.

Figura 23 – Primeiro município com maior ISHCE: Redenção



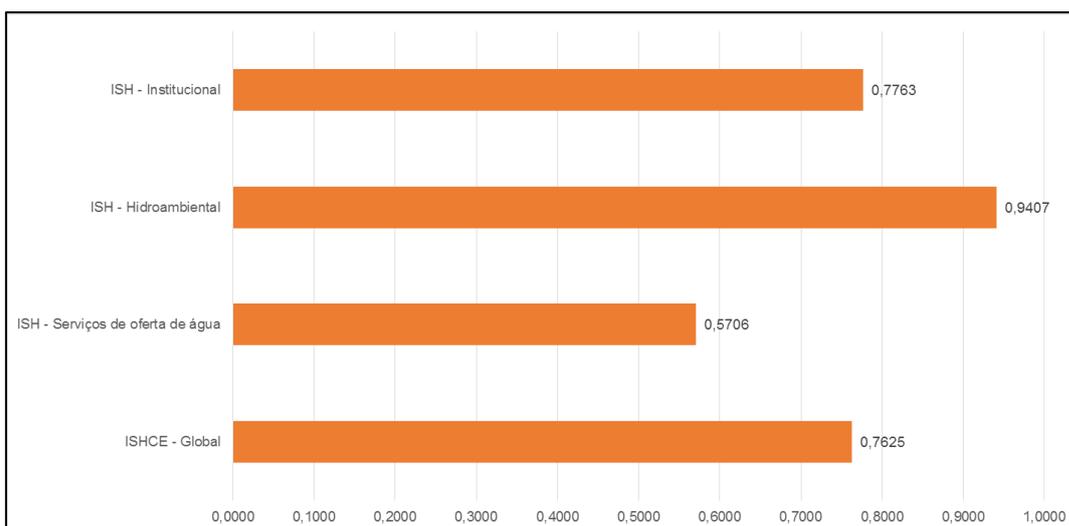
Fonte: Elaboração própria da autora.

Figura 24 - Segundo município com maior ISHCE: Tianguá



Fonte: Elaboração própria da autora.

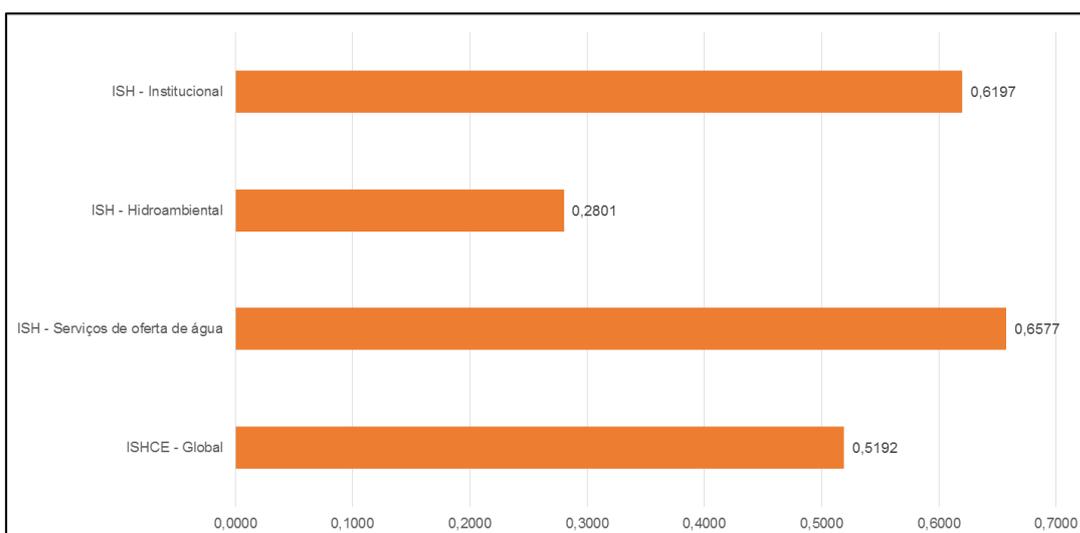
Figura 25 - Terceiro município com maior ISHCE: Guaramiranga



Fonte: Elaboração própria da autora.

No nível de ISHCE intermediário (52,84), destacam-se os dez municípios que apresentaram os melhores índices nessa classificação: Missão Velha (0,5192), Morrinhos (0,5177), Poranga (0,5151), Granjeiro (0,5150), Quixeré (0,5133), Tejuçuoca (0,5126), Crateús (0,5105), Acaraú (0,5053), Paraipaba (0,5014) e Horizonte (0,5014). Nessa classificação, o município Missão Velha foi, em termos relativos, o que apresentou melhor segurança hídrica nas seguintes dimensões: Abastecimento de água (0,6577); Institucional (0,6197); e, Hidroambiental (0,2801), no ano de 2019, apresentando um valor global do ISHCE correspondente a 0,5192, conforme o Gráfico da Figura 27.

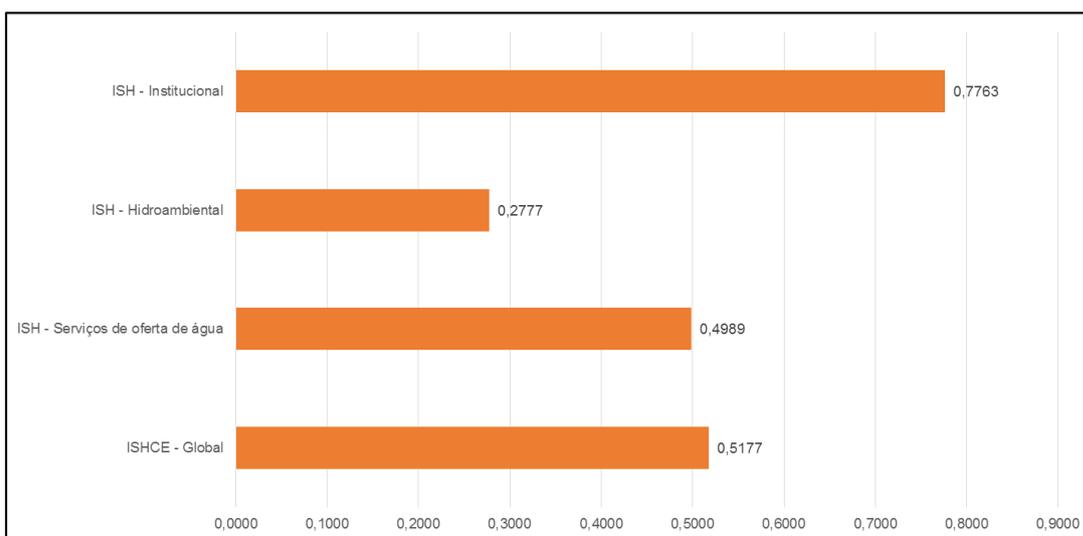
Figura 267 - Primeiro município na categoria intermediária do ISHCE: Missão Velha



Fonte: Elaboração própria da autora.

Morrinhos foi o segundo município na categoria intermediária, em 2019, possuindo um valor para o ISHCE de 0,5177, as dimensões que detiveram a melhor situação corresponderam: Institucional (0,7763); Abastecimento de água (0,4989); e, Hidroambiental (0,2777), conforme o Gráfico da Figura 28.

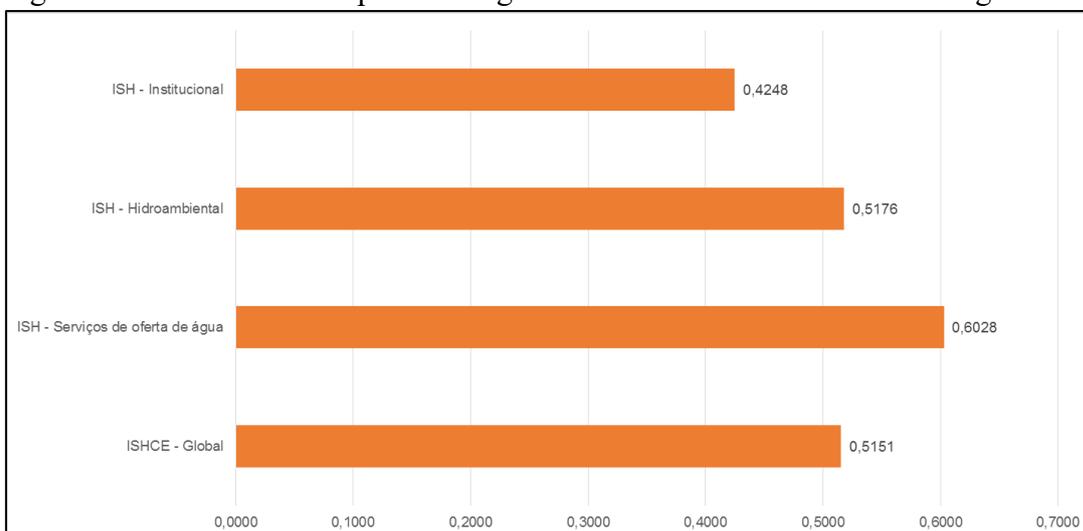
Figura 27 - Segundo município na categoria intermediária do ISHCE: Morrinhos



Fonte: Elaboração própria da autora.

Poranga foi o terceiro município na categoria intermediária do ISHCE, tendo um valor para o ISHCE igual a 0,5151. As dimensões que anotaram o melhor desempenho foram: Abastecimento de água (0,6028), Hidroambiental (0,5176); e, Institucional (0,4248), conforme o Gráfico da Figura 29.

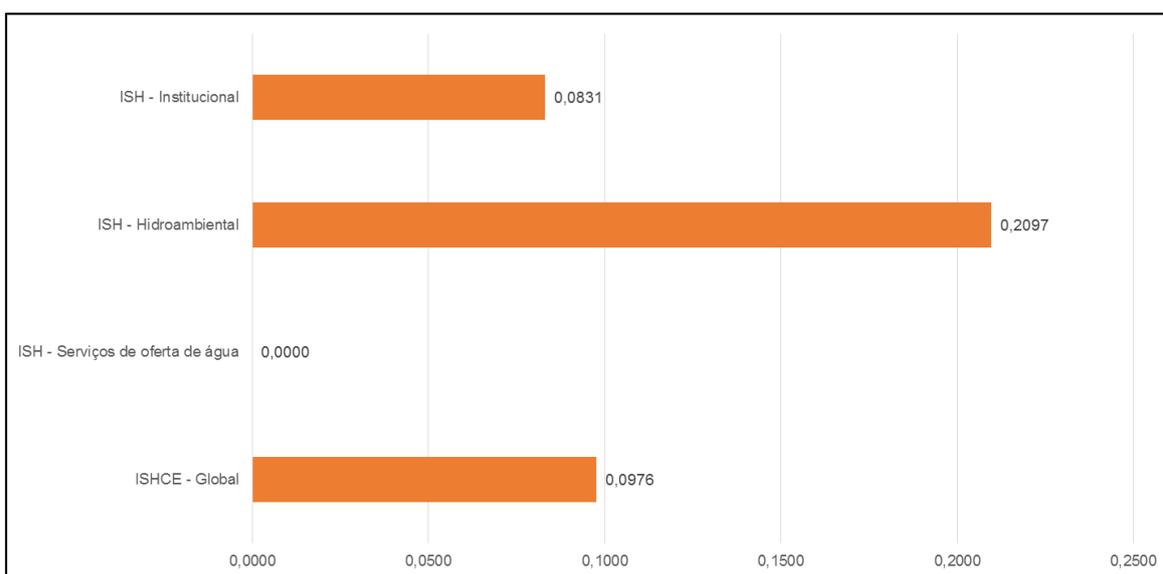
Figura 29 - Terceiro município na categoria intermediária do ISHCE: Poranga



Fonte: Elaboração própria da autora.

No nível do ISHCE baixo (13,63), destacam-se os dez municípios com menores níveis de segurança hídrica: Jardim (0,0976), Pindoretama (0,1344), Jaguaribara (0,2052), Aiuaba (0,2130), Pedra Branca (0,2145), Boa Viagem (0,2156), Caririaçu (0,2221), Banabuiú (0,2221), Amontada (0,2246) e Icapuí (0,2734). Nessa classificação, o município Jardim foi o que apresentou um menor valor do ISHCE, para as seguintes dimensões: Institucional (0,0831); e, Hidroambiental (0,2097), apresentando um valor global do ISHCE correspondente a 0,0976, conforme o Gráfico da Figura 30.

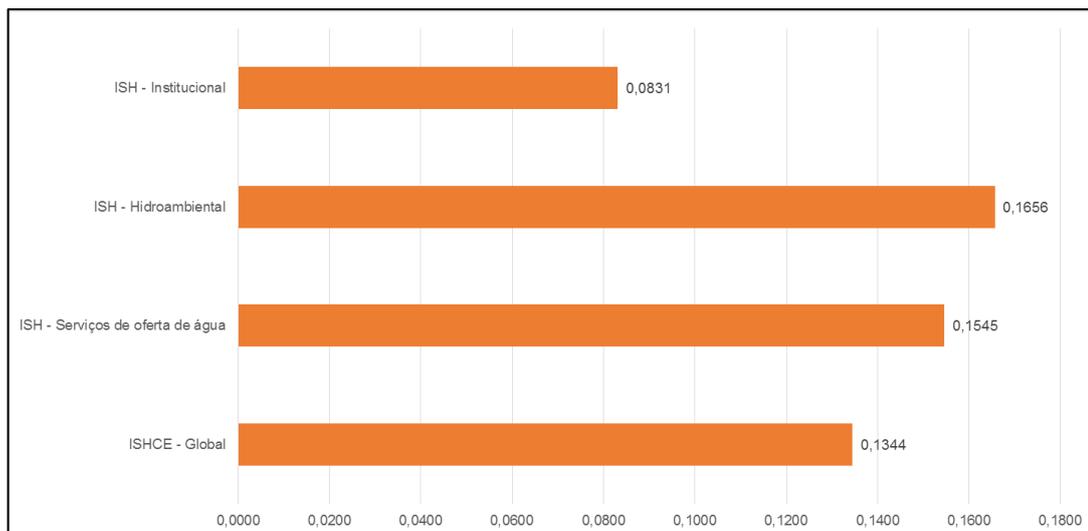
Figura 28 - Município com menor valor do ISHCE: Jardim



Fonte: Elaboração própria da autora.

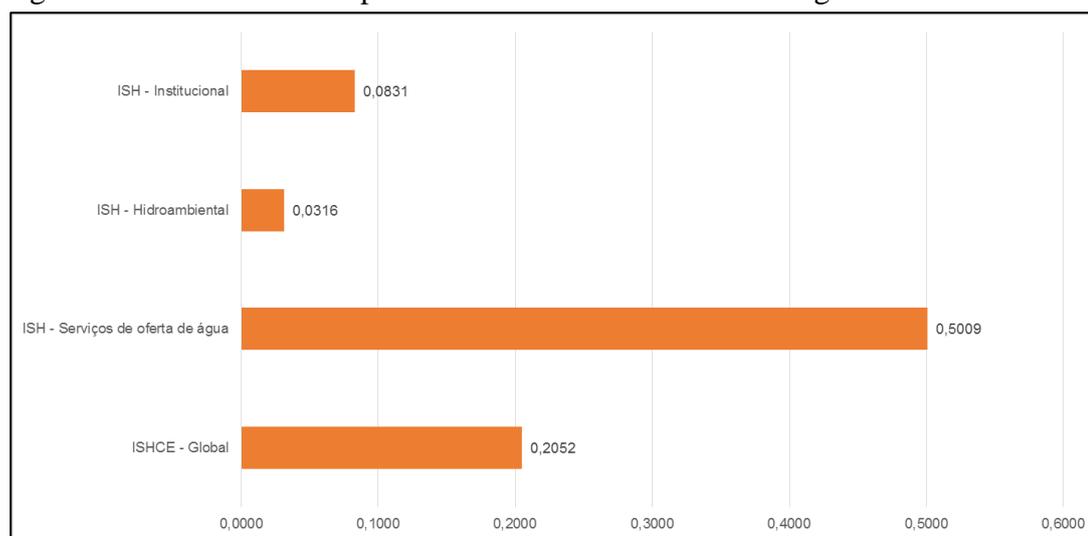
Pindoretama foi o segundo município com menor valor do ISHCE (0,1344) para as seguintes dimensões: Institucional (0,0831); Abastecimento de água (0,1545); e, Hidroambiental (0,1656), conforme o Gráfico da Figura 31. Já o município de Jaguaribara foi classificado como o terceiro com menor valor do ISHCE (0,2052). As dimensões que apresentaram menores valores foram: Abastecimento de água (0,5009), Hidroambiental (0,316); e, Institucional (0,0831), conforme o Gráfico da Figura 32.

Figura 29 - Segundo município com menor valor do ISHCE: Pindoretama



Fonte: Elaboração própria da autora.

Figura 30 - Terceiro município com menor valor do ISHCE: Jaguaribara



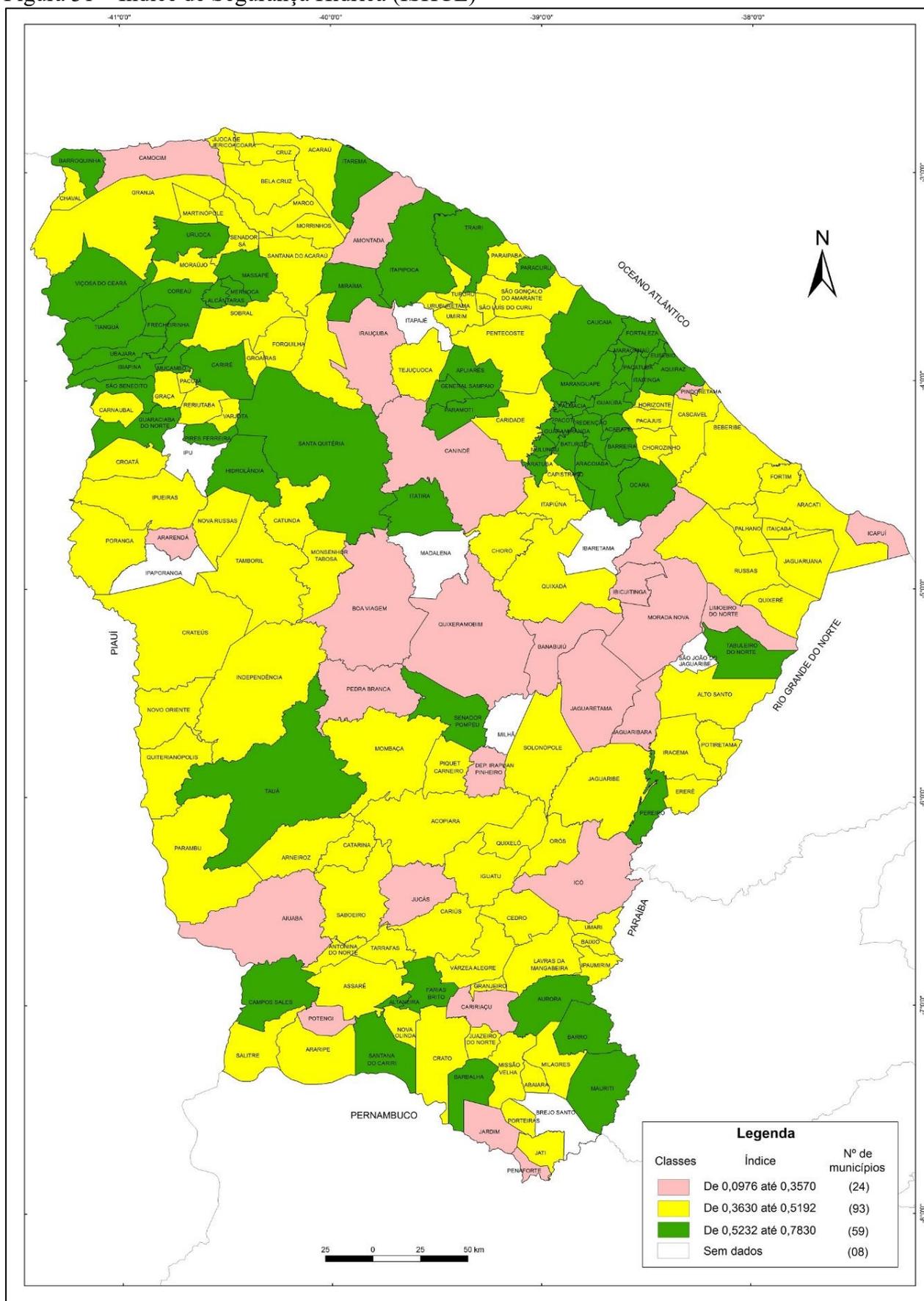
Fonte: Elaboração própria da autora.

Em suma, os melhores valores do ISHCE estão localizados, principalmente nas bacias Metropolitanas, Acaraú, Serra da Ibiapaba e Salgado. Essas bacias são estratégicas para o Estado em razão de maior crescimento econômico, com persistência de bolsões de pobreza, e tal fragilidade tende a ser incrementada em razão de crescimento populacional, das incertezas climáticas, da carência de infraestrutura de saneamento e fraquezas institucionais no alcance do controle e gestão da água, por isso investigações que visem à segurança hídrica devem buscar propostas e perspectivas que apontem soluções viáveis para o fortalecimento da gestão das bacias hidrográficas.

Em contrapartida, a bacia do Sertão Central foi a que mais apresentou municípios em situação de menor segurança hídrica. Em resposta ao contexto de insegurança hídrica dessa região, novas políticas têm sido formuladas na tentativa de minimizar os efeitos das secas. Uma delas é o Projeto Malha D'Água (Sistema Adutor Banabuiú – Sertão Central) que tem como objetivo ampliar a segurança hídrica, garantindo condições qualitativas e quantitativas de fornecimento de água para o abastecimento dessa região.

Uma vez calculado o ISHCE e definido em qual classe cada município se enquadra, pode-se plotar esses resultados em um mapa, sendo, assim, possível observar como o Índice de Segurança Hídrica está distribuído espacialmente e de forma heterogênea no estado, o qual está apresentado na (FIGURA 33).

Figura 31 – Índice de Segurança Hídrica (ISHCE)



Fonte: Elaboração própria da autora.

A seguir será aprofundada a análise da segurança hídrica nos municípios, considerando cada dimensão componente do ISHCE separadamente. Dessa forma será possível identificar onde estão as maiores fragilidades e pontos prioritários para a gestão dos recursos hídricos.

4.2.2.2 Dimensão “Abastecimento de Água” (ISA)

Assim como foi feito com o ISHCE, estratificou-se a dimensão “Abastecimento de Água” (ISA) em três classes para análise: menores níveis, níveis intermediários e níveis mais elevados obtendo-se uma variação de 0,00 a 1,00. O índice médio do ISA para os municípios foi igual a 0,56. Na Tabela 9, verifica-se um total de 27 municípios com baixo ISA (15,34), enquanto 46 municípios apresentam níveis altos nessa dimensão (26,13). Menciona-se, ainda, que a maior parte dos municípios se concentram na classe intermediária, correspondendo a 56,52 do total de municípios.

Tabela 9 - Distribuição da dimensão – ISA nos municípios cearenses por meio dos clusters

Dimensão	Abastecimento de água - ISA	Número de municípios
Índice Médio	0,56	
	$0,000 \leq ISA \leq 0,4514$	27
	$0,4579 \leq ISA \leq 0,6210$	103
	$0,6234 \leq ISA \leq 1,000$	46

Fonte: Elaboração própria da autora.

A Figura 34, mostra a distribuição espacial dos municípios cearenses em relação a dimensão “Abastecimento de Água” (ISA), para o ano de 2019, podendo-se comparar regionalmente o nível de segurança dos municípios assim como localizar territorialmente os municípios com maior e menor segurança para essa dimensão.

Nesse sentido, analisando a referida figura, verifica-se que os municípios que foram incluídos no nível mais baixo do ISA representaram cerca de 15,34%, sendo: Banabuiú, Pedra Branca, Mombaça, Irauçuba e Apuiarés. Esses municípios caracterizaram-se principalmente, devido ao “alto índice perdas na distribuição” e pelo elevado percentual do “índice perdas por ligações”.

Para a contextualização do ISA, os municípios classificados nessa categoria encontram-se em uma situação de menor segurança hídrica ao apresentar elevados índices de perda de distribuição, uma vez que a água perdida, que é tratada, poderia suprir as necessidades em momentos de escassez hídrica. A perda na distribuição de água é um problema que aflinge

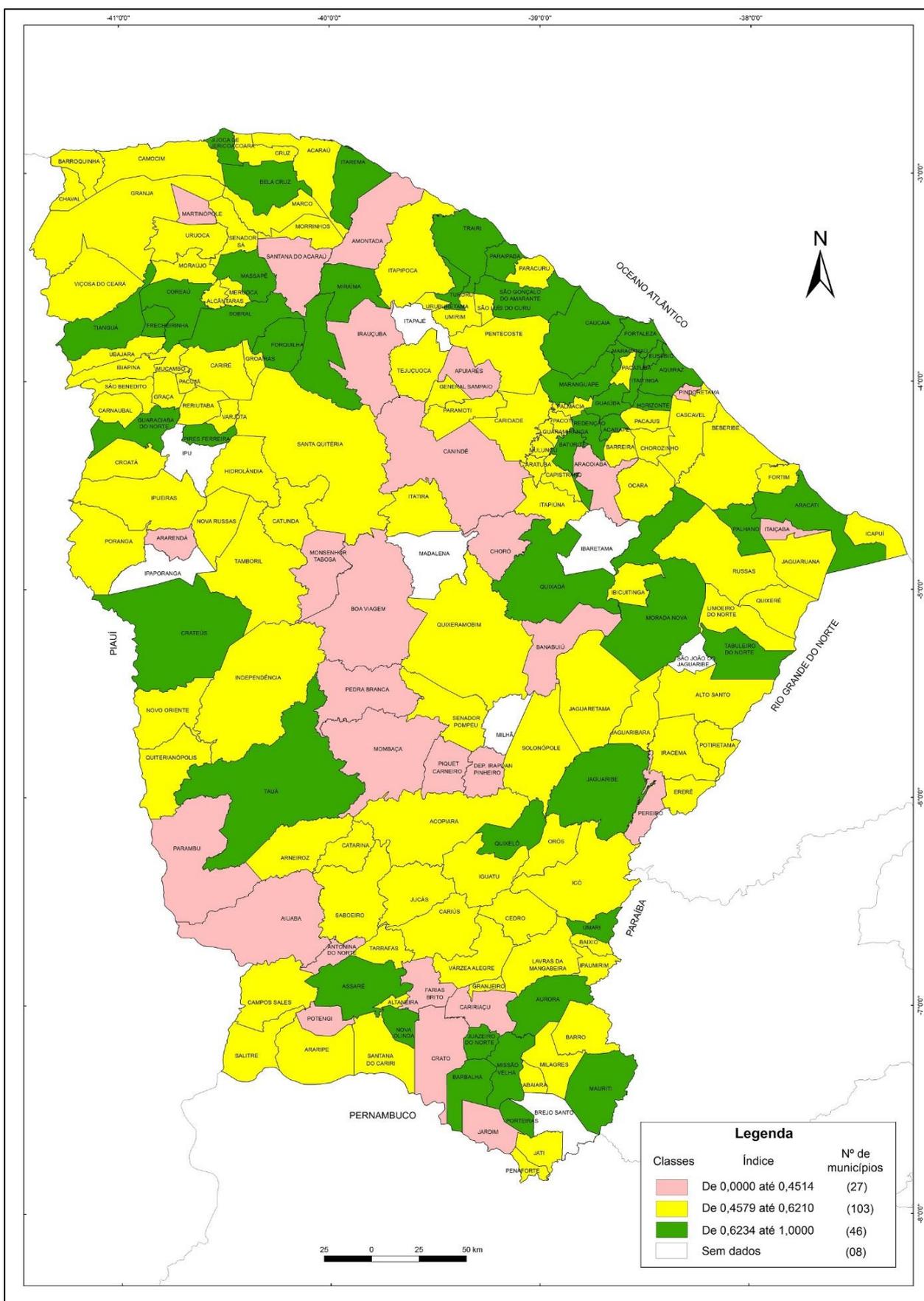
grande parte dos municípios, e que está envolvida intrinsecamente com uma má gestão. A falta de manutenção das tubulações pode ser apontada como a principal causa da perda de água ao longo da distribuição.

Segundo dados da Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE), grande parte dessas perdas se deve a dificuldades de gestão operacional, pois seus setores hidráulicos são antigos e com grande número de ligações, além de muitos não serem totalmente “confinados”, causando vazamentos.

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), assevera que os elevados índices de perdas na distribuição revelam a necessidade de ações voltadas para a melhoria na gestão e a modernização de sistemas. Na média nacional, em 2019, as perdas na distribuição, atingiram em 36,7%. Este valor está bem acima daqueles encontrados em países como a Alemanha e o Japão, cujas perdas são aproximadamente de 10% (SNIS, 2019).

Por sua vez, a maioria dos municípios (84,66%) estão classificados. Nos municípios que apresentaram maior segurança destacam-se os indicadores relacionados a eficiência do sistema, tais como: a macromedição (realizada desde a captação até a distribuição da água) e a micromedição (realizada no ponto de abastecimento do usuário). Dessa maneira, esses indicadores relacionados à eficiência dos serviços prestados nas residências consistem em melhor segurança para a população. Os municípios que apresentaram melhor classificação, relativa à dimensão ISA, foram: Fortaleza, Eusébio, Maracanaú, Sobral e Barbalha.

Figura 32 – Dimensão Serviços de Abastecimento de água - ISA



Fonte: Elaboração própria da autora.

4.2.1.3 Dimensão dimensão Hidroambiental (ISH)

Na dimensão Hidroambiental (ISH), o índice médio foi de 0,35, correspondendo o menor valor entre as três dimensões do ISHCE. Na Tabela 10, é possível observar que apenas 19 municípios apresentaram o ISH; 77 municípios apresentaram ISH intermediários e 80 municípios apresentaram de SH para essa dimensão. A maioria dos municípios (cerca de 89,20%) ficou nos níveis de ISH intermediário e baixo (FIGURA 35).

Tabela 10 - Distribuição da dimensão – ISH nos municípios cearenses por meio dos *clusters*

Dimensão	Hidroambiental (ISH)	Número de municípios
Índice Médio	0,35	
	$0,000 \leq ISH \leq 0,3025$	80
	$0,3064 \leq ISH \leq 0,5456$	77
	$0,5901 \leq ISH \leq 1,000$	19

Fonte: Elaboração própria da autora.

Na Figura 35, a maioria dos municípios (89,20%) estão classificados nos níveis, em sua maior parte, os municípios estão localizados nas bacias dos Sertões de Crateús; Banabuiú, Alto e Médio Jaguaribe. As principais variáveis que contribuíram para este resultado foram: o índice de distribuição de chuvas, índice de aridez e escoamento superficial. As variáveis que mais contribuíram para esta situação de baixa segurança na dimensão hidroambiental foram: índice de distribuição de chuvas, índice de aridez e escoamento superficial.

O Estado do Ceará, é um dos estados que mais sofre com a escassez crônica de água, visto que 98,7% do território cearense (129.187,7 km², equivalente a 175 municípios do Estado) pertence ao Semiárido Brasileiro (SAB), onde residem cerca de 9 milhões de habitantes, sendo 12% vivendo em extrema pobreza e 42% em pobreza (IPECE, 2019). Essa situação converge para o fato de que as políticas públicas para tais municípios precisam ser mais efetivas, passando as medidas paliativas de convivência com a seca.

Além da irregularidade pluviométrica do Estado do Ceará (distribuição espacial e temporal), nas quais a pluviometria média histórica anual supera os 1500mm, contrastando, com outras regiões, onde esses valores se situam em torno de 500mm. Somados a esses problemas, tem-se a variabilidade interanual das chuvas e as elevadas taxas de evaporação, com cerca de 90%, ou seja, 2.200 mm/ano da chuva não é aproveitado devido à evaporação e também

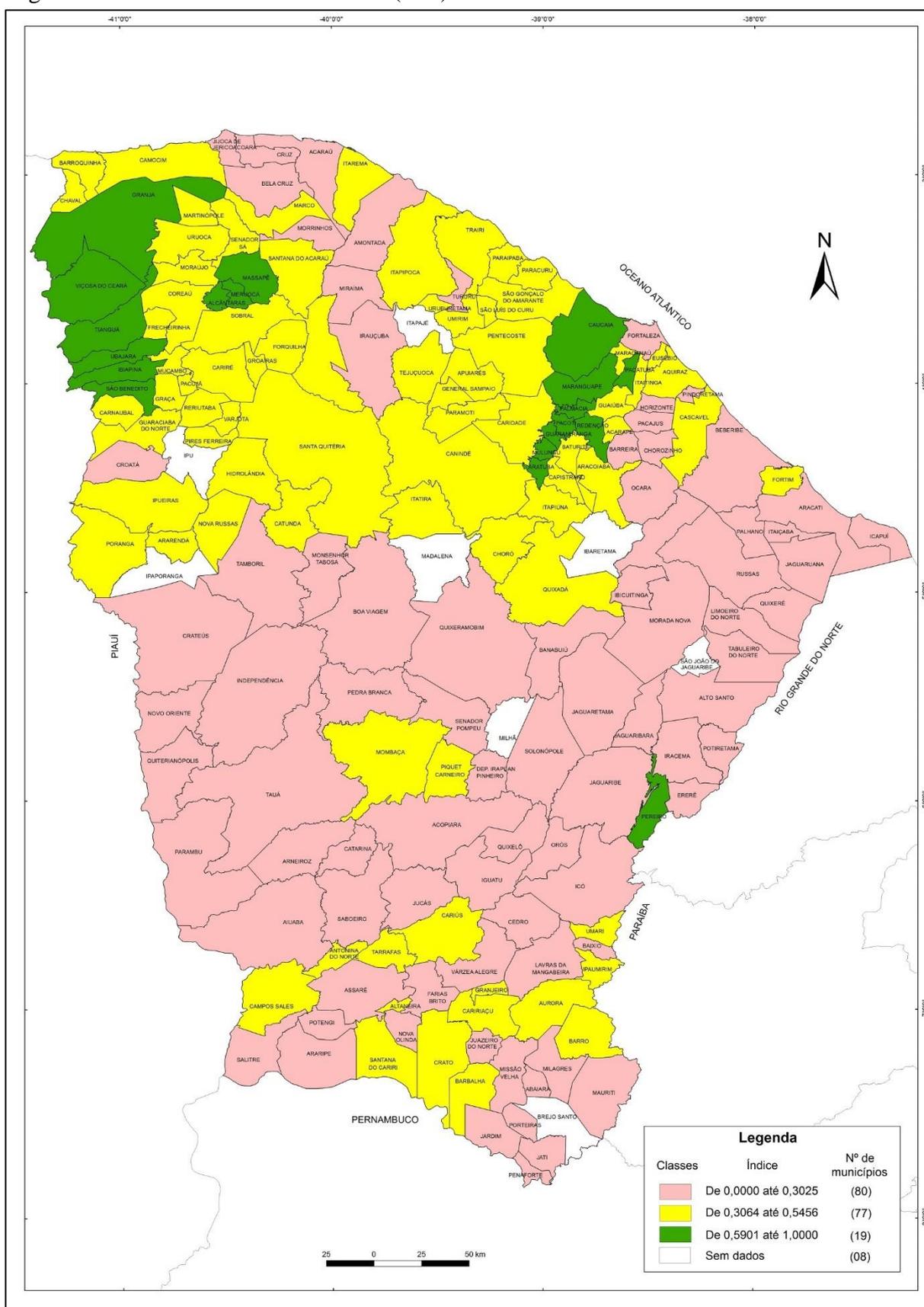
pelo predomínio de solos cristalinos (80% do território) facilitando o rápido escoamento superficial (ANGELOTTI; SÁ; MELO, 2009).

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 hidroambientais desta região, que, aliadas a políticas públicas equivocadas, culminaram para acentuar esta conjuntura crítica de elevada vulnerabilidade (CIRILO, 2008; CIRILO; MONTENEGRO; CAMPOS, 2017).

Neste sentido, muitas ações foram efetivadas para amenizar os efeitos da escassez hídrica no território cearense, como por exemplo, a construção de barragens e açudes (28.500 reservatórios de menor porte e 155 reservatórios estratégicos), a instalação de 408 km de canais, 1.784 km de adutoras e redes de distribuição e 32 estações de bombeamento (SRH, 2018).

A infraestrutura física de armazenamento compreende ainda a interligação de bacias, perfuração e instalação de 10.743 poços, implantação de sistemas de abastecimento de água, entre outras ações (SRH, 2018), porém a continuada política de acumulação de água, posta em prática no Estado do Ceará, se deparou com a necessidade de que fosse implementada uma nova fase da história das águas do Ceará: A gestão das suas águas já armazenadas, através da integração das políticas de gestão dos recursos hídricos e da gestão ambiental.

Figura 33 – Dimensão Hidroambiental (ISH)



Fonte: Elaboração própria da autora.

4.2.1.4 Dimensão “Institucional” (ISI)

Por fim, a dimensão “Institucional” (ISI) apresentou um índice médio de 0,51. Na Tabela 11, é possível observar que apenas 12,5% dos municípios tiveram ISI baixo, os cinco municípios com a menor classificação na referida classe foram: Banabuiú, Canindé, Boa Viagem, Pedra Branca e Solonópole.

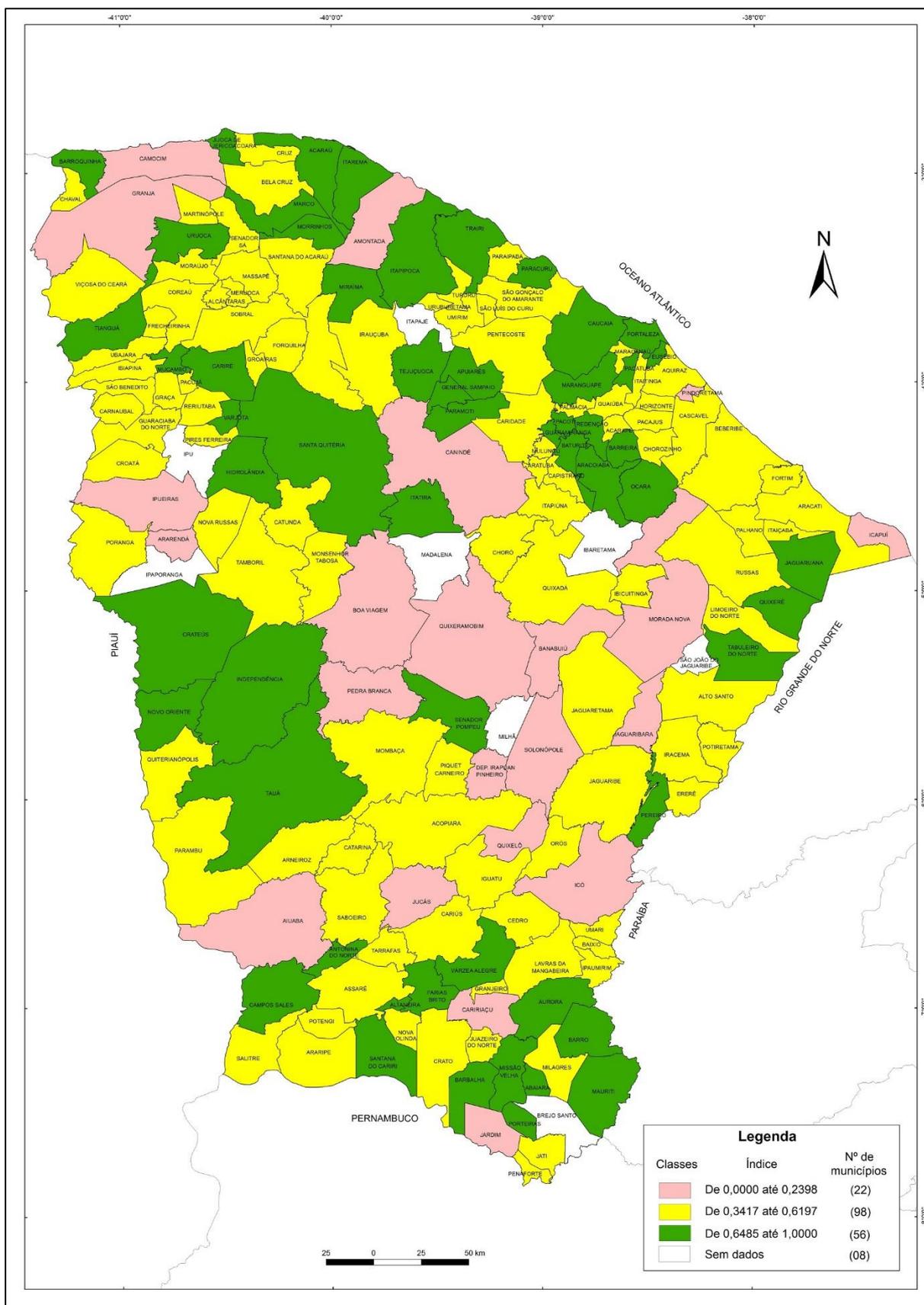
A maioria dos municípios (87,5%), estão classificados nas classes de ISI intermediário. Os cinco com melhor classificação em relação ao ISI intermediário foram: Crato, Sobral, Aracati, Pacajus e Horizonte; e os cinco em se tratando do ISI alto foram: Fortaleza, Barbalha, Guaramiranga, Acaraú e Eusébio (FIGURA 36).

Tabela 11 - Distribuição da dimensão – ISI nos municípios cearenses por meio dos *clusters*

Dimensão	Institucional – ISI	Número de municípios
Índice Médio	0,51	
	$0,000 \leq \text{ISI} \leq 0,2398$	22
	$0,3417 \leq \text{ISI} \leq 0,6197$	98
	$0,6485 \leq \text{ISI} \leq 1,000$	56

Fonte: Elaboração própria da autora.

Figura 34 – Dimensão Institucional (ISI)



Fonte: Elaboração própria da autora.

4.3 A relação entre o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal e a Segurança Hídrica no Estado do Ceará

Para analisar o impacto da segurança hídrica no nível de desenvolvimento dos municípios cearenses foram estimados modelos de regressão pelo método MQO (que capta o impacto em termos médios) e regressão quantílica que capta prováveis impactos diferenciados segundo os níveis de desenvolvimento. Esse último método é aceitável na pesquisa, pois é factível assumir que a segurança hídrica pode ter uma importância maior ou menor dependendo do grau no qual o município se encontra.

Em termos médios, resultados do modelo MQO robusto na Tabela 12, a segurança hídrica tem um efeito positivo e significativo no desenvolvimento dos municípios do Ceará, embora muito baixo. Uma análise desse efeito considerando-se cada uma das dimensões da segurança isoladamente permite inferir que esse efeito geral é baixo porque apenas a dimensão ISA consegue influenciar significativamente o IDH dos municípios. Essa foi a dimensão com melhores resultados na análise feita na seção 4.2, o que permite supor que a precariedade ou pior situação dos indicadores hidroambientais e institucionais os tornam inaptos a influenciar significativamente o desenvolvimento local.

Tabela 12 - Resultados dos modelos representados pelas equações 9 a 16. Método MQO e Regressão Quantílica (Variável dependente = IDHM).

Variável Independente	MQO Robusto			Coeficientes da Regressão Quantílica			
	Coeficiente	R ²	F	25%	50%	75%	90%
ISA	0,081*	0,103	14,97*	0,059*	0,055*	0,101*	0,109**
ISH	-0,015	0,006	1,48	-0,042	-0,015	-0,015	0,003
ISInst	0,008	0,003	0,46	0,002	0,010	0,010	0,006
ISHCE	0,044**	0,027	4,60**	0,015	0,027	0,044	0,065

Fonte: Elaboração própria.

Legenda: * p<0,01, ** p<0,05. (Output dos modelos estimados se encontram no Apêndice IV).

Ainda com relação aos resultados dos modelos estimados pelo MQO nota-se, a partir dos baixíssimos valores dos coeficientes estimados (R²), que é um equívoco atribuir demasiada importância à segurança hídrica quando se quer explicar os baixos níveis de desenvolvimento humano nos municípios. A segurança hídrica, considerando-se as três dimensões em conjunto explica em apenas 2,7% o comportamento do IDH. Porém, se

considerar apenas a dimensão “abastecimento de água”, nota-se que esta tem uma importância relativamente maior (10,3%).

É possível inferir, então, que as dimensões “hidroambiental” e “institucional” estão enfraquecendo a importância da segurança hídrica em seu aspecto global, como promotora do desenvolvimento, sendo necessária portanto uma maior preocupação dos gestores no sentido de melhorar o potencial transformador dessas dimensões e colocá-las como aliadas da problemática socioeconômica e ambiental da região.

Os resultados da regressão quantílica corroboraram a importância da dimensão abastecimento para o desenvolvimento e acrescentaram a informação de que o impacto desta dimensão se dá de forma diferenciada entre os municípios mais e menos desenvolvidos. Como é possível observar a dimensão ISA tem impacto significativo em todos os quantis da distribuição da variável IDH. Contudo, esse impacto cresce dos quantis inferiores (onde estão os municípios com menores valores de IDH) para os quantis superiores, ou seja, a dimensão abastecimento da segurança hídrica tem um impacto quase duas vezes maior nos municípios mais desenvolvidos relativamente aos municípios menos desenvolvidos.

Uma possibilidade para que isso ocorra é que a segurança hídrica nessa dimensão requer uma conjuntura fortalecida (melhores condições educacionais, econômicas, de planejamento urbano) para exercer seu papel de catalisador/vetor de desenvolvimento). Isso ocorre em virtude que, “[...] a água é um bem econômico e um recurso estratégico essencial ao desenvolvimento econômico e social dos países” (BARROS; AMIN, 2008, p. 75), bem como dos Municípios. “Portanto, há uma profunda relação entre desenvolvimento e bens naturais, mais especificamente as águas” (MARCHESAN; COMASSETTO, 2019, p. 22).

Com isso, significa dizer que “pouca oferta ou água de baixa qualidade, interferem e/ou comprometem o desenvolvimento das atividades econômicas e, principalmente, a qualidade de vida das pessoas e do ambiente” (MARCHESAN; COMASSETTO, 2019, p. 22) e, portanto, influenciam o desenvolvimento humano de cada localidade. Desse modo, pensar estrategicamente no diagnóstico, monitoramento e implementação de políticas públicas para a SH são medidas primordiais para uma perspectiva de desenvolvimento humano multidimensional sustentável.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na intenção de entender e avaliar os fenômenos que interferem na segurança hídrica é que se desenvolveu o presente estudo intitulado “Análise da Segurança Hídrica no Estado do Ceará: Subsídios para o Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos”, que teve como objetivo geral analisar a segurança hídrica dos municípios cearenses sob a perspectiva multidimensional, gerando contribuições para o desenvolvimento sustentável e gestão dos recursos hídricos do Estado do Ceará.

Apesar do reconhecimento de que tanto a quantidade quanto a qualidade da água devem ser examinados na perspectiva hidrossocial, a grande maioria dos sistemas de indicadores de SH existentes são limitados em relação à problemática da oferta hídrica, diminuindo a integração entre qualidade e quantidade.

Em virtude dessa lacuna existente, a presente investigação avançou nos seguintes aspectos: i) na elaboração um sistema de indicadores de segurança hídrica para uma escala municipal e capaz de contemplar as diferentes dimensões do conceito; ii) na identificação dos fatores melhor explicam a condição dos municípios quanto à segurança hídrica; iii) na construção um índice agregado (ISHCE), que possibilitará a hierarquização dos municípios segundo seu nível de segurança hídrica; e por fim, na realização do mapeamento das áreas prioritárias para implementação de ações voltadas à criação de segurança hídrica, chamando atenção, dessa forma, para as especificidades e os desafios espaciais do Semiárido tropical.

Dessa forma, a construção do índice agregado (ISHCE), na perspectiva da gestão dos recursos hídricos, foi fundamental, no sentido de produzir parâmetros importantes para avaliar o nível de segurança hídrica dos espaços em estudo referentes ao planejamento. Este índice traz a proposta de contribuir com o planejamento e a gestão pública, possibilitando a definição de prioridades, formulação, avaliação e monitoramento da políticas públicas, entre outras perspectivas.

Entende-se que a relação entre o município e sua classificação quanto a segurança hídrica perpassa a sua capacidade de abranger diferentes dimensões que proporcionarão diferenciadas condições para o Estado, permitindo que essas alcance melhores níveis de abastecimento de água, hidroambientais e institucionais.

Pode-se concluir que a presença das três dimensões possibilitou estratificar os municípios cearenses em relação ao nível de segurança hídrica. Salienta-se que segurança hídrica constitui-se de um processo multidimensional não podendo ser explicado ou entendido somente por um viés de qualidade ou quantidade, pois a análise ficaria limitada e fragmentada.

A partir da elaboração do ISHCE é possível classificar os municípios cearenses em índices: baixo, intermediário e alto, de modo a subsidiar os gestores com ferramentas indispensáveis na tomada de decisão, visto que o planejamento em recursos hídricos e na formulação de políticas públicas devem estar fundamentados nas necessidades intrínsecas de cada região.

Nesse contexto e a partir dos resultados é possível apontar para o fato de que o estado cearense é heterogêneo quanto a segurança hídrica, visto que este não ocorreu de forma igualitária, nem ao mesmo tempo em todos os municípios. É ainda possível perceber que dentro das regiões de planejamento do Estado existem municípios com nível de segurança hídrica alto e outros, com nível baixo, formando certas aglomerações geográficas. Esta realidade é percebida principalmente ao visualizar que dos 176 municípios analisados, 33,52% deles apresentaram índice de segurança hídrica acima da média, e outros 13,63% ficaram com índice abaixo da média.

É ainda importante destacar que mesmo naqueles municípios com nível de segurança hídrica acima do índice médio, isso não significa que estão em uma situação ideal, apenas no conjunto dos aspectos considerados apresentaram melhores situações. Caso sejam utilizadas outras variáveis, possivelmente as classificações também apresentariam resultados diferentes.

Percebe-se então que os resultados deste estudo não encerram o debate sobre SH, mas evidenciam subsídios que podem contribuir para elaboração de ações e políticas públicas mais próximas à realidade de cada região de planejamento e de cada município. Este estudo fica limitada ao período de tempo estudado, e na restrição de informações de outros indicadores a nível municipal, sugere-se que seja abrangido maior período de tempo a fim de comparar o ISHCE ao longo dos anos.

REFERÊNCIAS

Asian Development Bank - ADB, Asian Water Development Outlook 2013: Measuring Water Security in Asia and the Pacific, Asian Development Bank, Mandaluyong City, Philippines.

Agência Nacional de Águas - ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil** ., 2019. p. 49. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.bb39ac07.pdf>>.

AB'SABER, A. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. *Revista Eletrônica Estudos Avançados*, São Paulo, v. 13, n. 36, p. 7-59, mai./ago. 1999.

ABOELNGA, H. T.; RIBBE, L.; FRECHEN, F. B.; SAGHIR, J. **Urban Water Security: Definition and Assessment Framework**. *Resources*, 8, 178. 2019. DOI:10.3390/resources8040178

AGGARWAL, SAVITA; PUNHANI, GEETA; E KHER, J. Hot Spots of Household Water Insecurity in India ' s Current and Future. 2014.

AHMADALIPOUR, A.; MORADKHANI, H. Multi-dimensional assessment of drought vulnerability in Africa: 1960–2100. **Science of the Total Environment**, 2018. v. 644, p. 520–535. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.023>>.

AMARAL CUNHA, A. P. M. DO *et al.* The challenges of consolidation of a drought-related disaster risk warning system to Brazil. **Sustentabilidade em Debate**, 2019. v. 10, n. 1, p. 43–59.

ANGELOTTI, F.; SÁ, I. B.; MELO, R. F. De. Mudanças climáticas e desertificação no Semi-Árido brasileiro. **Mudanças climáticas e desertificação no Semi-Árido brasileiro.**, 2009. v. 2, p. 41–49. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/574628>>.

ARNBJERG-NIELSEN, K. *et al.* Impacts of climate change on rainfall extremes and urban drainage systems: A review. **Water Science and Technology**, 2013. v. 68, n. 1, p. 16–28.

ASIAN DEVELOPMENT BANK. **Asian Water Development OUTLOOK 2016 Strengthening Water Security in Asia and the Pacific**. [S.l.]: [s.n.], 2016.

ASSEFA, Y. *et al.* Development of a Generic Domestic Water Security Index, and Its Application in Addis Ababa, Ethiopia. **Water**, 25 dez. 2018. v. 11, n. 1, p. 37. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2073-4441/11/1/37>>.

ASSEFA, Y. T. *et al.* Development of a generic domesticwater security index, and its application in Addis Ababa, Ethiopia. **Water (Switzerland)**, 2018. v. 11, n. 1.

AWDO (Asian Development Bank). **Asian water development outlook 2016: Strengthening water security in Asia and the Pacific**. Mandaluyong City, Philippines: Asian Development Bank, 2016.

AZIZ NACIB AB'SÁBER. Dossiê Nordeste seco. **Dossiê Nordeste seco: Estudos Avançados**, 1999. v. 13, n. 36, p. 5–59.

BABEL, M. S.; WAHID, S. M. **Freshwater under threat: South East Asia – vulnerability assessment of freshwater resources to environmental change: Mekong River Basin**. Thailand: United Nations Environment Programme and Asia Institute of Technology, 2013. V. 11.

BABEL, M.; SHINDE, V. **A framework for water security assessment at basin scale**. *APN Science Bulletin*, 8(1). doi:10.30852/sb.2018.

Bakker, K. (2012) **Water Security: Research Challenges and Opportunities**. *Science* 337, 914 - 915.

BEEK, B. E. Van; ARRIENS, W. L. **TEC BACKGROUND PAPERS Water Security : Putting the Concept into Practice**. [S.l.]: [s.n.], 2014.

BESBES, M.; CHAHED, J.; HAMDANE, A. National Water Security: Case Study of an Arid Country: Tunisia. **National Water Security: Case Study of an Arid Country: Tunisia**, 2018. p. 1–272.

BOLOGNESI, T.; GERLAK, A. K.; GIULIANI, G. Explaining and measuring social-ecological pathways: The case of global changes and water security. **Sustainability (Switzerland)**, 2018. v. 10, n. 12.

BOLSON, S. H.; HAONAT, Â. I. A governança da água, vulnerabilidade hídrica e os impactos das mudanças climáticas no Brasil. **Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável**, 2016. v. 13, n. 25, p. 223.

BRAGA, B.; KELMAN, J. Facing the challenge of extreme climate: The case of Metropolitan São Paulo. **Water Policy**, 2016. v. 18, n. September 2015, p. 52–69.

BRASIL. Política Nacional de Recursos Hídricos. **Lei Nº 9.433 / 1997 .Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990**, 1997. p. 20.

BRASIL. Medida Provisória nº 870 de 1º de janeiro de 2019. Estabelece a organização básica dos Ministérios.

_____. Segurança Hídrica E Conservação Ambiental. **Ministério do Desenvolvimento Regional**, 2019. p. 143.

CASTRO, K. B. De. **SEGURANÇA HÍDRICA URBANA: MORFOLOGIA URBANA E INDICADORES DE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS, ESTUDO DE CASO DO DISTRITO FEDERAL, BRASIL**. *Revista de la sociedad española de infomática y salud*, 2019. v. 137, p. 48083.

Ceará, Secretaria dos Recursos Hídricos. Plano de Ações Estratégicas de Recursos Hídricos do Ceará. 2018.

CHAVES, H. M. L.; ALIPAZ, S. An integrated indicator based on basin hydrology,

environment, life, and policy: The watershed sustainability index. **Water Resources Management**, 2007. v. 21, n. 5, p. 883–895.

COOK, C.; BAKKER, K. Water security: Debating an emerging paradigm. **Global Environmental Change**, 2012. v. 22, n. 1, p. 94–102. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.10.011>>.

COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Consolidação dos Diagnósticos das Bacias Hidrográficas do Acaraú, Metropolitanas e Sub-Bacia do Salgado no Estado do Ceará, 2015.

CORTEZ, H. Dos S.; LIMA, G. P. De; SAKAMOTO, M. S. A seca 2010-2016 e as medidas do Estado do Ceará para mitigar seus efeitos. **Revista Parcerias Estratégicas**, 2017. v. 22, n. 44, p. 83–118.

CUNHA, A. P. M. Do A. *et al.* The challenges of consolidation of a drought-related disaster risk warning system to Brazil. **Sustentabilidade em Debate**, 2019. v. 10, n. 1, p. 43–59.

DADSON, Simon *et al.* Water security, risk, and economic growth: Insights from a dynamical systems model. **Water Resources Research**, 2017. v. 53, n. 8, p. 6425–6438.

DAHAL, N. *et al.* Temporal changes in precipitation and temperature and their implications on the streamflow of Rosi river, Central Nepal. **Climate**, 2019. v. 7, n. 1, p. 1–15.

Di Baldassarre, G., A. Viglione, G. Carr, L. Kuil, J. L. Salinas, and G. Blöschl. 2013. **Socio-hydrology: conceptualising human-flood interactions**. *Hydrology and Earth System Sciences* 17(8):3295-3303. <https://doi.org/10.5194/hess-17-3295-2013>

DICKSON, S. E.; SCHUSTER-WALLACE, C. J.; NEWTON, J. J. Water Security Assessment Indicators: The Rural Context. **Water Resources Management**, 2016. v. 30, n. 5, p. 1567–1604.

DUBEY, S. K. *et al.* Application of hydrological model for assessment of water security using multi-model ensemble of CORDEX-South Asia experiments in a semi-arid river basin of India. **Ecological Engineering**, 2020. v. 143, n. September 2019, p. 105641. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.105641>>.

ENGELBURG, J. VAN; SLOBBE, E. VAN; HELLEGERS, P. Towards sustainable drinking water abstraction: an integrated sustainability assessment framework to support local adaptation planning. **Journal of Integrative Environmental Sciences**, 2019. v. 16, n. 1, p. 89–122. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/1943815X.2019.1636284>>.

FAO. Monitoring food security in countries with conflict situations A joint FAO / WFP update for the. 2017. n. June.

FÁVERO, L. P., P. BELFIORE, F. D. SILVA, And B. L. C. **Análise de Dados: Modelagem Multivariada Para Tomada de Decisões**. [S.l.]: [s.n.], 2009.

FALKENMARK, M. **The massive water scarcity now threatening Africa - Why isn't it being addressed?** *Ambio*, Estocolmo, v.18, n.2, p.112-118, 1989.

FALKENMARK, M. and Molden, D., 2008. **Wake up to realities of river basin closure.** *Water Resources Development*, 24 (2), 201–215.

FLÖRKE, M.; SCHNEIDER, C.; MCDONALD, R. I. Water competition between cities and agriculture driven by climate change and urban growth. *Nature Sustainability*, 2018. v. 1, n. 1, p. 51–58. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/s41893-017-0006-8>>.

GAIN , ANIMESH; GIUPPONI, CARLO; WADA, Y. millennia river basins Measuring global water security towards sustainable development goals. 2016.

GARRICK, Dustin; HALL, J. W. Water Security and Society: Risks, Metrics, and Pathways. *Annual Review of Environment and Resources*, 2014. v. 39, n. 1, p. 611–639.

Gerlak, A.K. and Mukhtarov, F. 2015. **‘Ways of knowing’ water: integrated water resources management and water security as complementary discources.** *Int Environ Agreements* DOI 10.1007/s10784-015-9278-5

GIL, A. C. **Metodologia do Ensino Superior**. 5. ed. [S.l.]: [s.n.], 2020.

GLEICK, P. H. The world’s water. 2000-2001. **Report on Freshwater Resources.** Island Press, 2000. 315p

GLEICK, P. H.: Water use, *Annual Rev. Environ. Resour.*, 28, 275–314, 2003.

GREY, D. *et al.* Water security in one blue planet: Twenty-first century policy challenges for science. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 2013. v. 371, n. 2002.

Grey, D., Sadoff, C.W. (2007) Sink or Swim? **Water security for growth and development.** *Water Policy* 9, 545 - 571.

GUNDA, T. *et al.* Water security in practice: The quantity-quality-society nexus. *Water Security*, 2019. v. 6, n. November 2018, p. 100022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.wasec.2018.100022>>.

Gunda, T., Benneyworth, L., Burchfield, E. (2015). **Exploring water indices and associated parameters: A case study approach,** *Water Policy*, 17 (1), 98 - 111. <https://doi.org/10.2166/wp.2014.022>

GUPPY, L.; MEHTA, P.; QADIR, M. Sustainable development goal 6: two gaps in the race for indicators. *Sustainability Science*, 2019. v. 14, n. 2, p. 501–513. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11625-018-0649-z>>.

GWP, G. W. P. **Catalisando a Mudança** : [S.l.]: [s.n.], 2005.

GWP-TAC (Technical Advisory Committee). *Integrated Water Resources Management IWRM*. GWP TAC Background paper n.4, Stockholm, Sweden: Global Water Partnership, 2000.

HAAK, L.; PAGILLA, K. The Water-Economy Nexus: a Composite Index Approach to Evaluate Urban Water Vulnerability. *Water Resources Management*, 2020. v. 34, n. 1,

p. 409–423.

HAIR, J. J. F.; BLACK, W. C.; SANT'ANNA, A. S. **Análise multivariada de dados (6a. ed.)**. [S.l.]: [s.n.], 2009.

HAO, P. *et al.* Feature selection of time series MODIS data for early crop classification using random forest: A case study in Kansas, USA. **Remote Sensing**, 2015. v. 7, n. 5, p. 5347–5369.

HERRERA-PANTOJA, M.; HISCOCK, K. M. Projected impacts of climate change on water availability indicators in a semi-arid region of central Mexico. **Environmental Science and Policy**, 2015. v. 54, p. 81–89. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2015.06.020>>.

HOEKSTRA, A. Y.; BUURMAN, J.; GINKEL, K. C. H. VAN. Urban water security: A review. **Environmental Research Letters**, 2018. v. 13, n. 5.

HUSSEIN, H.; MENGA, F.; GRECO, F. Monitoring transboundary water cooperation in SDG 6.5.2: How a critical hydro-politics approach can spot inequitable outcomes. **Sustainability (Switzerland)**, 2018. v. 10, n. 10, p. 1–9.

IPECE. **Indicadores Econômicos do Ceará 2019**. Fortaleza- CE: [s.n.], 2019.

IUCN-ROWA. Water, energy and food security Nexus in Jordan, Lebanon and Tunisia. Assessment of current policies and regulatory and legal framework. 2019.

JANNUZZI, P. De M. **Indicadores Socioeconômicos na Gestão Pública**. 2 Departam ed. Florianópolis: [s.n.], 2012.

JENSEN, O.; WU, H. Urban water security indicators: Development and pilot. **Environmental Science and Policy**, 2018. v. 83, n. February, p. 33–45. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.02.003>>.

JEPSON, W. *et al.* Advancing human capabilities for water security: A relational approach. **Water Security**, 2017. v. 1, p. 46–52. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasec.2017.07.001>>.

KALIL, L.; CHECCO, G. B. Segurança hídrica e mudanças climáticas no Brasil: uma entrevista cruzada com Jerson Kelman e João Paulo Capobianco. **IdeAs**, 2020. n. 15, p. 0–10.

KÖLBEL, J. *et al.* Mapping Public Water Management By Harmonizing and Sharing Corporate Water Risk Information. **World Resources Institute**, 2018. n. March, p. 1–20.

KOMATSU, H.; KUME, T.; OTSUKI, K. Water resource management in Japan: Forest management or dam reservoirs? **Journal of Environmental Management**, 2010. v. 91, n. 4, p. 814–823. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.10.011>>.

KRUEGER, E.; RAO, P. S. C.; BORCHARDT, D. Quantifying urban water supply security under global change. **Global Environmental Change**, 2019a. v. 56, n. April 2018, p. 66–74. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.03.009>>.

_____; RAO, P. S. C.; BORCHARDT, D. Quantifying urban water supply security under global change. **Global Environmental Change**, 2019b. v. 56, n. April 2018, p. 66–74. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.03.009>>.

LAGO, A. A. C. O Brasil e as três conferências ambientais das Nações Unidas. 2006. p. 1–276.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, A. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 8. ed. São Paulo: [s.n.], 2017.

LAUTZE, J.; MANTHRITHILAKE, H. Water security: Old concepts, new package, what value? **Natural Resources Forum**, 2012. v. 36, n. 2, p. 76–87.

LEEUWEN, C. J. VAN; KOOP, S. H. A.; SJERPS, R. M. A. City Blueprints: baseline assessments of water management and climate change in 45 cities. **Environment, Development and Sustainability**, 2016. v. 18, n. 4, p. 1113–1128.

LEHTONEN, M. Indicators: Tools for informing, monitoring or controlling? **The Tools of Policy Formulation: Actors, Capacities, Venues and Effects**, 2015a. p. 76–99.

_____. Indicators: Tools for informing, monitoring or controlling? **The Tools of Policy Formulation: Actors, Capacities, Venues and Effects**, 2015b. p. 76–99.

LI, Delong *et al.* Evaluating regional water security through a freshwater ecosystem service flow model: A case study in Beijing-Tianjian-Hebei region, China. **Ecological Indicators**, 2017. v. 81, n. May, p. 159–170. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.05.034>>.

LI, Xungui; SU, X.; WEI, Y. Multistage integrated water security assessment in a typical region of Northwestern China. **Journal of Cleaner Production**, 2019. v. 220, p. 732–744. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.033>>.

MACHADO, F. H. Proposição de Indicadores de Segurança Hídrica: Seleção, Validação e Aplicação na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiá-Mirim, Jundiá - SP, Brasil. 2018. p. 255.

MAGANDA, C. **Water Security Debates in ‘Safe’ Water Security Frameworks: Moving Beyond the Limits of Scarcity**. *Globalizations*, v. 13, n. 6, p. 683–701, nov. 2016.

MALVEZZI, R. Semi-árido: uma visão holística. 2007. p. 140.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, 2017. v. 129, n. 3–4, p. 1189–1200. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00704-016-1840-8>>.

MASON, N.; CALOW, Roger. Water security: from abstract concept to meaningful metrics. **An Initial Overview of Options (Overseas Development Institute London 2012)**, 2012. n. October 2012. Disponível em: <<https://www.odi.org/sites/odi.org.uk/files/odi-assets/publications-opinion-files/7866.pdf>>.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. Sustainability: Four billion people facing severe water scarcity. **Science Advances**, 2016. v. 2, n. 2, p. 1–7.

MELO, M. C. De. SEGURANÇA HÍDRICA PARA ABASTECIMENTO URBANO: PROPOSTA DE MODELO ANALÍTICO E APLICAÇÃO NA BACIA DO RIO DAS VELHAS, MINAS GERAIS. **Revista Brasileira de Ergonomia**, 2016. v. 9, n. 2, p. 10. Disponível em: <<https://www.infodesign.org.br/infodesign/article/view/355><http://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/731><http://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/269><http://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/106>>.

MORETTI, E. De A. *et al.* Main difficulties during RFID implementation: an exploratory factor analysis approach. **Technology Analysis and Strategic Management**, 2019. v. 31, n. 8, p. 943–956. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/09537325.2019.1575351>>.

MOUMEN, Z. *et al.* Water security and sustainable development To cite this. 2019.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Relatórios de Gestão 2005 – 2018. Brasília: MMA.

NATIONS, U. MDG Progress Chart. 2015. n. June, p. 1.

NAZEMI, A.; MADANI, K. Urban water security: Emerging discussion and remaining challenges. **Sustainable Cities and Society**, 2018. v. 41, n. September 2017, p. 925–928. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.09.011>>.

OCDE, O. Para La C. Y El D. E. Water Security for Better Lives. **Water Intelligence Online**, 2013. v. 12.

ONU. The Human Rights to Water and Sanitation. **Equality in Water and Sanitation Services**, 2010. v. 1249, n. 20378, p. 26–43.

OMS. Organização Mundial de Saúde - World Health Organization. Guidelines for drinking water quality. Geneva: WHO. 2004.

_____. What is Water Security? **What is Water Security? Infographic**, 2013. n. October 2013, p. 2013. Disponível em: <<http://www.unwater.org/publications/water-security-infographic/>>.

_____. The Millennium Development Goals Report. **United Nations**, 2015. p. 72. Disponível em: <https://visit.un.org/millenniumgoals/2008highlevel/pdf/MDG_Report_2008_Addendum.pdf>.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. ONU. Documentos temáticos: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 6 - 7 - 11 - 12 - 15. 2018. p. 116. Disponível em: <[https://www.undp.org/content/dam/brazil/docs/ODS/Documentos Temáticos - ODS 6, ODS 7, ODS 11, ODS 12 e ODS 15.pdf](https://www.undp.org/content/dam/brazil/docs/ODS/Documentos%20Temáticos%20-%20ODS%206,%20ODS%207,%20ODS%2011,%20ODS%2012%20e%20ODS%2015.pdf)>.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. ONU. Década Internacional para a Ação: Água para o Desenvolvimento Sustentável 2018-2028. 2018. Disponível em:

<<http://www.wateractiondecade.org/>>. Acesso em: agosto de 2019

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. ONU. Relatório da Conferência das Nações Unidas sobre a água. (Mar Del Plata, 14-25 de março de 1977). Cap. I. Resolução II. 1977. Disponível em Acesso em: 25 de julho de 2018.

ORTIZ-PARTIDA, J. P. *et al.* Managing Water Differently: Integrated Water Resources Management as a Framework for Adaptation to Climate Change in Mexico. **Integrated Water Resource Management**, 2020. p. 59–72.

ORTIZ, W. Lessons on Climate Change and Poverty From the California Drought. 2015. n. August.

PEÑA, H. Recursos Naturales e infraestructura. Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina y el Caribe. **Naciones Unidas**, 2016. v. 178, p. 57. Disponível em: <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40074/S1600566_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

PERDICOULIS, A., and J. Glasson (2011) **The use of indicators in planning effectiveness and risks**. *Planning Practice & Research*, 26(3):349–367.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. De. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Rio Grande do Sul: [s.n.], 2013.

PUB. **Our water, our future. Singapore: Public Utilities Board**. 2018. Disponível em <https://www.pub.gov.sg/Documents/PUBOurWaterOurFuture.pdf>.

RAJESH, S.; JAIN, S.; SHARMA, P. Inherent vulnerability assessment of rural households based on socio-economic indicators using categorical principal component analysis: A case study of Kimsar region, Uttarakhand. **Ecological Indicators**, 2018. v. 85, n. April 2017, p. 93–104. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.10.014>>.

RAY, B.; SHAW, R. **Urban Drought Emerging Water Challenges in Asia**. [S.l.]: [s.n.], 2019.

RODRIGUES, C. Referenciais teóricos sobre o uso de e-book em bibliotecas públicas brasileiras. *Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação*, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 100-120, jul./dez., 2014. Disponível em: . Acesso em: 14 maio 2019

ROCKSTRÖM, J. *et al.* A safe operation space for humanity. **Nature**, 2009. v. 461, n. September, p. 472–475.

ROGELJ, J. *et al.* IPCC 2018, cap2. **Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report [...]**, 2018. p. 2.

SADOFF, C. W. C. W. *et al.* **Securing Water, Sustaining Growth: Report of the GWP/OECD Task Force on Water Security and Sustainable Growth**. [S.l.]: [s.n.], 2015.

SAHIN, O.; STEWART, R. A.; PORTER, M. G. Water security through scarcity pricing

and reverse osmosis: A system dynamics approach. **Journal of Cleaner Production**, 2015. v. 88, p. 160–171. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.009>>.

STADDON, C., SCOTT, C. A. **Putting water security to work: addressing global challenges**. *Water International*, 43(8), p. 1017-1025, 2018.

SENIOR, DAN and Saul Singer, 2009, *Start-Up Nation: The Story of Israel's Economic Miracle*, New York, Twelve.

SHRESTHA, S. *et al.* Development of an objective water security index and assessment of its association with quality of life in urban areas of developing countries. **SSM - Population Health**, 2018. v. 6, p. 276–285. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2018.10.007>>.

SIEGEL, S. M. **Faça se água: a Solução de Israel Para um Mundo com Sede de água**. [S.l.]: [s.n.], 2017.

SINGAPORE'S NATIONAL WATER AGENCY, P. *Our Water, Our Future*. 2016. Disponível em: <<https://www.pub.gov.sg/watersupply/waterquality/newater>>.

SOYAPI. C. B. **Water Security and the Right to Water in Southern Africa: An Overview**. DOI <http://dx.doi.org/10.17159/1727-3781/2017/v20i0a1650>. 2017

SRH. Ceará, Secretaria dos Recursos Hídricos. *Plano de Ações Estratégicas de Recursos Hídricos do Ceará*. 2018.

SRINIVASAN, V.; KONAR, M.; SIVAPALAN, M. A dynamic framework for water security. **Water Security**, 2017. v. 1, p. 12–20. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasec.2017.03.001>>.

SU, Y.; GAO, W.; GUAN, D. Integrated assessment and scenarios simulation of water security system in Japan. **Science of the Total Environment**, 2019. v. 671, p. 1269–1281. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.373>>.

SUDENE. SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Resolução 115 de 2017**. Disponível em: <<http://sudene.gov.br/images/arquivos/semiario/arquivos/resolucao115-23112017-delimitacaodosemiario-DOU.pdf>>. Acesso em: 26/10/2019.

SULLIVAN, C. A. *et al.* The water poverty index: Development and application at the community scale. **Natural Resources Forum**, 2003. v. 27, n. 3, p. 189–199.

SULLIVAN, Caroline A. Quantifying water vulnerability: A multi-dimensional approach. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, 2011. v. 25, n. 4, p. 627–640.

SUN, F.; STADDON, C.; CHEN, M. Developing and applying water security metrics in China: experience and challenges. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, 2016. v. 21, p. 29–36. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2016.10.006>>.

THAPA, B. R. *et al.* Evaluation of water security in Kathmandu Valley before and after water transfer from another basin. **Water (Switzerland)**, 2018. v. 10, n. 2, p. 1–12.

TOMAZ, P. A. INSEGURANÇA HÍDRICA DOMICILIAR NO MUNICÍPIO DE FORQUILHA, CEARÁ, BRASIL. **NASPA Journal**, 2019. v. 42, n. 4, p. 1.

TURNER, STUART WHITE, JOANNE CHONG, MARY ANN DICKINSON, H.; COOLEY, K. D. MANAGING DROUGHT: LEARNING FROM AUSTRALIA. 2019. n. March.

UDDIN, M. N. *et al.* Mapping of climate vulnerability of the coastal region of Bangladesh using principal component analysis. **Applied Geography**, 2019. v. 102, n. May 2016, p. 47–57. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.12.011>>.

UNESCO. **Water Security and the Sustainable Development Goals Water Security and**. [S.l.]: [s.n.], 2019a.

UNESCO, W. W. A. P. Não deixar ninguém para trás. **Relatorio Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**, 2019b. p. 12.

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**, 2017. v. 1, p. 36–45. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasec.2017.06.002>>.

VAN GINKEL, K. C. H.; HOEKSTRA, A. Y.; BUURMAN, J.; HOGEBOOM, R. J. **Urban water security dashboard: systems approach to characterizing the water security of cities**. *Journal of Water Resources Planning and Management*, v. 144, n. 12, p. 1–15, 2018.

VOGEL, R. M. *et al.* Hydrology: The interdisciplinary science of water. **Water Resources Research**, 2015. v. 51, n. 6, p. 4409–4430.

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

WAN, L. *et al.* Impacts on quality-induced water scarcity: Drivers of nitrogen-related water pollution transfer under globalization from 1995 to 2009. **Environmental Research Letters**, 2016. v. 11, n. 7.

WANG, X. J. *et al.* Assessing water security and adaptation measures in a changing environment. **IAHS-AISH Proceedings and Reports**, 2015. v. 366, n. June 2014, p. 129–130.

Witter, S. G., & Whiteford, S. (1999). **Water security: the issues and policy challenges**. *International Review of Comparative Public Policy*, 11, 1-25.

WHO/UNICEF. Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene - Joint Monitoring Programme 2017 Update and SDG Baselines. **Who**, 2017. p. 66. Disponível em: <<http://apps.who.int/bookorders.%0Ahttp://apps.who.int/iris/bitstream/10665/258617/1/9789241512893-eng.pdf%0Ahttp://www.wipo.int/amc/en/%0Ahttp://www.wipo.int/amc/en/>>.

WWF. The 2nd World Water Forum. Ministerial Declaration of The Hague on Water Security in the 21st Century. The Hague, Netherlands, 22 de março de 2000. Disponível em: . Acesso em: abril de 2018.

WUIJTS, S.; DRIESSEN, P. P. J.; RIJSWICK, H. F. M. W. VAN. Towards more effective water quality governance: A review of social-economic, legal and ecological perspectives and their interactions. **Sustainability (Switzerland)**, 2018. v. 10, n. 4, p. 1–19.

ZANELLA, M. Considerações Sobre O Clima E Os Recursos Hídricos Do Semiárido Nordeste. **Caderno Prudentino de Geografia**, 2014. v. 0, n. 36, p. 126–142.

ZHANG, D. *et al.* Intensification of hydrological drought due to human activity in the middle reaches of the Yangtze River, China. **Science of the Total Environment**, 2018. v. 637–638, p. 1432–1442. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.121>>.

ZHANG, Jun Yi; WANG, L. C. Assessment of water resource security in Chongqing City of China: What has been done and what remains to be done? **Natural Hazards**, 2014. v. 75, n. 3, p. 2751–2772.

ZHANG, X. *et al.* Urban drought challenge to 2030 sustainable development goals. **Science of the Total Environment**, 2019. v. 693, p. 133536. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.342>>.

ZHANG, Y.; XU, Zeshui; LIAO, H. Water security evaluation based on the TODIM method with probabilistic linguistic term sets. **Soft Computing**, 2019. v. 23, n. 15, p. 6215–6230. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00500-018-3276-9>>.

ZHANG, Z. *et al.* Water security assessment of China's One Belt and One Road Region. **Water (Switzerland)**, 2019. v. 11, n. 3.

APÊNDICE I – QUESTIONÁRIO UTILIZADO PARA CARACTERIZAÇÃO DOS RESPONDENTES E ATRIBUIÇÕES DE NÍVEIS DE IMPORTÂNCIA AOS INDICADORES PRÉ-SELECIONADOS.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS**

Parte I- Informações gerais sobre o participante

1. Qual sua faixa etária você se enquadra?

- 25 a 34 anos
- 35 a 44 anos
- 45 a 54 anos
- mais de 55 anos

2. Qual a principal atividade que você desempenha?

- Servidor Público: municipal, estadual ou federal.
- Professor
- Pesquisador
- Professor e Pesquisador
- Outro, qual? _____

3. Há quanto tempo desenvolve atividades, trabalhos e/ou projetos na área de recursos hídricos?

- Menos de 5 anos
- 6 a 10 anos
- 11 a 20 anos
- Mais de 21 anos

4. A sua formação acadêmica (graduação) é em que área?

- Ciências exatas e da terra
- Engenharias
- Ciências Agrárias
- Ciências Sociais Aplicadas
- Outro, especificar: _____

5. Qual seu maior nível acadêmico?

- Pós-graduação / Especialização
- Mestrado
- Doutorado em andamento
- Doutorado
- Pós-doutorado

Parte II - Conceito de Segurança Hídrica

A Segurança Hídrica pode ser definida como: "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 a poluição e desastres relacionados à água, e para preservação de ecossistemas em um clima de paz e estabilidade política" (ON-WATER, 2013, p. 1).

1. Com base na definição acima, o que você entende por segurança hídrica?
2. Com base no seu entendimento sobre o tema, qual sua percepção sobre o nível de segurança hídrica nos municípios do Estado do Ceará?

- Baixo nível
- Nível intermediário
- Alto nível

Caso queira justificar a resposta, utilize utilize este espaço:

Parte III- Fatores relevantes sobre Segurança Hídrica no Ceará

O conceito desenvolvido e aplicado para os municípios cearenses, será a partir da definição multidimensional da segurança hídrica para o fornecimento de água, cujo objetivo é o de garantir o acesso sustentável da quantidade da água e da qualidade aceitável para o abastecimento de água para a população, associado a um determinado risco de escassez. Diante dessa definição, e considerando o objetivo deste estudo de construir um conjunto de indicadores relacionados à segurança hídrica visando à proteção dos recursos hídricos no Estado do Ceará, solicitamos que você expresse a sua opinião sobre quais são os indicadores mais importantes para essa finalidade.

Instruções de preenchimento

Atribua para cada critério apresentado um nível de importância conforme a escala a seguir:

Níveis de Importância	Descrição
1 – Sem importância	Não possui importância, relação ou influência com o assunto, pode ser descartado.
2 – Pouca Importância	Pouca importância, relação ou influência com o assunto.
3 - Importante	Possui importância ou relação com o assunto à nível mediano.
4 – Muito importante	Possui alta importância, relação ou influência com o assunto, essencial para avaliação e análise dos dados.
5 – Extremamente importante	Prioridade alta. Tem influência direta com o problema.

1- Na a opinião, assinale com um (X) quais indicadores são mais representativos para quantificar segurança hídrica nos municípios cearenses? Classifique de 1 a 5 sendo 1 sem importância e 5 extremamente importante.											
INDICADORES	NÍVEIS DE IMPORTÂNCIA										
1. Volume de Água tratada em ETAs- Consiste no volume anual de água submetido a tratamento, incluindo a água bruta captada pelo prestador de serviços e a água bruta importada, medido ou estimado na saída da Estação de Tratamento de Água (ETA).	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; height: 20px;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
2. Volume de esgoto bruto exportado - Volume anual de esgoto bruto transferido para outro(s) agente(s). Esgoto bruto significa que não passou por nenhum tipo de tratamento.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; height: 20px;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
3. Índice de tratamento de esgoto - Expressa o percentual do volume de esgoto que foi submetido a tratamento em relação ao volume de esgoto coletado por meio de rede.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; height: 20px;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
4. Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água - Indica a parcela da população urbana que foi efetivamente atendida por rede coletora de esgoto (com ou sem tratamento) em relação à população urbana residente dos prestadores que responderam o SNIS, no ano de referência.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; height: 20px;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
5. Índice de esgoto tratado referido à água consumida- Expressa o percentual do volume de esgoto que foi submetido a tratamento em relação ao volume de esgoto gerado. Estima-se o volume de esgoto gerado como sendo igual ao volume de água consumido.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; height: 20px;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
6. Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água - Indica a parcela da população total (urbana e rural) que foi efetivamente atendida por rede coletora de esgoto (com ou sem tratamento) em relação à população total residente dos prestadores que responderam o SNIS, no ano de referência.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; height: 20px;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
7. Volume de água tratada importada - Volume anual de água potável, previamente tratada em Estação de Tratamento de Água (ETA) ou Unidade de Tratamento Simplificado (UTS), recebido de outros agentes fornecedores.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; height: 20px;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
8. Percentual de água tratada exportada - Total de volume de água tratada exportada à outro agente ou município em relação ao total de volume de água produzido.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; height: 20px;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
9. Volume de água disponibilizado por economia - Volume de água produzido pelo município adicionado											

do volume de água importado menos o volume de água tratada exportado pelo total de economias ativas	<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
10. Índice de Distribuição de Chuvas - Associa as variações volumétricas, temporais e espaciais de chuva, levando-se em consideração o período escolhido para análise.	<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
11. Índice de aridez - Regiões áridas e semiáridas são mais susceptíveis ao aumento da temperatura sendo, portanto, mais vulneráveis às mudanças climáticas.	<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
12. Coefficiente de Escoamento superficial - Volume de escoamento de água ocorrido no limite de absorção do solo, medido com base nas precipitações ocorridas, no máximo de absorção de cada solo, levando-se em consideração uma evapotranspiração de 5 mm/dia.	<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
13. Situação dos mananciais de água dos sistemas de abastecimento das sedes municipais - Corresponde a classificação dos mananciais de água que abastecem as sedes urbanas quanto a um possível colapso hídrico.	<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
14. Índice de área verde - Corresponde a quantidade de área verde presente na área do município. Relação entre a área verde e a área total do município. Esse índice atua na manutenção do ciclo hidrológico possibilitando a continuidade da disponibilidade hídrica.	<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
15. Legislação existente no município sobre Coleta Seletiva de resíduos sólidos domésticos - O indicador referente a coleta seletiva pode estar relacionado com a segurança hídrica, à medida que sua não coleta e tratamento pode ter impacto direto nos recursos hídricos, diminuindo assim a segurança hídrica.	<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
16. Legislação existente no município sobre Saneamento Ambiental - Todos os municípios necessitam ter seus Planos Municipais, para os segmentos, embasados pela Política Nacional de Saneamento Básico (Lei Federal nº 11.445/07) e pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal nº 12.305/10).	<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
17. O município faz parte de Comitê de Bacia Hidrográfica - A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que dispõe sobre a instituição da Política Nacional de Recursos Hídricos e criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos estabelece a criação dos Comitês de Bacia.	<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
18. Existência de Plano de Contingência e/ou Mitigação para a Seca - Ter um Plano de Contingência e/ou Mitigação para a Seca pode influenciar em maior segurança hídrica para os	<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							

<p>municípios viabilizando a utilização mais racional da água. Além disso, é uma ferramenta efetiva de identificação de riscos, definição de medidas de contingência e orientar ações concretas para SH.</p>											
<p>19. O município faz parte de consórcio público na área de gestão das águas - Fazer parte de um consórcio público faz com que uma rede de suporte seja construída, auxiliando no diálogo e na solução de potenciais conflitos, tornando o município mais seguro em relação ao contexto hídrico.</p>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20%; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
<p>20. Existência de legislação municipal sobre proteção de mananciais - Com a existência de uma legislação municipal de proteção aos mananciais, há garantias dessa qualidade e quantidade adequadas ao uso dos mananciais.</p>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20%; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
<p>21. Tipo de atendimento da portaria sobre qualidade da água - O indicador referente a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde pode estar relacionado com a segurança hídrica, à medida que os municípios adotam os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.</p>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20%; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
<p>22. Tarifa média de água - A tarifa média de água indica o valor médio faturado pelo prestador em relação ao volume faturado com o serviço de abastecimento de água. O termo “tarifa média” não necessariamente indica o valor da tarifa praticada, pois há outras variáveis envolvidas no cálculo da tarifa cobrada dos usuários.</p>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20%; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
<p>23. Índice de hidrometração - Expressa o percentual de ligações ativas de água micromedidas (com hidrômetros) em relação ao total de ligações ativas, indicando o nível de hidrometração das ligações ativas de água.</p>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20%; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
<p>24. Índice de macromedição - Expressa o percentual do volume de água disponibilizado medido por hidrômetros na saída das Estações de Tratamento de Água (ETA), Unidades de Tratamento Simplificado (UTC) ou dos poços, bem como nos pontos de entrada de água tratada, se existirem. Indica o nível de hidrometração do volume que entra nos sistemas de distribuição de água.</p>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20%; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
<p>25. Consumo médio per capita de água - Expressa a média de consumo diário por habitante atendido com rede geral de abastecimento de água e abrange os consumos doméstico, comercial, público e industrial. Não é indicado comparar este indicador à necessidade de consumo diário por indivíduo.</p>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20%; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
<p>26. Índice de atendimento urbano de água - Indica a parcela da população urbana efetivamente atendida</p>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20%; height: 20px;"></td> </tr> </table>										

por rede de abastecimento de água em relação à população urbana residente dos prestadores que responderam o SNIS, no ano de referência.	1 2 3 4 5										
27. Índice de perdas na distribuição - Expressa o percentual do volume total de água disponibilizado que não foi contabilizado (perdas aparentes) ou perdido (perdas reais) na distribuição.	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20%; height: 20px;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
28. Índice de perdas por ligação - Expressa o volume médio diário de água não contabilizado ou perdido por ligação ativa de água. Indica o nível médio de perdas de água que ocorrem em um dia por ligação ativa decorrentes do volume não contabilizado (perdas aparentes) e do volume perdido (perdas reais) na distribuição.	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20%; height: 20px;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
29. Índice Bruto de perdas - Este indicador expressa as perdas de água em m ³ por dia e por quilômetro de rede, que permitirá análises complementares ao índice de perdas de água.	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20%; height: 20px;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
30. Índice de atendimento total de água - Indica a parcela da população total (urbana e rural) efetivamente atendida por rede de abastecimento de água em relação à população total residente dos prestadores que responderam o SNIS, no ano de referência.	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20%; height: 20px;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
31. Percentual de economias atingidas por paralisações no ano – Para que haja segurança de acessibilidade para os usuários do abastecimento de água, o sistema não deve apresentar paralisações. Quanto maior a presença dessas paralisações, menos adequado é o sistema, fornecendo uma condição de insegurança aos seus usuários.	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20%; height: 20px;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
32. Percentual de economias atingidas por intermitências no ano - Para que haja segurança de acessibilidade para os usuários do abastecimento de água, o sistema não deve apresentar interrupções. Quanto maior a presença dessas interrupções, menos adequado é o sistema, fornecendo uma condição de insegurança aos seus usuários.	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20%; height: 20px;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
33. Extensão da rede - Este indicador mede o adensamento horizontal, ou a distância média entre ligações de água. É extremamente relevante para contextualizar a universalização, pois baixo adensamento horizontal exige maiores investimentos para disponibilizar rede de abastecimento de água (e de coleta de esgoto) à população.	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20%; height: 20px;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							
34. Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão - A presença de bactérias do grupo coliforme em água potável é vista como um indicador de contaminação fecal intimamente ligado a tratamento	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20%; height: 20px;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>						1	2	3	4	5
1	2	3	4	5							

inadequado em manter a desinfecção residual da água tratada. Portanto, quanto menor for o percentual de amostras analisadas de coliformes totais fora do padrão, melhor será a qualidade da água fornecida para a população.	
--	--

Caso queira adicionar algum fator não listado, utilize este espaço:

**APÊNDICE II – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)
CAAE 21220719.4.0000.5054**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS – DOUTORADO**

Eu _____, abaixo assinado me disponho a participar da pesquisa: **Análise da Segurança Hídrica no estado do Ceará: Subsídios para o Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos**, sob a responsabilidade da pesquisadora doutoranda Nosliana Nobre Rabelo, da Universidade Federal do Ceará, com a orientação da professora Dra. Ticiano Marinho de Carvalho Studart . O meu consentimento se deu após o esclarecimento dado pela pesquisadora acerca das questões:

- A presente pesquisa tem como objetivo principal analisar a segurança hídrica dos municípios cearenses sob o prisma multidimensional, gerando subsídios para o planejamento e gestão dos recursos hídricos. Com base nos resultados obtidos da pesquisa direta a ser realizada, procura-se analisar as dimensões de segurança hídrica nos municípios cearenses;
- Visando atingir esse objetivo as informações serão obtidas através do preenchimento de um questionário eletrônico que levará aproximadamente 20 minutos de duração, do qual visa atribuir níveis de importância para os indicadores de segurança hídrica pré-selecionados, dos quais serão avaliados por outros especialistas de forma anônima;
- Este estudo não apresenta benefícios diretos aos participantes, porém sua participação contribuirá no processo de seleção de indicadores, dos quais uma vez selecionados e discutidos poderão servir de base para formulação de políticas públicas no Estado do Ceará.
- A participação tem caráter voluntário, tendo eu o direito de, a qualquer momento, desistir de fornecer as informações requeridas pela pesquisa, sem com isto correr o risco de sofrer qualquer penalização.
- Destaca-se que os resultados deste estudo poderão ser divulgados através dos habituais canais de comunicação científica (universidades, revistas, periódicos, congressos, entre outros meios de divulgação). No entanto, será garantido o anonimato e sigilo das informações prestadas;

Endereço da responsável pela pesquisa:

Nome: Nosliana Nobre Rabelo

Instituição: Universidade Federal do Ceará

Endereço: Rua Conego Lima Sucupira/ Nº: 80 CEP: 60740145 Cidade: Fortaleza/Ce

Telefone para contato: (85) 996631454

ATENÇÃO: Se você tiver alguma consideração ou dúvida, sobre a sua participação na pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFC/PROPESQ – Rua Coronel Nunes de Melo, 1000 - Rodolfo Teófilo, fone: 3366-8346/44. (Horário: 08:00-12:00 horas de segunda a sexta-feira). O CEP/UFC/PROPESQ é a instância da Universidade Federal do Ceará responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos.

O abaixo assinado _____, ____ anos, RG: _____, declara que é de livre e espontânea vontade que está como participante de uma pesquisa. Eu declaro que li cuidadosamente este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e que, após sua leitura, tive a oportunidade de fazer perguntas sobre o seu conteúdo, como também sobre a pesquisa, e recebi explicações que responderam por completo minhas dúvidas. E declaro, ainda, estar recebendo uma via assinada deste termo.

Fortaleza, ____/____/____

Nome do participante da pesquisa: _____

Data: ____/____/____

Assinatura:

Nome do pesquisador principal: _____

Data: ____/____/____

Assinatura:

Nome do Responsável legal/testemunha: _____

(Se aplicável)

Data: ____/____/____

Assinatura:

Nome do profissional que aplicou o TCLE:

Data: ____/____/____

Assinatura:

APÊNDICE III – MUNICÍPIOS COM MAIORES, MENORES E INTERMEDIÁRIOS NÍVEIS DE SEGURANÇA HÍDRICA

a) Municípios com maiores níveis de segurança hídrica

Quadro 21 – Municípios com maiores valores do ISHCE - Global

Municípios	ISHCE - Global	ISA - Abastecimento de água	ISH Hidroambiental	ISI Institucional
Redenção	0,7850	0,7650	0,5901	1,0000
Tianguá	0,7665	0,6847	0,6148	1,0000
Guaramiranga	0,7625	0,5706	0,9407	0,7763
Maranguape	0,7368	0,6712	0,6224	0,9169
Pacoti	0,7256	0,5249	0,8756	0,7763
Eusébio	0,7087	0,9790	0,3708	0,7763
Uruoca	0,6979	0,6194	0,4742	1,0000
Altaneira	0,6884	0,6120	0,4532	1,0000
Meruoca	0,6695	0,5836	1,0000	0,4248
Fortaleza	0,6533	0,7070	0,2528	1,0000
Paracuru	0,6479	0,5429	0,4007	1,0000
Miraíma	0,6445	0,6309	0,3025	1,0000
Ibiapina	0,6359	0,5360	0,9467	0,4248
Barreira	0,6290	0,6046	0,2824	1,0000
Caucaia	0,6263	0,6234	0,6357	0,6197
Itarema	0,6217	0,7139	0,4579	0,6932
Barbalha	0,6142	0,7091	0,3570	0,7763
Viçosa do Ceará	0,6135	0,5922	0,8235	0,4248
Pacatuba	0,6083	0,5102	0,6216	0,6932
São Benedito	0,5972	0,4617	0,7486	0,5815
Ocara	0,5930	0,5658	0,2963	0,9169
Baturité	0,5917	0,7206	0,4349	0,6197
Santana do Cariri	0,5907	0,5866	0,4093	0,7763
Mucambo	0,5905	0,5754	0,4197	0,7763
Aurora	0,5896	0,6359	0,4398	0,6932
Senador Pompeu	0,5893	0,6030	0,2481	0,9169
Aratuba	0,5870	0,5195	0,8998	0,3417
Itatira	0,5812	0,5836	0,3838	0,7763
Apuiarés	0,5800	0,4338	0,3892	0,9169
Coreaú	0,5800	0,6571	0,5013	0,5815
Aquiraz	0,5739	0,7747	0,3656	0,5815
Farias Brito	0,5738	0,4443	0,2771	1,0000
General Sampaio	0,5698	0,5222	0,4109	0,7763
Trairi	0,5684	0,6287	0,4567	0,6197
Barro	0,5667	0,6030	0,3208	0,7763
Itaitinga	0,5604	0,6484	0,4513	0,5815
Santa Quitéria	0,5602	0,5687	0,3068	0,8051
Alcântaras	0,5579	0,5789	0,6699	0,4248
Itapipoca	0,5570	0,5228	0,3720	0,7763
Ubajara	0,5567	0,5596	0,6855	0,4248
Maracanaú	0,5564	0,7875	0,4570	0,4248
Pires Ferreira	0,5563	0,7146	0,5293	0,4248
Paramoti	0,5552	0,5762	0,3131	0,7763
Campos Sales	0,5519	0,5443	0,3064	0,8051
Cariré	0,5499	0,5660	0,3616	0,7220

Municípios	ISHCE - Global	ISA - Abastecimento de água	ISH Hidroambiental	ISI Institucional
Barroquinha	0,5482	0,5310	0,3917	0,7220
Mauriti	0,5463	0,7666	0,2237	0,6485
Pereiro	0,5438	0,4198	0,5919	0,6197
Frecheirinha	0,5413	0,6332	0,4092	0,5815
Guaiúba	0,5367	0,6714	0,5138	0,4248
Massapê	0,5355	0,6361	0,5456	0,4248
Tabuleiro do Norte	0,5351	0,6914	0,1377	0,7763
Palmácia	0,5346	0,4929	0,7692	0,3417
Guaraciaba do Norte	0,5330	0,6382	0,5360	0,4248
Aracoiaba	0,5316	0,4334	0,3850	0,7763
Acarape	0,5313	0,6928	0,4763	0,4248
Hidrolândia	0,5260	0,5334	0,3512	0,6932
Tauá	0,5235	0,6235	0,1869	0,7602
Mulungu	0,5232	0,5515	0,5932	0,4248

Fonte: Elaboração própria.

b) Municípios com níveis intermediários de segurança hídrica

Quadro 22 – Municípios com maiores valores do ISHCE - Global

Municípios	ISHCE - Global	ISA - Abastecimento de água	ISH Hidroambiental	ISI Institucional
Missão Velha	0,5192	0,6577	0,2801	0,6197
Morrinhos	0,5177	0,4989	0,2777	0,7763
Poranga	0,5151	0,6028	0,5176	0,4248
Granjeiro	0,5150	0,6080	0,3554	0,5815
Quixeré	0,5133	0,5881	0,1755	0,7763
Tejuçuoca	0,5126	0,5498	0,3684	0,6197
Crateús	0,5105	0,6318	0,2064	0,6932
Acaraú	0,5053	0,6029	0,2198	0,6932
Paraipaba	0,5014	0,6258	0,4536	0,4248
Horizonte	0,5014	0,7570	0,1657	0,5815
São Gonçalo do Amarante	0,5009	0,6564	0,4213	0,4248
Varjota	0,4981	0,5521	0,3224	0,6197
Porteiras	0,4915	0,6752	0,1797	0,6197
Várzea Alegre	0,4901	0,5658	0,2847	0,6197
Capistrano	0,4899	0,5456	0,3876	0,5366
Graça	0,4893	0,5229	0,5202	0,4248
Uruburetama	0,4890	0,5572	0,4849	0,4248
Jaguaruana	0,4885	0,5619	0,1274	0,7763
Novo Oriente	0,4875	0,6005	0,1689	0,6932
Cariús	0,4867	0,5413	0,3375	0,5815
Tarrafas	0,4864	0,5984	0,4358	0,4248
Moraújo	0,4863	0,5350	0,4989	0,4248
Juazeiro do Norte	0,4851	0,7061	0,1677	0,5815
Jijoca de Jericoacoara	0,4775	0,7521	0,0607	0,6197
Tururu	0,4750	0,7318	0,2684	0,4248
Marco	0,4709	0,4766	0,3164	0,6197
Senador Sá	0,4702	0,4618	0,3674	0,5815
Quixadá	0,4700	0,6501	0,3350	0,4248
Umari	0,4687	0,6585	0,3228	0,4248
Fortim	0,4659	0,6160	0,3570	0,4248
São Luís do Curu	0,4652	0,5670	0,4037	0,4248
Palhano	0,4650	0,7286	0,1299	0,5366

Municípios	ISHCE - Global	ISA - Abastecimento de água	ISH Hidroambiental	ISI Institucional
Reriutaba	0,4639	0,5494	0,4175	0,4248
Milagres	0,4629	0,5416	0,2656	0,5815
Caridade	0,4612	0,4640	0,3381	0,5815
Aracati	0,4584	0,7281	0,2223	0,4248
Groaíras	0,4559	0,6033	0,3395	0,4248
Cascavel	0,4556	0,5281	0,4137	0,4248
Ipaumirim	0,4545	0,5896	0,3490	0,4248
Assaré	0,4531	0,6410	0,2934	0,4248
Beberibe	0,4527	0,5666	0,2931	0,4983
Sobral	0,4524	0,6677	0,3382	0,3515
Quiterianópolis	0,4489	0,5570	0,2081	0,5815
Independência	0,4484	0,4983	0,1538	0,6932
Cedro	0,4479	0,5519	0,2934	0,4983
Chaval	0,4473	0,4514	0,4657	0,4248
Forquilha	0,4467	0,6256	0,3728	0,3417
Antonina	0,4442	0,3963	0,3167	0,6197
Umirim	0,4436	0,6081	0,3809	0,3417
Martinópolis	0,4426	0,4384	0,4647	0,4248
Iguatu	0,4422	0,6086	0,1429	0,5752
Itapiúna	0,4416	0,4745	0,4256	0,4248
Cruz	0,4382	0,6172	0,1161	0,5815
Jati	0,4367	0,5504	0,1782	0,5815
Iracema	0,4365	0,5906	0,2940	0,4248
Carnauba	0,4354	0,5054	0,3761	0,4248
Bela Cruz	0,4343	0,6563	0,2219	0,4248
Abaiara	0,4334	0,4759	0,1758	0,6485
Piquet Carneiro	0,4332	0,4503	0,3126	0,5366
Lavras da Mangabeira	0,4316	0,5978	0,2721	0,4248
Saboeiro	0,4303	0,5932	0,2729	0,4248
Nova Russas	0,4300	0,5331	0,3383	0,4185
Ererê	0,4270	0,5984	0,2578	0,4248
Nova Olinda	0,4258	0,6420	0,2105	0,4248
Mombaça	0,4255	0,4229	0,3169	0,5366
Pentecoste	0,4239	0,4588	0,3880	0,4248
Pacujá	0,4235	0,4679	0,3777	0,4248
Baixio	0,4198	0,5398	0,2948	0,4248
Jaguaribe	0,4117	0,7737	0,0367	0,4248
Monsenho Tabosa	0,4106	0,3673	0,2830	0,5815
Croatá	0,4066	0,5513	0,2437	0,4248
Quixelô	0,4010	1,0000	0,1198	0,0831
Catunda	0,4002	0,5251	0,3338	0,3417
Arneiroz	0,3980	0,5892	0,1800	0,4248
Catarina	0,3976	0,4693	0,2987	0,4248
Orós	0,3955	0,5870	0,1745	0,4248
Salitre	0,3953	0,5155	0,2455	0,4248
Choró	0,3918	0,3523	0,3983	0,4248
Granja	0,3916	0,5822	0,5925	0,0000
Araripe	0,3900	0,4590	0,2863	0,4248
Acopiara	0,3861	0,5351	0,1984	0,4248
Santana do Acaraú	0,3854	0,3926	0,3388	0,4248
Russas	0,3850	0,6064	0,2069	0,3417
Crato	0,3803	0,3710	0,3352	0,4346
Tamboril	0,3801	0,4637	0,2519	0,4248
Chorozinho	0,3755	0,5293	0,1723	0,4248
Itaíçaba	0,3734	0,4445	0,2507	0,4248
Potiretama	0,3688	0,5463	0,1354	0,4248

Municípios	ISHCE - Global	ISA - Abastecimento de água	ISH Hidroambiental	ISI Institucional
Alto Santo	0,3669	0,5384	0,1374	0,4248
Ipueiras	0,3659	0,4723	0,3857	0,2398
Parambu	0,3636	0,4279	0,2381	0,4248
Pacajus	0,3630	0,4683	0,1958	0,4248

Fonte: Elaboração própria.

3) Municípios com menores níveis de segurança hídrica

Quadro 23 – Municípios com maiores valores do ISHCE - Global

Municípios	ISHCE - Global	ISA - Abastecimento de água	ISH Hidroambiental	ISI Institucional
Solonópole	0,3570	0,5538	0,2775	0,2398
Ibicuitinga	0,3567	0,5035	0,2251	0,3417
Limoeiro do Norte	0,3509	0,5576	0,1436	0,3515
Jaguaritama	0,3448	0,5339	0,0757	0,4248
Camocim	0,3359	0,4579	0,3099	0,2398
Potengi	0,3357	0,4469	0,2185	0,3417
Irauçuba	0,3299	0,3753	0,1895	0,4248
Jucás	0,3283	0,6146	0,2871	0,0831
Penaforte	0,3176	0,5280	0,0000	0,4248
Ararendá	0,3104	0,3556	0,3358	0,2398
Morada Nova	0,3069	0,6461	0,1180	0,1566
Icó	0,3069	0,5950	0,2427	0,0831
Quixeramobim	0,2819	0,6210	0,2246	0,0000
Canindé	0,2797	0,3901	0,3658	0,0831
Deputado Irapuan Pinheiro	0,2781	0,4277	0,2499	0,1566
Icapuí	0,2734	0,4762	0,2609	0,0831
Amontada	0,2246	0,3802	0,2936	0,0000
Banabuiú	0,2221	0,3997	0,1835	0,0831
Caririaçu	0,2221	0,2179	0,4483	0,0000
Boa Viagem	0,2156	0,2910	0,2726	0,0831
Pedra Branca	0,2145	0,2694	0,2910	0,0831
Aiuaba	0,2130	0,3039	0,2520	0,0831
Jaguaribara	0,2052	0,5009	0,0316	0,0831
Pindoretama	0,1344	0,1545	0,1656	0,0831
Jardim	0,0976	0,0000	0,2097	0,0831

Fonte: Elaboração própria.

APÊNDICE IV – OUTPUT DAS ANÁLISES DE REGRESSÃO - MQO

Modelo 1

```
. reg idh isa, robust
```

Linear regression

Number of obs = 176
 F(1, 174) = 14.97
 Prob > F = 0.0002
 R-squared = 0.1027
 Root MSE = .0303

idh	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
isa	.0806442	.0208424	3.87	0.000	.0395077	.1217808
_cons	.5720779	.0114534	49.95	0.000	.5494725	.5946833

Modelo 2

```
. reg idh ish, robust
```

Linear regression

Number of obs = 176
 F(1, 174) = 1.48
 Prob > F = 0.2255
 R-squared = 0.0068
 Root MSE = .03188

idh	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
ish	-.0154464	.0126978	-1.22	0.225	-.0405079	.0096152
_cons	.6219012	.0048943	127.07	0.000	.6122413	.6315611

Modelo 3

```
. reg idh ishinst, robust
```

Linear regression

Number of obs = 176
 F(1, 174) = 0.46
 Prob > F = 0.4964
 R-squared = 0.0033
 Root MSE = .03194

idh	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
ishinst	.0080057	.0117447	0.68	0.496	-.0151747	.031186
_cons	.6129621	.0062092	98.72	0.000	.600707	.6252171

Modelo 4

```
. reg idh ishce, robust
```

Linear regression

Number of obs = 176
F(1, 174) = 4.60
Prob > F = 0.0334
R-squared = 0.0270
Root MSE = .03156

idh	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
ishce	.0437875	.02042	2.14	0.033	.0034846	.0840903
_cons	.5959863	.0094431	63.11	0.000	.5773485	.614624

Output das Análises de Regressão Quantílica

Modelo 5

```
. sqreg idh isa, quantile(.25 .5 .75 .9)
(fitting base model)
(bootstrapping .....)

Simultaneous quantile regression
bootstrap(20) SEs
```

Number of obs = 176
.25 Pseudo R2 = 0.0369
.50 Pseudo R2 = 0.0375
.75 Pseudo R2 = 0.0765
.90 Pseudo R2 = 0.0779

idh	Bootstrap		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
q25	isa	.0587416	.0239288	2.45	0.015	.0115135 .1059697
	_cons	.5652026	.0145484	38.85	0.000	.5364884 .5939167
q50	isa	.0547562	.0208534	2.63	0.009	.013598 .0959144
	_cons	.5841116	.0112564	51.89	0.000	.561895 .6063282
q75	isa	.1015299	.0211486	4.80	0.000	.0597891 .1432708
	_cons	.5756431	.0112582	51.13	0.000	.553423 .5978633
q90	isa	.1090126	.0369716	2.95	0.004	.036042 .1819831
	_cons	.591	.0209206	28.25	0.000	.5497092 .6322908

Modelo 6

```

. sqreg idh ish, quantile(.25 .5 .75 .9)
(fitting base model)
(bootstrapping .....)
```

Simultaneous quantile regression
bootstrap(20) SEs

Number of obs = 176
.25 Pseudo R2 = 0.0152
.50 Pseudo R2 = 0.0054
.75 Pseudo R2 = 0.0012
.90 Pseudo R2 = 0.0003

idh	Coef.	Bootstrap Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
q25						
ish	-.0423926	.0298398	-1.42	0.157	-.1012871	.0165019
_cons	.6113061	.0088022	69.45	0.000	.5939333	.6286789
q50						
ish	-.0153221	.0159042	-0.96	0.337	-.0467121	.016068
_cons	.6172127	.0056985	108.31	0.000	.6059657	.6284598
q75						
ish	-.0154311	.012839	-1.20	0.231	-.0407714	.0099091
_cons	.6358843	.0055193	115.21	0.000	.6249909	.6467777
q90						
ish	.0027466	.0233588	0.12	0.907	-.0433564	.0488497
_cons	.6553113	.0082165	79.76	0.000	.6390944	.6715282

