



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
NÍVEL MESTRADO



GABRIELA SANTOS TUPY

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO NA SUSTENTABILIDADE DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO POXIM, SERGIPE.

São Cristóvão — SE

2023

GABRIELA SANTOS TUPY

**ANÁLISE DA EVOLUÇÃO NA SUSTENTABILIDADE DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO POXIM, SERGIPE.**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, da Universidade Federal de Sergipe, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Ariovaldo Antonio Tadeu Lucas

COORIENTADOR: Prof.^a Dr.^a Laura Jane Gomes

São Cristóvão — SE

2023

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

T928a Tupy, Gabriela Santos.
Análise da evolução na sustentabilidade da bacia hidrográfica do Rio Poxim, Sergipe / Gabriela Santos Tupy; orientador Ariovaldo Antonio Tadeu Lucas. – São Cristóvão, SE, 2023.
108 f.; il.

Dissertação (mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, 2023.

1. Meio Ambiente. 2. Desenvolvimento de recursos hídricos - Sergipe. 3. Água - Qualidade. 4. Bacias hidrográficas – Sergipe. 5. Sustentabilidade e meio ambiente. 6. Poxim, Rio, Bacia (SE). I. Lucas, Ariovaldo Antonio Tadeu, orient. II. Título.

CDU 502.131.1:556.51(813.7)

GABRIELA SANTOS TUPY

**ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIOPOXIM, SERGIPE.**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, da Universidade Federal de Sergipe, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovada em 28 de junho de 2023



Documento assinado digitalmente
ARIOVALDO ANTONIO TADEU LUCAS
Data: 25/09/2023 10:42:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Dr. Ariovaldo Antônio Tadeu Lucas — Universidade Federal de
Sergipe
Presidente — Orientador**



Documento assinado digitalmente
RAIMUNDO RODRIGUES GOMES FILHO
Data: 25/09/2023 16:31:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Dr. Raimundo Rodrigues Gomes Filho — Universidade Federal de Sergipe
Examinador — Interno**



Documento assinado digitalmente
ANTENOR DE OLIVEIRA AGUIAR NETTO
Data: 10/10/2023 08:00:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Dr. Antenor De Oliveira Aguiar Netto — Universidade Federal de Sergipe
Examinador — Externo**

**São Cristóvão — SE
2023**

Este exemplar corresponde a versão final da Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente concluído pelo Programa de Pós-Graduação Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS).



Documento assinado digitalmente
ARIOVALDO ANTONIO TADEU LUCAS
Data: 20/10/2023 10:04:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Ariovaldo Antonio Tadeu Lucas — Orientador
Programa de Pós-Graduação Desenvolvimento e Meio Ambiente — PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe —UFS

É concedida ao Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS), responsável pelo Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, permissão para disponibilizar, reproduzir cópia desta Dissertação e emprestar ou vender tais cópias.

Documento assinado digitalmente
 **GABRIELA SANTOS TUPY**
Data: 25/09/2023 23:59:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Gabriela Santos Tupy
Programa de Pós-Graduação Desenvolvimento e Meio Ambiente — PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe — UFS

Documento assinado digitalmente
 **ARIOVALDO ANTONIO TADEU LUCAS**
Data: 20/10/2023 10:03:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Ariovaldo Antonio Tadeu Lucas —Orientador
Programa de Pós-Graduação Desenvolvimento e Meio Ambiente — PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe —UFS

AGRADECIMENTOS

Durante os últimos dois anos parecia impossível chegar a esse momento. Foram tantos altos e baixos (mais baixos) que me perguntei se ia ter forças para conseguir finalizar e finalmente estamos aqui. São muitos sentimentos, mas o que prevalece é a gratidão por todos os que me suportam, pois o que reclamei esses anos “não está escrito”.

Agradeço a meus pais, Helen e Patrício, e minhas irmãs, Caroline e Grace Kelly por sempre estarem ao meu lado, mesmo distante, meu coração é de vocês. Ao meu namorado Lucas, que sempre está me apoiando e empoderando, muito obrigada por ser meu parceiro nessa vida.

Agradeço a todos os meus amigos, que adoro tanto, em especial: Gabriela Neves, minha duplinha, Lucas e Bruno pelos papos e gargalhadas, Yamila, Jeferson e Gabrielle, que mesmo longe ainda são tão presentes em minha vida e a Victória que me ajudou bastante a concluir esse trabalho. À minha psicóloga, Klarissa, por todo o suporte durante esse processo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Arioaldo por toda a compreensão e incentivo, o jeito leve que conduziu a orientação foi muito importante para mim. À coorientadora Prof.^a Dr.^a Laura Jane pelos direcionamentos e sugestões. Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, por me permitirem concluir esse curso, e a Universidade Federal de Sergipe, que tem sido uma “mãe” para mim por tantos anos. A universidade pública transforma a nossa vida.

Agradeço a meus colegas do mestrado pelo apoio. Os poucos momentos que tivemos juntos foram muito especiais. Meu muito obrigada a todos os meus amores de quatro patas, que me fazem tão feliz. Meus gatinhos, que madrugaram tantas vezes comigo durante a escrita do trabalho (*in memoriam* Clemilda), e meus *doguinhos*, nosso amor não tem fronteiras (*in memoriam* Bob Marley). E por fim, agradeço a essa força do universo pela qual clamei tanto por ajuda esses últimos tempos.

RESUMO

Diante da crescente preocupação com os recursos hídricos, analisar a sua qualidade é uma ação central para o planejamento. Tal avaliação deve considerar os diferentes contextos nos quais cada corpo hídrico está inserido. Por essa razão, bacias hidrográficas são consideradas unidades territoriais e de planejamentos, palco de importantes interações ecológicas, sociais e econômicas. A bacia hidrográfica do rio Poxim tem uma área total de 348,88 km², cobrindo parcialmente seis cidades no estado de Sergipe. A bacia possui historicamente uma posição central na questão do abastecimento público, o que significa que o rio enfrenta uma grande demanda para os usos consultivos e sofre com os efeitos do uso inadequado dos recursos hídricos. Diagnósticos ambientais em bacias hidrográficas podem ser otimizados com o auxílio de ferramentas como índices e indicadores competentes em reconhecer diferentes padrões sociais, econômicos e institucionais, refletindo assim, as diversas relações entre o meio físico, biótico e antrópico. No caso do presente trabalho foi selecionado o Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas, em inglês, Watershed Sustainability Index (WSI), para avaliar o nível de sustentabilidade da unidade de planejamento Poxim em dois intervalos temporais (2010 – 2015) e (2015 – 2020). Essa metodologia analisa parâmetros das dimensões hidrológicas, ambientais, sociais e políticas por meio de uma matriz Pressão — Estado — Resposta. O WSI para o primeiro período (2010 – 2015) foi 0,54 indicando um nível intermediário de sustentabilidade, já no segundo quinquênio foi 0,80 preservando o nível da bacia em intermediário. Ao longo dos 10 anos observou-se que a dimensão hidrológica é, historicamente, a principal limitante da sustentabilidade na unidade de planejamento Poxim, principalmente no quesito quantitativo, seguido pela insuficiência de investimento em Gestão Integrada dos Recursos Hídricos. Os indicadores sociais apresentaram os mesmos resultados para ambos os períodos estudados, o que pode indicar uma estagnação nos aspectos relacionados à qualidade de vida da população ali presente. Os indicadores ambientais se mantiveram estáveis para ambos os anos, com exceção do indicador de Resposta, que apresentou um avanço expressivo quanto as áreas de conservação e boas práticas de manejo. Em relação aos indicadores políticos foi observado que o estado de Sergipe possui uma legislação bem completa, podendo assim, beneficiar essa unidade de planejamento, contudo, a presença ou ausência de leis e instituições não garantem a gestão adequada dos recursos hídricos, o que pode ser percebido no caso do Poxim. O WSI pode ser utilizado como um apoio a diagnósticos ambientais e processos decisórios, identificando problemas atuais e orientando ações futuras. No entanto, é essencial para a aplicação adequada dessa ferramenta a ampla divulgação de dados, não só em espaços decisórios e acadêmicos, como também para a sociedade civil.

Palavras-chave: Gestão dos Recursos Hídricos. Dimensão Hidrológica. Índices e Indicadores. Análise Temporal. Instrumento de Apoio a Decisão.

ABSTRACT

Faced with the growing concern about water resources, analyzing their quality is a central action for planning. Such an assessment must consider the different contexts in which each water body is inserted. For this reason, river basins are considered territorial and planning units, the scene of important ecological, social and economic interactions. The Poxim river basin has a total area of 348.88 km², partially covering six cities in the state of Sergipe. The river historically has a central position in the issue of public supply, which means that the river faces a great demand for consultative uses and suffers from the effects of the inadequate use of water resources. Environmental diagnoses in watersheds can be optimized with the help of tools such as indexes and indicators capable of recognizing different social, economic and institutional patterns, thus reflecting the different relationships between the physical, biotic and anthropic environment. In the case of the present work, the Watershed Sustainability Index (WSI) was selected to assess the level of sustainability of the Poxim planning unit in two time intervals (2010 – 2015) and (2015 – 2020). This methodology analyzes parameters of the hydrological, environmental, social and political dimensions through a Pressure — State — Response matrix. The WSI for the first period (2010 – 2015) was 0.54 indicating an intermediate level of sustainability, while in the second five-year period it was 0.80, preserving the basin level at intermediate. Over the 10 years it has been observed that the hydrological dimension is historically the main limiting factor of sustainability in Poxim, mainly in the quantitative aspect, followed by insufficient investment in Integrated Management of Water Resources. The social indicators showed the same results for both periods studied, which may indicate a stagnation in aspects related to the quality of life of the population present there. Environmental indicators remained stable for both years, with the exception of the Response indicator, which showed significant progress in terms of conservation areas and good management practices. Regarding political indicators, it was observed that the state of Sergipe has a very complete legislation, thus being able to benefit this planning unit, however, the presence or absence of laws and institutions do not guarantee the adequate management of water resources, which can be perceived in the case of Poxim. The WSI can be used as a support for environmental diagnoses and decision-making processes, identifying current problems and guiding future actions. However, the wide dissemination of data is essential for the proper application of this tool, not only in decision-making and academic spaces, but also to civil society.

Keywords: Water Resources Management. Hydrological Dimension. Indices and Indicators. Temporal Analysis. Decision Support Instrument.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação gráfica do modelo de três pilares.	20
Figura 2: Representação gráfica do modelo de Prisma.	21
Figura 3: Representação gráfica do modelo Ovo do Bem-Estar.	22
Figura 4: Representação do modelo de desenvolvimento sustentável fundamentado nas restrições derivadas dos imperativos normativos de equidade, necessidades e limites..	23
Figura 5: Representação gráfica das dimensões da sustentabilidade.	25
Figura 6: Pirâmide de agregação de dados.	35
Figura 7: Estrutura conceitual do modelo PER.	38
Figura 8: Composição do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).	49
Figura 9: Mapa e identificação da bacia hidrográfica do Rio Poxim e cursos hídricos.	56
Figura 10: Etapas do processo investigatório, segundo Karl Popper.	60
Figura 11: Mapa de uso e ocupação do solo de acordo com as classes de uso e cobertura da terra.	75
Figura 12: Resultados encontrados para cada dimensão da sustentabilidade e o valor global do Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas, para os dois períodos estudados, na UP Poxim.	85

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Propostas de definições de sustentabilidade hídrica.....	32
Quadro 2: Funções de cada órgão que compõe o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.....	49
Quadro 3: Competências das subdivisões administrativas da federação na gestão dos recursos hídricos.....	52
Quadro 4: Matriz dos indicadores que compõe o WSI, conforme o modelo Pressão – Estado – Resposta.....	62
Quadro 5: Descrição dos parâmetros, níveis e pontuações de Pressão no WSI.....	63
Quadro 6: Descrição dos parâmetros, níveis e pontuações de Estado no WSI.....	63
Quadro 7: Descrição dos parâmetros, níveis e pontuações de Resposta no WSI.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Distribuição dos municípios que integram a bacia hidrográfica do rio Poxim.	55
Tabela 2: População que reside nas cidades que compõem a bacia hidrográfica do rio Poxim (PHRP).	58
Tabela 3: Classificação quanto ao índice de perdas na distribuição e a sua pontuação para a composição do WSI para a bacia em estudo.....	66
Tabela 4: Classificação quanto ao tratamento de esgoto e sua pontuação para a constituição do WSI para a bacia hidrografia do rio Poxim.....	67
Tabela 5: Unidades de conservação inseridas na bacia do rio Poxim.	75
Tabela 6: Boas práticas de manejo empregadas na bacia hidrográfica do rio Poxim e a pontuação para cada ano analisado.....	76
Tabela 7: Avaliação capacidade legal (CL) da bacia hidrografia do rio Poxim de acordo com os instrumentos da Política Nacional e Estadual de Recursos Hídricos.....	77
Tabela 8: Avaliação da capacidade institucional (CI) na bacia hidrografia do rio Poxim.	78
Tabela 9: Investimentos realizados pelas empresas de saneamento para cada ano avaliado.	79
Tabela 10: Demais investimentos que destinaram valores a bacia hidrográfica do rio Poxim.....	79
Tabela 11: Matriz de composição do WSI para o intervalo temporal de 2010 a 2015. .	81
Tabela 12: Matriz de composição do WSI para o intervalo temporal de 2015 a 2020. .	83

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional de Águas
BH	Bacias Hidrográficas
BHRS	Hidrográfica do Rio Sergipe
CBHSE	Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe
CERH	Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos
CF/88	Constituição Federal de 1988
CI	Capacidade Institucional
CL	Capacidade Legal
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
COHAB	Companhia de Habitação Popular
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CWSI	Índice Canadense de Sustentabilidade Hídrica
EPI	Índice de Pressão Ambiental
Eurostat	Divisão de Estatísticas da Comunidade Europeia
GIRH	Integrada dos Recursos Hídricos
HELP	Hydrology, Environment, Life and Policy
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IDHM-Educ.	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal de Educação
IDHM-Renda	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal de Renda
IQA	Índice de Qualidade da Água
ISBHi	Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas
IUCN	União Internacional para a Conservação da Natureza
MMA	Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima

OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ODM	Declaração do Milênio da Organização das Nações Unidas
ONG	Organização Não Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
PER	Pressão- Estado-Resposta
PNMP	Parque Natural Municipal do Poxim
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PNSI	Parque Nacional da Serra de Itabaiana
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
BHRP	Bacia Hidrográfica do Rio Poxim
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SRQA	Secretária de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
Unstat	Divisão de Estatísticas das Nações Unidas
UC	Unidade de Conservação
UP	Unidade de Planejamento
WJWSI	Índice de Sustentabilidade Hídrica de Java do Oeste
WPI	Índice de Pobreza Hídrica
WSI	Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
Objetivo geral	18
Objetivos específicos	18
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
1.1. Sustentabilidade e Desenvolvimento sustentável: conceito e características	18
1.2. Os marcos históricos da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável	27
1.3. Sustentabilidade hídrica	32
1.4 Indicadores e índices de sustentabilidade	33
1.5. Mensurando a sustentabilidade dos recursos hídricos	39
1.6. A gestão dos recursos hídricos no Brasil	42
1.6.1. Fase Fragmentária	42
1.6.2. Fase Setorial.....	43
1.6.3. Fase Holística.....	46
2. METODOLOGIA	55
2.5. Caracterização da área de estudo	55
2.1.1. Aspectos físicos.....	55
2.1.2. Aspectos socioeconômicos	57
2.2. Tipo de pesquisa	60
2.3. Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas (WSI)	61
2.3.1 Dimensão Hidrológica	65
2.3.2 Dimensão Ambiental.....	67
2.3.3 Dimensão Social.....	68
2.3.4 Dimensão Política	69
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
3.1 Indicadores Hidrológicos	70
3.1.1 Sub-indicadores de quantidade da água	70
3.1.2 Sub-indicadores de qualidade da água	72
3.2 Indicadores Ambientais	74
3.3 Indicadores Sociais	76
3.4 Indicadores Políticos	77
3.5 Análise do WSI	80

3.6 Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas (WSI) como instrumento de apoio a gestão dos recursos hídricos	86
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	88
5. REFERÊNCIAS	90
6. APÊNDICES	107
APÊNDICE A — Dados de vazão para a barragem Poxim I.....	107
APÊNDICE B — Cálculo populacional na UP Poxim	108
APÊNDICE C — Cálculo de IDHM, IDHM-Renda e IDHM-Educ.....	109

INTRODUÇÃO

A água é um recurso inestimável para a vida, possuindo valor fisiológico, social, cultural e comercial. Pode-se afirmar que a água é um recurso renovável, mas não é inesgotável. Durante muito tempo tem se discutido, em diversas conferências ao redor do mundo, quais são as melhores estratégias para o gerenciamento de um recurso tão precioso, sem que ele se configure apenas como um bem de capital. Devido à sua relevância, instituições como a Organização das Nações Unidas (ONU) têm estimulado ações internacionais que tenham como objetivo garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água como, por exemplo, os 17 objetivos do milênio para alcançar o desenvolvimento sustentável.

Baseado no modelo francês de gestão dos recursos hídricos e incentivado pelo novo cenário político do Brasil, principalmente a constituição de 88, foi criada Lei Nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, sendo essa considerada um marco histórico na gestão dos recursos hídricos no país. A lei reúne instrumentos que orientam o planejamento ambiental, territorial e o gerenciamento dos recursos hídricos, por intermédio dos órgãos que compõem o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SINGREH), criado pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA), cuja finalidade é garantir que a gestão seja feita de forma participativa e democrática.

A lei também determina as bacias hidrográficas (BH) como unidade territorial de planejamento para a execução da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (BRASIL, 1997). As BHs são ambientes complexos que transpassam a perspectiva ambiental, agregando aspectos socio-econômicos, políticos e culturais, refletindo as interrelações presentes nesse espaço, que devem ser consideradas no processo de gestão das águas.

As bacias hidrográficas podem ser divididas em sub-bacias para facilitar a avaliação de demandas humanas que impactam no equilíbrio desse sistema, e mesmo apresentando fronteiras delimitadas, essas bacias ultrapassam a hierarquia tradicional da política (União, Estado e Município), demandando que a governança das águas seja multinível.

A bacia hidrográfica do rio Poxim (BHRP), localizada no estado de Sergipe, apresenta historicamente uma posição central na questão do abastecimento público tanto na capital sergipana como nas cidades metropolitanas inseridas em sua área. No entanto, existe uma discordância entre o processo de ocupação da unidade territorial, a execução

da legislação e os investimentos públicos voltados para infraestrutura de modo a salvaguardar os recursos naturais.

O rio Poxim vem sofrendo com ineficiência dos serviços de água e esgoto, deposição de efluentes agrícolas e industriais, desmatamento, descarte inadequado de resíduos, assoreamento e contaminação de corpos d'água, especulação imobiliária, entre outras questões que refletem diretamente na insustentabilidade da bacia. Conseqüentemente, os serviços ambientais são comprometidos frente a necessidade de espaço para a construção de moradias, atividades econômicas, sociais e culturais. No entanto, esse avanço modifica as condições ambientais, ocasionando danos ao meio ambiente, desencadeando a necessidade de reagir e incentivar a mitigação, recuperação e restauração dos processos naturais intrínsecos ao ambiente.

O desenvolvimento sustentável visa balancear o modelo econômico, a capacidade de suporte dos recursos naturais. Como a água é uma matéria-prima essencial em diferentes etapas da cadeia produtiva, é importante a constante análise do estado deste recurso, para identificar as diferentes pressões que afetam a sua integridade, e a partir disso, construir estratégias para mitigar os danos causados. Nesse sentido, ferramentas como índices e indicadores ambientais e de sustentabilidade vem sendo utilizados para identificar diferentes cenários e orientar os gestores nos processos decisórios. Para serem considerados eficientes os indicadores de sustentabilidade hídrica devem ser relevantes politicamente, úteis para os usuários, e possuírem a capacidade de analisar e mensurar o objeto de estudo.

Chaves & Alipaz (2007) desenvolveram o Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas (WSI), cujo objetivo é expressar o nível de sustentabilidade de uma bacia hidrográfica, evidenciar as relações causa-efeito e verificar tendências existentes entre as pressões sofridas pelo meio e as respostas referentes a gestão. Esse índice vem sendo utilizado em diferentes bacias ao redor do mundo, buscando captar características locais e, ao mesmo tempo, desenvolver um modelo a ser internacionalmente aplicado.

O desenvolvimento de medidas que consigam preservar uma bacia, parte de um diagnóstico que capte as diferentes nuances das pressões presentes nessa unidade territorial. Com base no que foi colado, esse estudo avaliou a situação atual e se propôs a compreender aspectos históricos e tendências futuras referentes as questões hidrológicas, ambientais, socioeconômicas e políticas da bacia hidrográfica do rio Poxim. Por meio do WSI foi possível sistematizar dados relevantes quanto a sustentabilidade da unidade de planejamento (UP), de maneira concisa e de fácil compreensão, tornando esse trabalho

uma fonte de informação não apenas para os gestores, como também para sociedade civil em geral. A presente pesquisa calculou o Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas para dois intervalos temporais 2010 – 2015 e 2015 – 2020. Com base nessa premissa, foi levantada a seguinte questão: houve variação no nível de sustentabilidade da bacia do rio Poxim entre primeiro e o segundo intervalo? A hipótese testada consiste em que: A dimensão hidrológica é a principal limitante da sustentabilidade na unidade de planejamento Poxim.

Objetivo geral

Analisar a evolução da sustentabilidade na bacia hidrográfica do rio Poxim, em um período de 10 anos, por meio do Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas (WSI).

Objetivos específicos

- Determinar e comparar os níveis de sustentabilidade registrados para a bacia hidrográfica do rio Poxim entre os anos de 2010 a 2015 e 2015 a 2020;
- Indicar os fatores limitantes para alcançar a sustentabilidade encontrados na bacia;
- Verificar se o instrumento escolhido para análise atende às necessidades de informação para a gestão de recursos hídricos.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1. Sustentabilidade e Desenvolvimento sustentável: conceito e características

A discussão em torno do conceito de sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável tem abarcado diversas esferas da sociedade, meio acadêmico, econômica e política. Desde situações informais cotidianas a importantes acordos internacionais. Ambos os conceitos surgem em um âmbito multidisciplinar, impulsionado pela preocupação com o meio ambiente e com os rumos do planeta (BARBOSA, 2008; BARROS; SILVA, 2012; PIGA; MANSANO, 2015).

O termo sustentabilidade apresenta diversas definições, de modo geral refere-se à estabilidade qualitativa e quantitativa dos recursos naturais onde a utilização deste seja realizada conscientemente, sem danificar suas fontes, e permitindo que as atuais e futuras

gerações possam atender suas necessidades (AFONSO, 2016; BOFF, 2012; SOUZA; ARMADA, 2018).

Essa concepção é derivada do conceito de desenvolvimento sustentável, proposto em 1987 no documento ‘‘Nosso Futuro Comum’’ produzido pela Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU. Conforme o relatório: ‘‘o desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades’’ (CMMAD, 1991,p. 9).

Segundo o documento, o desenvolvimento sustentável apresenta dois conceitos-chave, são eles: ‘‘necessidades’’ principalmente relacionadas com a carência das populações mais vulneráveis, sendo elas a prioridade; e ‘‘limites’’ impostos ao meio ambiente pelas demandas populacionais e tecnológicas, que se intensificam ao longo do tempo, reduzindo a viabilidade de atender as demandas presentes e futuras.

A Comissão propõe que para se alcançar a sustentabilidade é necessário realizar algumas mudanças sociais e econômicas no estilo de vida e de desenvolvimento vigente, e para que isso ocorra é imprescindível que aconteçam alterações no sistema que regula esse modelo tanto na esfera internacional como nas nações (AFONSO, 2016; CMMAD, 1991).

Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável não devem ser usados como sinônimos, dado que apresentam significados distintos. O desenvolvimento sustentável é caracterizado como um processo de aprendizado, guiado por políticas públicas e planos de desenvolvimento nacional (BARBOSA, 2008; CARVALHO, Gláucia Oliveira, 2019). Já a sustentabilidade apresenta-se como uma mudança de paradigma, que reflete sobre os valores da humanidade, perspectivas políticas e as ‘‘regras do jogo’’ sociais. O desenvolvimento sustentável é considerado o caminho para atingir a sustentabilidade (SOUZA; ARMADA, 2018).

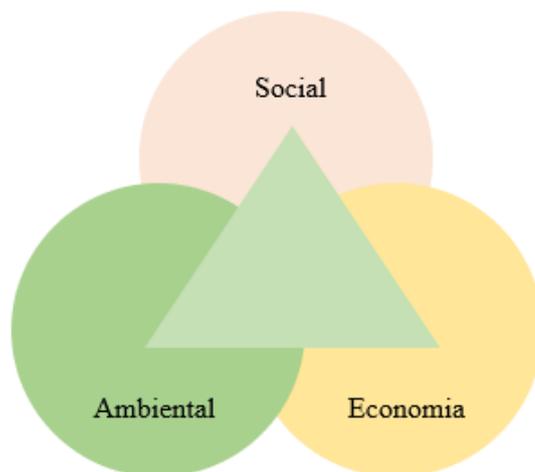
A sustentabilidade é qualificada como fraca ou forte a partir de sua relação com a economia. A sustentabilidade é determinada como fraca quando se baseia em questões financeiras e no custo-benefício. Observado através do princípio da substituíbilidade, o capital (produzido, humano, natural e social) podem ser substituídos, contanto que a longo prazo tenha-se acesso ao bem-estar humano. Já a sustentabilidade forte configura-se como aquela que pouco considera aspectos financeiros. Conhecida como sustentabilidade ecológica, seu enfoque é no meio ambiente. Por meio dessa ótica, o

capital natural não é substituível, e os recursos naturais não devem ser explorados de maneira irrestrita (RAMCILOVIC-SUOMINEN; PÜLZL, 2018; SILVA, 2017).

Conforme Jonh Elkington, idealizador da organização não governamental (ONG) *SustainAbility*, para alcançar a sustentabilidade é necessário que o processo de desenvolvimento seja economicamente viável, socialmente justo e economicamente correto. Esse conceito nomeado como *Triple Botton Line* (linha de três pilares) ou três P: *Profit* (produto), *People* (população) e *Planet* (planeta) e é tido como o modelo padrão de desenvolvimento sustentável (BOFF, 2012).

O modelo de três pilares (Figura 1) é composto por três dimensões: econômica (crescimento), social (equilíbrio) e ambiental (conservação) (HENRIQUES; RICHARDSON, 2004). É baseado na consideração pela sociedade, porém não é deixado claro que isso se refere a qualidade de vida. De acordo com Thatcher (2014), o desenvolvimento sustentável será alcançado quando os três pilares estiverem sincronizados. As principais críticas a esse modelo são a ausência da dimensão tempo (salientando a definição de Brundtland de longo prazo) e da dimensão política (RAMCILOVIC-SUOMINEN; PÜLZL, 2018).

Figura 1: Representação gráfica do modelo de três pilares.

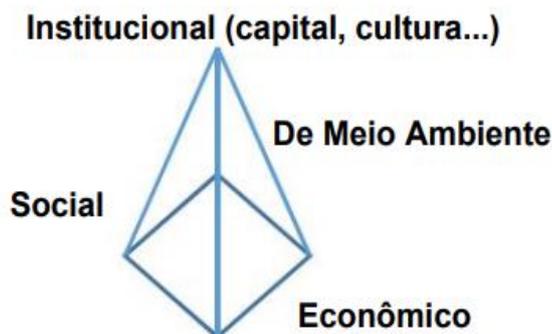


Fonte: Center For Environment Education (2007), adaptado pela autora.

A partir do *Triple Botton Line* sugerido por Elkington, foram surgindo novos modelos de desenvolvimento sustentável. O instituto alemão de Wuppertal desenvolveu uma variação do modelo de três pilares, essa nova proposta adiciona uma quarta dimensão (institucional ou de governança) e ficou conhecida como modelo de Prisma (Figura 2) (THATCHER, 2014).

O modelo se relaciona com questões como acesso, democracia, cuidado e ecoeficiência, evidenciando a interrelação entre as dimensões. Dessa forma, os aspectos observados podem influenciar e pressionar atitudes políticas. Cada uma das dimensões do prisma segue imperativos (diretrizes de ação) e utilizam indicadores para medir o grau de proximidade com o desenvolvimento sustentável (CEE, 2007; SILVA, 2017; THATCHER, 2014).

Figura 2: Representação gráfica do modelo de Prisma.



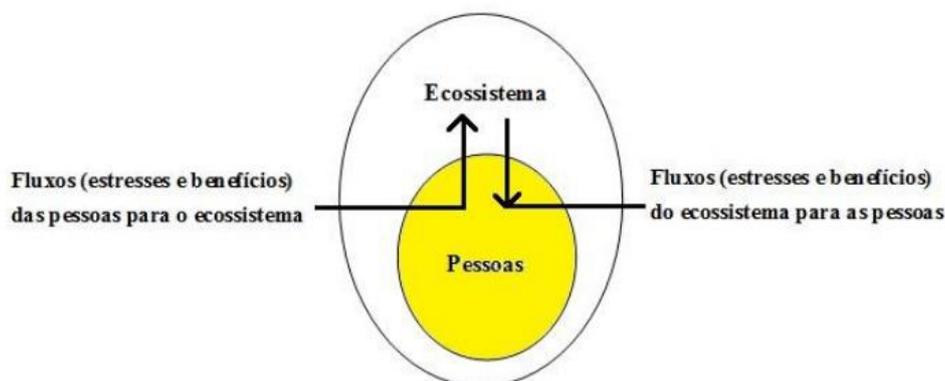
Fonte: Ramcilovic-Suominen; Pülzl, 2018.

Esse modelo vem sendo amplamente utilizado em estudos voltados para avaliação da sustentabilidade (CATANO *et al.*, 2009; CHAVES; ALIPAZ, 2007; MAYNARD; CRUZ; GOMES, 2017; SILVA *et al.*, 2021). A crítica ao modelo de Prisma é que a dimensão ambiental é sub-representada, pois ela deveria ser considerada um pré-requisito para o bem-estar humano (KEINER, 2004).

Um terceiro modelo de desenvolvimento sustentável proposto é o Ovo do Bem-Estar (Figura 3). Esse arquétipo usa a metáfora do ovo para representar a interdependência do ser humano com o meio ambiente (considerando que o ovo está saudável se tanto a gema quanto a clara estiverem bons) (CEE, 2007).

Assim, o desenvolvimento social e econômico só pode progredir a partir dos recursos oferecidos pela natureza, ao mesmo passo que o ecossistema só pode se recuperar a partir de esforços sociais, institucionais e econômicos (SILVA, 2017). Consoante ao modelo, as dimensões devem estar em equilíbrio para alcançar o desenvolvimento sustentável, respectivamente a sustentabilidade e, portanto, o bem-estar humano (RAMCILOVIC-SUOMINEN; PÜLZL, 2018). A crítica feita aqui é a mesma do modelo de Prisma, não incluir o tempo como uma dimensão do desenvolvimento sustentável.

Figura 3: Representação gráfica do modelo Ovo do Bem-Estar.



Fonte: Fonseca (2013).

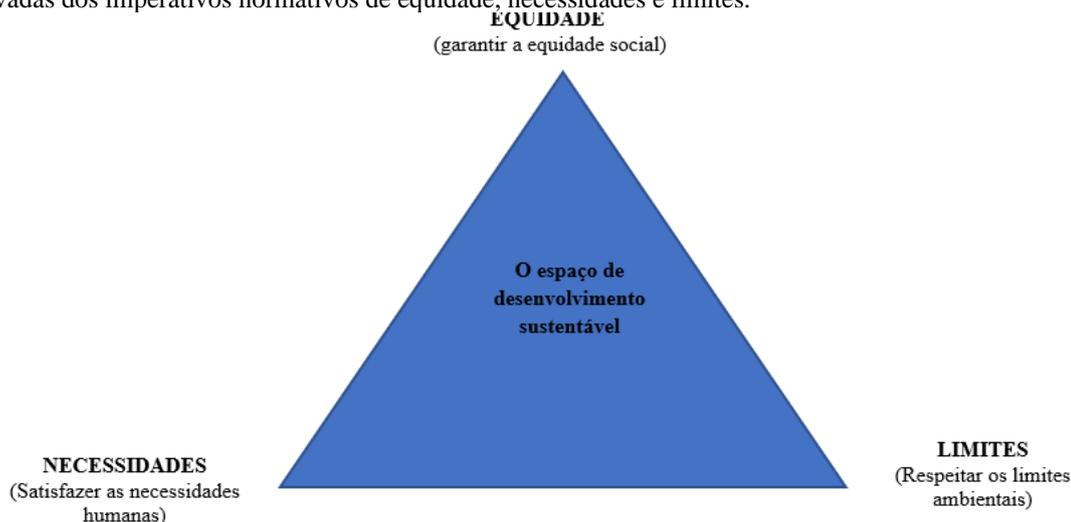
Holden *et al.* (2017) propõe que desenvolvimento sustentável é composto por valores normativos, que se baseiam nos direitos humanos, na democracia e liberdade. Ele se caracteriza como uma manifestação de princípios éticos e morais (também conhecido como imperativo moral).

A partir do conceito citado acima, os autores propõem um novo arquétipo de desenvolvimento sustentável regido por três imperativos morais: satisfazer as necessidades humanas, assegurar a equidade social e respeitar os limites ambientais. Esses preceitos foram bem trabalhados nos relatórios “Nosso Futuro Comum” (CMMAD, 1991) e em “Transformando Nosso Mundo” (ONU, 2015).

Esse modelo é disruptivo, ao preconizar que a economia não é uma dimensão essencial do desenvolvimento sustentável, visto que, ao mesmo tempo que é responsável por satisfazer as necessidades humanas e trazer o bem-estar social, o crescimento econômico pode aumentar as desigualdades sociais e dificultar que o desenvolvimento ocorra de forma sustentável através da exploração dos recursos naturais (HOLDEN; LINNERUD; BANISTER, 2017).

Ainda segundo o autor, alcançar o desenvolvimento sustentável depende principalmente da vontade política e do imperativo moral permanecer dentro dos limites ambientais, a partir desse momento será possível considerar a reconciliação com o crescimento econômico.

Figura 4: Representação do modelo de desenvolvimento sustentável fundamentado nas restrições derivadas dos imperativos normativos de equidade, necessidades e limites.



Fonte: Holden Linnerud; Banister (2017), traduzido pela autora.

Mediante o que foi apresentado, pode-se observar que o modelo clássico do desenvolvimento sustentável trabalha apenas com as dimensões: ambiental, econômica e social (Figura 1). No entanto, o problema do modelo tridimensional é a despoltização do desenvolvimento sustentável, como se a política não tivesse relevância nos processos de mudança (LIRA; FRAXE, 2014).

Uma proposta mais ampla das dimensões da sustentabilidade foi apresentada por Sachs (1993) e (2002), e está presente no texto da Agenda 21 brasileira. O autor indica oito dimensões para o conceito da sustentabilidade, aqui são trabalhadas as seguintes: sustentabilidade ecológica, sustentabilidade social, sustentabilidade econômica, sustentabilidade política.

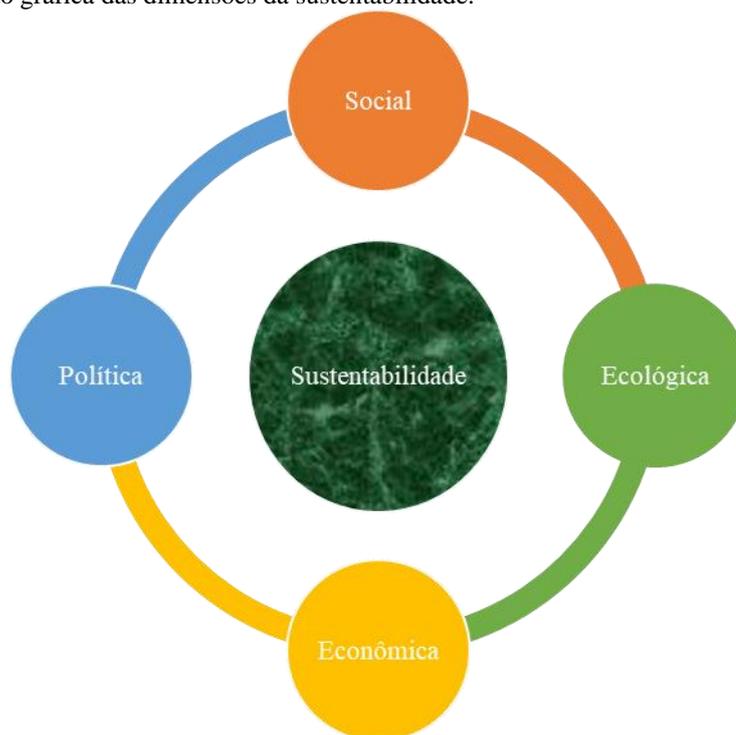
A primeira diz respeito a manutenção das características dos ecossistemas, necessárias para a sua sobrevivência a longo prazo. Dessa forma a sustentabilidade do ecossistema pode ser melhorada por meio das seguintes ferramentas: 1) Intensificando o uso do potencial de recursos dos diversos ecossistemas, causando o mínimo de danos aos sistemas; 2) Limitar o consumo de combustíveis fósseis e de outros recursos e produtos que são facilmente esgotáveis ou danosos ao meio ambiente, substituindo por alternativas renováveis; 3) redução do volume de resíduos e de poluição; 4) fomentar a autolimitação no consumo de materiais por parte dos países ricos e dos indivíduos; 5) Impulsionar a pesquisa para a obtenção de tecnologias de baixo teor de resíduos e eficientes no uso de recursos para o desenvolvimento urbano, rural e industrial; 6) Através da definição de leis para a proteção ambiental (SACHS, 1993; SAMPAIO; SANTOS; BONFIM, 2018).

A sustentabilidade social diz respeito a distribuição justa dos custos-benefícios, através da equidade intra e intergeracional. A meta é construir uma civilização, baseada na justiça social, com maior igualdade na distribuição de renda e de bens, de modo a minimizar o abismo entre os padrões de vida dos ricos e dos pobres (CLARO; CLARO; AMÂNCIO, 2008).

A sustentabilidade econômica é atingida por meio da gestão adequada dos recursos naturais, de modo que isso não impeça a continuidade das atividades econômicas (LIRA; FRAXE, 2014). Sachs (1993) propõe que para alcançar a sustentabilidade é necessário direcionar investimentos, tanto públicos como privados, para uma gestão mais eficaz dos recursos. Para além disso, é essencial a reformulação da configuração externa, com o intuito de superar questões históricas relacionados a trocas desfavoráveis entre o norte e o sul global, com o intuito de mitigar os abismos socioeconômicos e tecnológicos ocasionados por séculos de exploração. O autor também sugere um novo olhar sobre concepção de eficiência econômica, pontuando a importância de transpassar o lucro mercadológico e analisar aspectos macrosociais.

A sustentabilidade política depende fundamentalmente da presença de governança democrática e liberdade. Essa perspectiva se desdobra em duas esferas: a nacional, que se caracteriza pela promoção da democracia e pela garantia dos direitos humanos para todos, bem como pelo fortalecimento da capacidade do Estado para executar o projeto nacional em colaboração com diversos atores, assegurando um nível adequado de coesão social. Já a dimensão internacional, por sua vez, repousa na eficácia do sistema de prevenção de conflitos da ONU, na garantia da paz e na promoção da cooperação global. Isso se concretiza por meio do Pacote de Codesenvolvimento Norte-Sul, que se baseia no princípio da igualdade, estabelecendo regras equitativas e compartilhando a responsabilidade de apoio aos parceiros mais vulneráveis. Além disso, é essencial garantir um controle institucional efetivo sobre o sistema financeiro e empresarial global, bem como a aplicação do princípio da precaução na gestão ambiental e dos recursos naturais. Também é crucial prevenir impactos negativos das mudanças globais, proteger a diversidade biológica e cultural, gerenciar o patrimônio global como um bem comum da humanidade e promover um sistema eficaz de cooperação científica e tecnológica internacional. Tudo isso contribui para reduzir a mercantilização da ciência e tecnologia, reconhecendo-as como parte da herança compartilhada da humanidade (SACHS, 2002). A Figura 5 representa as dimensões da sustentabilidade que foram selecionadas para serem analisadas durante essa pesquisa.

Figura 5: Representação gráfica das dimensões da sustentabilidade.



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

As dimensões propostas por Sachs evidenciam que para se alcançar a sustentabilidade é preciso abranger a visão para além dos recursos naturais, valorizando as pessoas e os saberes tradicionais, e isso deve ser feito mediante uma perspectiva holística, pois se trata de um processo de mudança do paradigma civilizatório.

Apoiados pela fundação Rockfaller, no ano de 1996, o Instituto Internacional de Desenvolvimento Sustentável, somado a especialistas, propôs o que ficou conhecido como Princípios de Bellagio. O princípio funciona como um manual de avaliação para as instituições que desejam trabalhar com o desenvolvimento sustentável, desde a escolha dos indicadores, a sua interpretação e divulgação dos resultados (JESINGHAUS, 2014; PINTÉR *et al.*, 2012; VAN BELLEN, 2008).

Os Princípios de Bellagio sugerem que: 1) O conceito de desenvolvimento sustentável e suas metas devem ser bem definidos; 2) A sustentabilidade deve ser trabalhada dentro de uma perspectiva holística, visando o bem-estar dos sistemas econômico, social e ecológico; 3) A concepção de equidade e equilíbrio entre a atual e as futuras gerações deve ser considerada; 4) A temporalidade deve atender não só a escala humana, como a dos ecossistemas, atendendo as necessidades das atuais e futuras gerações. Assim como a escala de estudos deve ir além da perspectiva local, ponderando os impactos a longas distâncias; 5) O progresso rumo a sustentabilidade deve ser fundamentado em um sistema organizado e limitado de indicadores, baseados em

medidas padronizadas; 6) Deve haver transparência sobre os métodos e dados utilizados, facilitando o livre acesso à informação; 7) Os avanços alcançados devem ser comunicados efetivamente a todos (Estado, Sociedade Civil e Mercado), a fim de estimular o engajamento dos tomadores de decisão; 8) Deve haver ampla participação social; 9) A avaliação deve ser constante, se adaptando a mudanças e incorporando tendências, pois os sistemas são complexos e se alteram com frequência; 10) A eficiência da capacidade institucional de monitoramento do progresso deve ser assegurada (HARDI; ZDAN, 2001; JESINGHAUS, 2014).

Para além dos princípios supracitados, outros parâmetros foram adotados para nortear o progresso rumo a sustentabilidade, como a Carta da Terra, os Oito Objetivos do Milênio e atualmente a Agenda 2030 (EARTH CHARTER COMMISSION, 2000; IPEA; BRASIL, 2014; ROMA, 2019).

Holden (2017) faz crítica aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), frisando que a ONU não determina quais objetivos são primários e apresenta muitas metas, o que dificulta a concretização do que foi proposto. Além disso, os objetivos voltados para o desenvolvimento são bem definidos enquanto os ambientais são amplos e não quantificáveis, evidenciando a falta de noção dos limites ambientais. Por conta disso, o autor afirma que os ODS são meras tautologias.

Os problemas sociais, ambientais e econômicos existentes, refletem a insustentabilidade do modelo de desenvolvimento vigente, que se mostra socialmente injusto, ambientalmente desequilibrado e economicamente inviável, com grande potencial de acabar com a vida na Terra. Nesse contexto, o desenvolvimento sustentável, baseado nos princípios da sustentabilidade, surge como uma alternativa, promovendo uma perspectiva holística e de longo prazo, que valoriza as condições locais e a evolução não linear dos sistemas humanos e ambientais (CLARO; CLARO; AMÂNCIO, 2008; SOUZA; ARMADA, 2018).

Entretanto, não existe um consenso sobre a definição de desenvolvimento sustentável, onde se apresentam diferentes posições dependendo da visão do que pode ser considerado justo. O discurso ambiental muitas vezes é deixado de lado em razão dos preceitos de desenvolvimento fordistas presentes até hoje. A visão sociopolítica em sua maioria se restringe a ações de ONGS, principalmente quando se trata de assuntos internacionais. Com certeza quem alcançou o maior êxito com o discurso sustentável foi a economia, que conseguiu lucrar a partir desse *slogan*. Por ser um conceito amplo,

genérico e facilmente aplicável, o desenvolvimento sustentável tem se mostrado inoperante e contraditório (ACSELRAD, 1999; AFONSO, 2016; BOFF, 2012; SOUZA; ARMADA, 2018).

1.2. Os marcos históricos da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável

As discussões sobre os problemas ambientais começaram a aquecer a partir de 1960. Por ser uma época de efervescência cultural, com caráter disruptivo, os anos 60 foi palco do surgimento do movimento ambientalista, que questionava a exploração humana em relação à natureza. O pós-Segunda Guerra foi um momento de sobreutilização dos recursos naturais em nome do avanço da industrialização e urbanização. Nesse contexto, os ambientalistas questionavam os custos ambientais do crescimento populacional, dos avanços econômicos, das tecnologias, poluição, etc. (AFONSO, 2016).

Ao longo da década de 60 iniciou-se um amplo debate sobre as questões ambientais impulsionadas pela intensa divulgação de catástrofes ambientais com navios petroleiros, testes atômicos realizados por alguns países europeus, e em especial ao livro publicado de Rachael Carson “Primavera Silenciosa”, considerado um marco ambiental, trazendo aos holofotes problemas relacionados à poluição do ar, da água, do solo, produtos do agronegócio e da indústria. Ações como essas impulsionaram a discussão sobre a relação homem — meio ambiente, alavancando o debate público sobre as perspectivas de futuro e pressionando as entidades governamentais a tomar atitudes sobre as questões ambientais (AFONSO, 2016; SOUZA; ARMADA, 2018).

Em abril de 1968 foi fundado o Clube de Roma, que consiste em um grupo de pessoas “ilustres” que debatem sobre assuntos altamente relevantes para a sociedade como: economia internacional, política, meio ambiente e, atualmente, desenvolvimento sustentável. O Clube de Roma foi responsável pela produção do relatório “Os limites do Crescimento” (1972), o qual indicava que se as tendências mundiais de avanço da industrialização, poluição, produção de alimentos, crescimento populacional e redução dos recursos naturais permanecessem estáveis, o planeta atingiria o seu limite em cerca de 100 anos, conseqüentemente, ocasionando o declínio industrial e populacional. Ao mesmo tempo, os autores do relatório impulsionaram o sentimento de esperança, afirmando ainda ser possível modificar as tendências, contanto que a população mundial se esforçasse (MEADOWS; RANDERS; MEADOWS, 2004; MOTA *et al.*, 2008).

O ano de 1972 foi um ano importante para as questões ambientais. Nele ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, também conhecida como

Conferência de Estocolmo. Essa conferência se destaca como a primeira reunião onde debateu-se questões econômicas, políticas, sociais e ambientais. Participaram da reunião 113 países, 19 órgãos intergovernamentais e 400 organizações inter e não governamentais (GURSKI; GONZAGA; TENDOLINI, 2012). Durante o evento, tentou-se introduzir a perspectiva de conexão intrínseca entre o ser humano e o meio ambiente, ficando claro no primeiro princípio declarado nessa conferência.

O homem é ao mesmo tempo obra e construtor do meio ambiente que o cerca, o qual lhe dá sustento material e lhe oferece oportunidade para desenvolver-se intelectual, moral, social e espiritualmente. Em larga e tortuosa evolução da raça humana neste planeta chegou-se a uma etapa em que, graças à rápida aceleração da ciência e da tecnologia, o homem adquiriu o poder de transformar, de inúmeras maneiras e em uma escala sem precedentes, tudo que o cerca. Os dois aspectos do meio ambiente humano, o natural e o artificial, são essenciais para o bem-estar do homem e para o gozo dos direitos humanos fundamentais, inclusive o direito à vida mesma (ONU, 1973).

A conferência teve como finalidade verificar os principais problemas ambientais e detectar aqueles que poderiam ser amenizados a partir da colaboração e de acordos internacionais. O evento votou a resolução sobre aspectos financeiros e organizacionais, além da criação de um braço da ONU, denominado Programa das Nações Unidas sobre Meio Ambiente (PNUMA), responsável por coordenar todas as atividades da organização ligadas as questões ambientais e fomentar a implementação do programa de ação (ABREU *et al.*, 2012; GURSKI; GONZAGA; TENDOLINI, 2012).

A Conferência de Estocolmo ecoou mundialmente, pois muitos países não possuíam organizações responsáveis por gerir questões como poluição, inclusive muitas dessas federações tinham como prioridade o desenvolvimento industrial e depois se preocupar com a poluição, isso inclui o Brasil. A participação brasileira na conferência trouxe bons frutos para a política ambiental nacional, com a criação da Secretária Especial de Meio Ambiente, a qual era vinculada ao Ministério do Interior, iniciando suas atividades em 1974. Somente dezoito anos depois em 1992 foi criado o Ministério do Meio Ambiente (MMA) para compor a política ambiental do Brasil (AFONSO, 2016).

Em 1980 a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) redigiu um texto intitulado “Estratégia Mundial de Conservação”, o qual trazia de forma sistematizada a importância da integração entre conservação dos recursos naturais, contextos sociais e atividades econômicas (GANEM, 2012).

Em 1983, a ONU instituiu a Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, presidida por Gro Harlem Brundtland, a primeira-ministra da Noruega naquela época, e composta por uma comissão internacional com representantes de

diversos países, inclusive do Brasil. Durante quatro anos a comissão desenvolveu pesquisas que analisavam as problemáticas relacionadas ao meio ambiente e ao sistema de desenvolvimento vigente, tendo como objetivo buscar alternativas de mitigação e balanceamento dessa relação (LIRA; FRAXE, 2014; PIGA; MANSANO, 2015).

No ano de 1987 foi publicado ‘‘Nosso Futuro Comum’’, apelidado de ‘‘Relatório de Brundtland’’, o qual compilava os resultados encontrados nos estudos da Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Esse documento é considerado um dos primeiros esforços de se tentar implementar uma agenda global, com o intuito de transformar o paradigma de desenvolvimento vigente, a partir de estratégias ambientais de longo prazo. O texto discute aspectos como economia internacional, energia, segurança alimentar e urbanização (CMMAD, 1991; LIRA; FRAXE, 2014; PIGA; MANSANO, 2015; SOUZA; ARMADA, 2018).

No entanto, o maior destaque vai para a criação do conceito de desenvolvimento sustentável, descrito no tópico anterior, sendo apontado pela comissão como a resolução dos problemas ambientais. Além disso, o documento faz uma crítica as políticas públicas existentes e as instituições, que se mostram ineficientes, fragmentadas e limitadas, pois não conseguem avançar na proteção ambiental ao mesmo tempo que demonstram se preocupar mais com as consequências dos problemas relacionados ao meio ambiente do que com suas causas (AFONSO, 2016; BOFF, 2012).

No ano de 1992 ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), também conhecida como Rio-92, Eco-92 ou Cúpula da Terra, que foi sediada no Rio de Janeiro, Brasil, e contou com a presença de 178 países. As declarações do evento foram incisivas ao afirmar que as próximas gerações têm direito de atender suas necessidades de desenvolvimento e meio ambiente com equidade, considerando a proteção ambiental, dessa forma seria possível atingir o desenvolvimento sustentável (ARRUDA; QUELHAS, 2010; ONU, 1993; PIGA; MANSANO, 2015).

A Rio-92 foi responsável por consolidar e, ao mesmo tempo, difundir o conceito de desenvolvimento sustentável, com o apoio maciço da mídia. Documentos importantes foram produzidos nessa conferência, como: Convenção sobre Biodiversidade e a Convenção sobre alterações climáticas, ambas culminaram no Protocolo de Kyoto, Declaração do Rio de Janeiro, Declaração das Florestas e um destaque para a Agenda 21 (LAFER, 2012; LIRA; FRAXE, 2014; PATRIARCHA-GRACIOLLI, 2015).

A Agenda 21 configura-se como um programa de caráter mundial, com a missão de desenvolver uma política para a mudança global que amenizasse as incompatibilidades entre o processo de desenvolvimento e o meio ambiente, através da regulamentação dos princípios da sustentabilidade (BARBOSA, 2019; ONU, 1995).

A CNUMAD é um símbolo da cooperação internacional dos governantes em comprometer-se com o desenvolvimento sustentável. Contudo, as divergências políticas e econômicas impediram o cumprimento dos acordos da forma adequada, comprovando que evocar o desenvolvimento sustentável não é o suficiente para se resolver os problemas socioambientais do planeta (GUIMARÃES; FONTOURA, 2012).

Nos anos 2000 foi criada a ‘Declaração do Milênio da ONU’ determinando os oito objetivos globais que tinham como missão diminuir a pobreza extrema até o ano de 2015, apresentando como marco inicial a Resolução 55/2 da Assembleia Geral da ONU, em Nova York. O Brasil aderiu aos ODMs, através do Decreto de 31 de outubro de 2003, criando uma comissão responsável pelo andamento e adaptação das metas a realidade brasileira (CARDOSO; SANTOS JR, 2019; ROMA, 2019).

Dois anos depois foi realizada a Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, conhecida como Rio + 10 (ou conferência de Joanesburgo), que foi marcada pela reivindicação das deliberações já acordadas nas conferências anteriores, com foco na Agenda 21. A Rio + 10 discutiu principalmente sobre as questões sociais que envolvem a sustentabilidade, revelando a disparidade entre os países, sendo esse um dos principais desafios para se atingir as metas globais (LORENZETTI; CARRION, 2012).

A Conferência de Joanesburgo não avançou no debate sobre a preservação ambiental, sendo considerada a que menos apresentou compromissos significativos quando comparada as anteriores. Contudo, a Rio + 10 reafirmou a importância da participação da sociedade civil organizada em espaços de negociação internacional, além de ter sido a conferência com maior participação do empresariado sobre desenvolvimento sustentável até então. A Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável foi responsável por projetar o Brasil como uma figura central nas discussões sobre o meio ambiente (GUIMARÃES; FONTOURA, 2012; OLIVEIRA; MOREIRA, 2011).

Em 2012 o Rio de Janeiro voltou a sediar CNUMAD, mais conhecida como Rio + 20, contando com a participação de 190 países. O objetivo da conferência foi a renovação do compromisso político com o desenvolvimento sustentável, onde as principais temáticas abordadas foram: uma economia verde no contexto da erradicação

da pobreza e um quadro institucional para o desenvolvimento sustentável (PIGA; MANSANO, 2015).

Alguns autores consideram a Rio + 20 um fracasso, pois a conferência ressaltou o caráter antropocêntrico das nações, retomando a retórica do racionalismo econômico em detrimento do discurso ambiental pautado nas conferências anteriores. A economia verde foi proposta como a solução harmônica entre economia e proteção ambiental, esvaziando o espaço de críticas ao sistema de desenvolvimento vigente (GUIMARÃES; FONTOURA, 2012; LAFER, 2012; LIRA; FRAXE, 2014; PIGA; MANSANO, 2015).

Ao longo do evento, a postura tomada pelas nações e empresas participantes foi de esquivar-se de propostas que lhes eram inconvenientes, principalmente as relacionadas com a responsabilidade ambiental e com os direitos humanos. Em decorrência disso, os governantes deixaram a Rio + 20 sem metas, sem decisões internacionais, sem compromissos concretos e aplicáveis para se alcançar o desenvolvimento sustentável (LIRA; FRAXE, 2014).

Apoiado no legado deixado pelos ODMs e seguindo a agenda de desenvolvimento do milênio, 193 países signatários da ONU assumiram um novo compromisso, em Nova York, no ano de 2015. Durante os últimos dois anos (2012 – 2015) a ONU liderou um processo participativo o qual incluía a sociedade civil, governos, instituições de pesquisa e iniciativa privada, com o intuito de angariar contribuições e sugestões para a construção de uma agenda global que considerasse as prioridades através da plataforma *My World* (KRONEMBERGER, 2019).

A agenda 2030 abrange questões relacionadas as dimensões ambiental, social, econômica e institucional do desenvolvimento sustentável. Ela acopla dezessete Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), 169 metas, 232 indicadores e uma declaração (visão, princípios e compromissos firmados) (BARBOSA *et al.*, 2020; CARDOSO; SANTOS JR, 2019).

A criação da agenda propunha que as metas fossem atingidas até o ano de 2030, porém, assim como os tratados descritos anteriormente, os acordos internacionais têm se mostrado ineficientes na tentativa de alcançar o desenvolvimento sustentável. As divergências políticas e econômicas somado ao sistema de produção capitalista e falta de sanções adequadas expõem o discurso vazio da busca pela sustentabilidade e preocupação com as próximas gerações, onde o termo sustentável se tornou mais um rótulo comercial.

1.3. Sustentabilidade hídrica

A água é considerada o bem mais importante para a manutenção da vida no planeta Terra, mas não só isso, esse elemento é fundamental para os ecossistemas, a economia, o bem-estar social, com relevância cultural. Devido a sua significância, o acesso à água e ao saneamento básico é um direito humano fundamental, reconhecido pela ONU como “condição essencial para o gozo pleno da vida e dos demais direitos humanos” (Resolução 64/A/RES/64/292). Entretanto, esse recurso é limitado e sua escassez tem sido recorrente em diversas localidades, principalmente as que historicamente já sofrem com esse problema (ALEIXO *et al.*, 2016; CRISPIM *et al.*, 2020).

Compreendendo que existe relação entre água, meio ambiente, sociedade e mercado, busca-se determinar qual seria a definição de sustentabilidade hídrica e quais são os caminhos necessários para atingi-la. No Quadro 1 observam-se definições de sustentabilidade hídrica proposta por alguns autores (LOUCKS, 2000; MAYS, 2007; RIBEIRO, Christian Ricardo; PIZZO, 2011; VIEIRA, 2002).

Quadro 1: Propostas de definições de sustentabilidade hídrica.

Autor	Ano	Definição
Loucks	2000	“a designação e planejamento dos recursos hídricos com vistas a contribuir completamente com os objetivos da sociedade agora e no futuro, enquanto mantém sua integridade ecológica, ambiental e hidrológica”.
Vieira	2002	“o atendimento continuado e consistente das demandas da sociedade através de uma oferta hídrica garantida, em quantidade e qualidade”
Mays	2007	“a habilidade para prover e manejar a água em termos de quantidade e qualidade e da mesma forma a encontrar as necessidades humanas e ambientais atuais, enquanto não impede as futuras gerações de fazer o mesmo”
Ribeiro e Pizzo	2011	“manter um equilíbrio dinâmico entre a oferta e a demanda por água, de modo que os mananciais — superficiais e/ou subterrâneos — sejam utilizados a taxas iguais ou inferiores à sua capacidade de regeneração.”

Fonte: LOUCKS, 2000; MAYS, 2007; RIBEIRO, Christian Ricardo; PIZZO, 2011; VIEIRA, 2002.

A sustentabilidade dos recursos hídricos deve ser baseada em uma visão holística, que prioriza questões ambientais, sociais e econômicas (PLUMMER; DE LOË; ARMITAGE, 2012). Diversos autores sugerem caminhos para se alcançar a sustentabilidade hídrica. Em suma, eles propõem que para alcançá-la deve-se garantir o acesso universal a água potável, saneamento básico e higiene, preservar a qualidade da água, mitigação dos impactos das atividades humanas, melhorar a eficiência do uso da água nas atividades econômicas, gestão responsável, participativa e equitativa do uso da água, aperfeiçoamento da logística quanto as águas residuais, entre outros apontamentos (CRISPIM *et al.*, 2020; LOUCKS, 2000; MAYS, 2007; WANG *et al.*, 2015).

Pautar a sustentabilidade hídrica é essencial, pois a mesma considera a disponibilidade quantitativa e qualitativa, por meio de um acesso harmonioso, seguindo as determinações adequadas para cada bacia hidrográfica (TRINDADE; SCHEIBE, 2019). Para que isso se concretize, propõe-se que a mesma apresente uma abordagem que englobe diversos dados, referentes as características físico-químicas dos recursos hídricos, taxas atualizadas do uso da água e o arcabouço político e estrutural ligado ao setor (LINHOSS; JEFF BALLWEBER, 2015).

Dentre as maneiras de se subsidiar a gestão adequada dos recursos hídricos, impulsionando assim a sustentabilidade hídrica, estão algumas ferramentas capazes de mensurar o desempenho dos sistemas hídricos e ambientais, são elas os índices e indicadores de sustentabilidade.

1.4 Indicadores e índices de sustentabilidade

A palavra indicador vem do latim *indicare*, que significa “indicar” ou “quem indica” (FONSECA, 2013). Indicadores configuram-se como ferramentas cujo objetivo é representar um fenômeno complexo a partir de uma representação matemática simples (ISAIAS, 2008).

Os indicadores têm como finalidade integrar, mensurar e transmitir informações, com o intuito de facilitar a compreensão de dados. Esse instrumento vem sendo bastante utilizado como subsídio de avaliação de características de um determinado sistema. Por conseguir analisar tendências, possui um papel essencial na avaliação, planejamento do desenvolvimento e na busca pela sustentabilidade, além de ser um aparato importante nos processos de gestão, decisão e implementação de políticas públicas de desenvolvimento (BARRETO, 2017; FONSECA, 2013; KEMERICH; RITTER; BORBA, 2014; VAN BELLEN, 2004, 2008; VEIGA, 2010).

Os indicadores são compostos por variáveis que podem ser agregadas de diferentes maneiras dependendo do fenômeno observado. Sendo assim, um indicador tenta demonstrar claramente o objeto em questão, e o resultado é um reflexo do presente, e mostra, por meio de gráficos ou análises estatísticas, o que está sendo feito ou projeções para o futuro. É importante frisar que os indicadores não são instrumentos de previsão ou estatísticas específicas, sendo apenas uma medida que constata uma dada situação (IBGE, 2015; ISAIAS, 2008).

Conforme a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), um indicador é um valor (ou valor derivado de parâmetro) que fornece dados sobre o estado de um fenômeno de uma dimensão significativa (OECD, 1993). Um indicador pode ser tanto quantitativo quanto qualitativo, e representa uma variável que possui valor temporário. A variável retrata um atributo de determinado sistema, podendo ser referente a qualidade, característica e propriedade (GUIMARÃES; FEICHAS, 2009; VAN BELLEN, 2004).

A principal característica de um indicador é sua relevância tanto na política como na tomada de decisões, devendo ser representativo tanto para quem toma as decisões quanto para a sociedade civil (VAN BELLEN, 2004). De acordo com Tunstall (1992, 1994), um indicador deve apresentar as seguintes características: analisar conjunturas e tendências; realizar comparação entre localidades e circunstâncias; verificar contextos e tendências em relação às metas e objetivos; advertir a partir do fornecimento de dados; e prevenir sobre futuras condições e tendências.

Existe um conflito entre o significado de índices e indicadores, no entanto, o primeiro corresponde a um valor agregado de variáveis, e/ou indicadores (inclusive pode ser composto por outros índices, por exemplo, Índice de Qualidade da Água (IQA), tratando-se de um instrumento importante nas tomadas de decisão e previsão por seu caráter mais complexo, sendo considerado um nível acima do indicador. Nesse contexto, os índices desempenham um importante papel por serem construídos para analisar informações por meio da junção de elementos que se correlacionam de alguma forma. Já o indicador, como foi proposto acima, representa as condições de um determinado sistema, geralmente utilizado como um pré-tratamento de dados (SICHE *et al.*, 2007; SILVA; BARBOSA; COELHO, 2018).

A proposta de desenvolver indicadores que tivessem a capacidade para avaliar a sustentabilidade surgiu na Rio — 92, sendo registrado no capítulo 40 da Agenda 21:

Os indicadores comumente utilizados, como o produto nacional bruto (PNB) ou as medições das correntes individuais de contaminação, ou de recursos, não dão indicações precisas de sustentabilidade. Os métodos de avaliação da interação entre diversos parâmetros setoriais do meio ambiente e o desenvolvimento são imperfeitos ou se aplicam deficientemente. É preciso elaborar indicadores de desenvolvimento sustentável que sirvam de base sólida para adotar decisões em todos os níveis, e que contribuam a uma sustentabilidade autorregulada dos sistemas integrados do meio ambiente e o desenvolvimento (ONU, 1995).

Nesse cenário, são propostos os indicadores de sustentabilidade. Eles têm como função analisar e monitorar os processos de desenvolvimento. Os indicadores auxiliam no direcionamento de políticas públicas, principalmente localmente, amparando o financiamento e a adoção de práticas voltadas para o desenvolvimento sustentável e mitigação das práticas insustentáveis (FERREIRA; DE LIMA; CORRÊA, 2020). Essa ferramenta favorece o acompanhamento das alterações do estado da qualidade ambiental ao longo do tempo (COMETTI; CABRAL; CONCEIÇÃO, 2019).

Segundo Braat (1991) os indicadores de sustentabilidade apresentam uma hierarquia em sua composição. Ele divide esse processo de agregação de dados em etapas: 1) A primeira etapa consiste na aquisição de dados, onde o pesquisador colherá informações pertinentes ao foco do estudo. Essas informações irão compor a base da pirâmide e funcionando como fonte de dados para a análise; 2) Na segunda etapa é feita uma seleção de informações relevantes para o estudo; 3) Na terceira etapa esses dados são agregados (geralmente quantitativamente), com o intuito de compilar a complexidade de informações em uma única unidade que expresse as informações observadas; 4) E a última etapa, já com os indicadores definidos e com variáveis testadas, é agregado tudo que foi encontrado em um índice, com o propósito de indicar um valor único que contemple o objetivo da análise. A figura a seguir retrata o processo de agregação hierárquica de dados proposta pelo autor (Figura 6).

Figura 6: Pirâmide de agregação de dados.



Fonte: Braat (1991), traduzido pela autora.

Meadows (2004), afirma que para um indicador ambiental se transformar em um de sustentabilidade é necessário considerar tempo, limites e metas; sendo o primeiro um fator central quando se discute sustentabilidade. O autor também enfatiza a relevância da

objetividade, da mensuração, da relevância, da participação e da hierarquização para se caracterizar um indicador como eficiente. Já Philippi Jr et al. (2005) argumentam que a função do indicador é refletir uma tendência que não é facilmente percebida e, de forma rápida, contribui para o aprimoramento dos processos de gestão.

CEI (2007) alega que os indicadores de sustentabilidade são distintos dos indicadores tradicionais, pois estes avaliam as mudanças sociais, econômicas e ambientais na população de forma independente, enquanto o segundo reflete a realidade das três dimensões de forma integrada.

Veiga (2010) sustenta que, para se mensurar a sustentabilidade, é necessário que sejam feitas previsões, não apenas observações, como nos indicadores tradicionais. Ele também coloca que os indicadores necessitam de algumas respostas prévias para questões normativas. O autor aborda a dificuldade de produzir indicadores globais, por ser um problema do planeta, principalmente quando se fala dos indicadores ambientais.

Algumas características que devem ser consideradas ao se avaliar a sustentabilidade são: a) selecionar um número reduzido de indicadores, representativos o bastante para permitir a interpretação de suas variações; b) se escolher um índice monetário, é crucial que ele atenda à dimensão econômica da sustentabilidade; c) as características ambientais da sustentabilidade devem ser monitoradas por meio de indicadores físicos (VEIGA, 2010).

De acordo com Barros e Silva (2012), os indicadores de desenvolvimento sustentável são essenciais para compreender a realidade, as características, as especificidades e funcionalidade em diferentes sistemas. Eles facilitam o acesso à informação, já que são transmitidos de forma simples, objetiva e compreensível, permitindo que a sociedade se aproprie desse conhecimento e introduza aspectos relacionados a sustentabilidade no seu dia a dia.

Para Cardoso e Santos Jr. (2019), os indicadores de desenvolvimento sustentável geralmente refletem questões de sustentabilidade via medidas quantificáveis de desempenho social, ambiental e econômico, com o intuito de auxiliar na resolução das principais demandas.

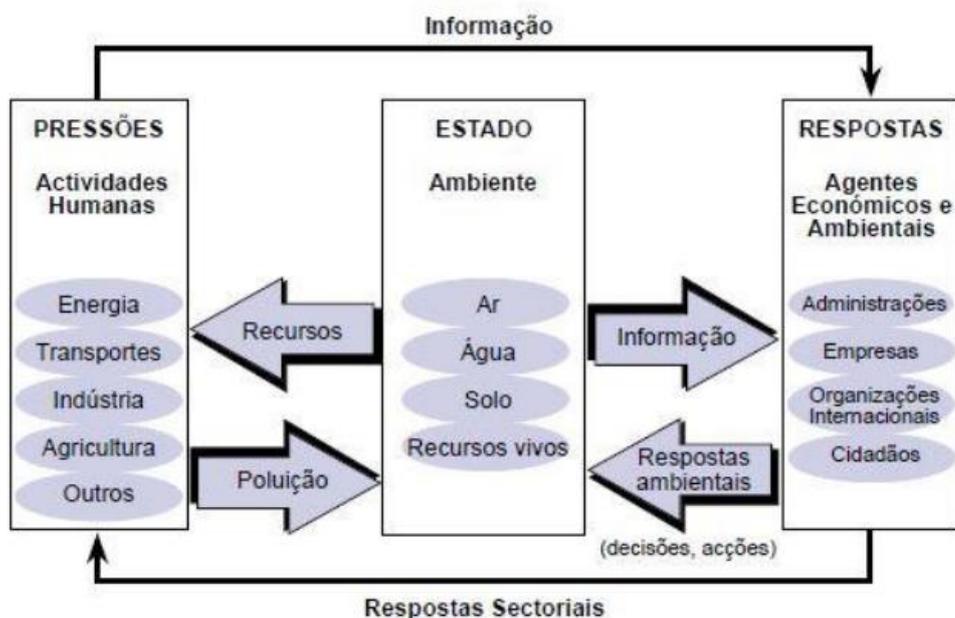
Entre as diversas metodologias que utilizam indicadores para avaliar o desempenho do desenvolvimento sustentável, o modelo mais popular é o PER (Pressão-Estado-Resposta) ou PSR, em inglês. Esse modelo foi proposto pela OCDE (1993) sendo

utilizado, com algumas modificações, por outras instituições como: Unstat (Divisão de Estatísticas das Nações Unidas) e Eurostat (Divisão de Estatísticas da Comunidade Européia) (TAYRA; RIBEIRO, 2006).

O PER é embasado no conceito de casualidade, onde as atividades antrópicas efetuam pressão sobre o ambiente, modificando os recursos naturais tanto em aspectos quantitativos quanto qualitativos, em outras palavras, alterando seu estado. Sendo assim, a sociedade responde por meio de alterações nas políticas econômicas, ambientais e setoriais. O modelo tem em vista monitorar o estado ambiental a partir das relações causa-efeito, integrando as respostas sociais frente as perturbações realizadas (COMETTI; CABRAL; CONCEIÇÃO, 2019; MACÊDO; TORRES, 2018; TAYRA; RIBEIRO, 2006).

Cometti, Cabral e Conceição (2019) discorrem sobre os três grupos-chave dos indicadores PER (Figura 7), são eles: a Pressão que corresponde as atividades antrópicas exercidas sobre o meio ambiente e recursos naturais. As pressões podem ser diretas (ocasionadas por exploração dos recursos, lançamentos de resíduos, etc.) ou indiretas (atividade propriamente dita ou tendências importantes a partir de uma ótica ambiental). Podendo ser descrito a partir de indicadores de emissão de contaminantes, impacto ambiental, eficiência tecnológica e interferência no território; o Estado descreve a qualidade ambiental e os aspectos quali-quantitativos dos recursos naturais. Traduzem assim o objetivo final das políticas ambientais e buscam evidenciar o estado geral do meio ambiente e sua evolução ao longo do tempo. Aqui são utilizados indicadores que representam as concentrações de poluentes em ambientes variados, a exposição da população a determinados níveis de poluição ou degradação ambiental, o estado da flora e fauna e as reservas de recursos naturais; a Resposta é avaliada através da reação social às mudanças e problemáticas ambientais, bem como a adesão a programas e/ou medidas em prol do meio ambiente. Observa-se nessa categoria indicadores referentes a participação social, sensibilização e ações de grupos sociais relevantes. O objetivo é refletir as ações e reações individuais e coletivas da sociedade com a intenção de: mitigar ou prevenir efeitos negativos por conta das atividades antrópicas sobre o meio ambiente, impor um limite de impactos negativos sobre o meio ambiente ou remedia-los, e conservar e preservar a natureza e os recursos naturais.

Figura 7: Estrutura conceitual do modelo PER.



Fonte: Direção Geral do Ambiente, 2000, a partir de OCDE, 1993.

Esse modelo vem sendo amplamente utilizado em estudos relacionados a sustentabilidade dos recursos hídricos (BRANCHI, 2022; CATANO *et al.*, 2009; CHAVES, 2009; CHAVES; ALIPAZ, 2007; COSTA E SILVA *et al.*, 2020; MAYNARD; CRUZ; GOMES, 2017).

No contexto internacional, as três ferramentas mais relevantes, utilizadas em diversos países, na avaliação da sustentabilidade são: Pegada Ecológica (*Ecological Footprint Method*), Painel da Sustentabilidade (*Dashboard of Sustainability*) e Barômetro da Sustentabilidade (*Barometer of Sustainability*). Elas foram eleitas por especialistas da área de desenvolvimento de variados países a partir de uma pesquisa realizada por Van Ballen (2004).

Nessa circunstância, observa-se que os indicadores de sustentabilidade são importantes fontes de informação, que auxiliam em processos de monitoramento das dinâmicas dos sistemas ambientais, econômicos, sociais e institucionais. Esse instrumento propicia a democratização de dados sobre fenômenos complexos e na identificação de causas prioritárias, viabilizando o progresso rumo ao desenvolvimento sustentável (BARROS; SILVA, 2012).

Contudo, os índices e indicadores de sustentabilidade estão em constante processo de aperfeiçoamento, sendo necessário superar alguns desafios e buscar as melhores maneiras de se agregar aspectos fundamentais, que estimulem mudanças na sociedade e

amparem decisões políticas baseadas em um arquétipo sustentável (MAYNARD; CRUZ; GOMES, 2017).

1.5. Mensurando a sustentabilidade dos recursos hídricos

Os indicadores têm se espalhado ao longo dos anos, pois fornecem dados robustos aos *stakeholders*, através de índices, que podem ser personalizados dependendo do objeto de estudo. No entanto, o desenvolvimento de índices voltados para avaliação da sustentabilidade de recursos hídricos ainda é recente e necessita de aprofundamento (SILVA, 2017).

Os indicadores voltados para a uso sustentável da água devem identificar e valorar as intervenções sobre o meio ambiente que de alguma forma influenciam no bem-estar hídrico, tanto de maneira qualitativa quanto quantitativa, e no acesso seguro a esse recurso (FERREIRA, 2022). É indicado que os indicadores de sustentabilidade hídrica devem apresentar as seguintes características: pertinência política, utilidade para usuários, exatidão, análise e mensurabilidade (SIECIECHOWICZ *et al.*, 2009).

No contexto brasileiro, o Plano Nacional de Recursos Hídricos, aprovado em 2006, propõe mudanças na cultura de uso dos recursos hídricos, indicando-se a multidimensionalidade da água, tanto nos âmbitos sociais, ecológicos e econômicos como também no místico e religioso (MMA, 2006).

O plano trabalhou na construção de indicadores voltados para a gestão adequada dos recursos hídricos e uso eficiente da água. O plano sugere que indicadores são ferramentas importantes que viabilizam estudos prospectivos, auxiliando na redução de riscos e na previsão de eventos aleatórios. Dessa forma, são um apoio importante em processos decisórios, reduzindo as incertezas sobre o futuro e respeitando a complexidade e a organização social na gestão das águas.

De acordo com Isaias (2008), os indicadores devem ir além da eficiência tecnológica das alternativas de uso da água, considerando também questões referentes a impactos ambientais (positivos e negativos), a economia e aspectos sociais. Magalhães Junior (2007) e Isaias (2008) sugerem que os indicadores voltados para sustentabilidade dos recursos hídricos devem satisfazer os seguintes critérios: a Sustentabilidade Ambiental deve garantir a preservação e conservação dos recursos naturais como a água, (principalmente aquíferos e nascentes) o solo e a vegetação; a Sustentabilidade Social precisa assegurar o acesso seguro da população, em quantidade e qualidade, aos recursos hídricos (principalmente no uso domésticos e agricultura); e a Sustentabilidade

Econômica precisa possibilitar o manejo eficiente da água, fomentando o desenvolvimento urbano e rural.

O Plano Nacional de Recursos Hídricos engloba esses elementos, portanto, a gestão dos recursos hídricos deve compreender a interdependência com a avaliação da sustentabilidade, ao recomendar uma série de indicativos a adesão de atribuições voltadas para o planejamento e gerenciamento dos recursos naturais (SILVA; BARBOSA; COELHO, 2018). Nos últimos anos houve um avanço em estudos voltados para a avaliação da sustentabilidade direcionada aos recursos hídricos. Algumas pesquisas tiveram como objetivo mensurar a sustentabilidade da água em diferentes cenários.

Juwana *et al* (2012), realizou um estudo comparativo com diversos índices de sustentabilidade com foco nos recursos hídricos. Os autores selecionaram quatro índices internacionalmente conceituados: o Índice de Pobreza Hídrica (*Water Poverty Index - WPI*), Índice Canadense de Sustentabilidade Hídrica (*Canadian Water Sustainability Index - CWSI*), Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas (*Watershed Sustainability Index - WSI*), Índice de Sustentabilidade Hídrica de Java do Oeste (*West Java Water Sustainability Index - WJWSI*).

O WPI desenvolvido por Sullivan (2003), foi idealizado com objetivo de verificar a relação entre a pobreza e a disponibilidade de água, pois os realizadores presumiam que existe uma forte correlação entre ambas. Então foram desenvolvidos indicadores para testar essa correlação em um projeto-piloto executado internacionalmente em 2003, abarcando 147 países ao redor do mundo. Os resultados encontrados foram comparados com outros índices relevantes como o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e *The Falkenmark indicator*.

Inspirado no WPI, o *Policy Research Initiative* (2007) criou o CWSI, esse índice visa compreender aspectos, físicos, ambientais e socioeconômicos dos recursos hídricos do Canadá para identificar as disparidades sobre esses pontos nas comunidades locais. A função desse índice é identificar questões importantes relacionadas a água, informar e conscientizar os canadenses e as partes interessadas sobre as condições dos recursos hídricos.

O WSI foi desenvolvido por Chaves e Alipaz (2007) e é aplicado especificamente em bacias hidrográficas. Os índices anteriormente propostos sobre recursos hídricos não haviam sido planejados ao nível de bacia, ao mesmo tempo que não consideravam a relação causa-efeito dos indicadores testados. O índice utiliza o modelo PER para

compreender as relações de causa-efeito entre variáveis propostas, sob a ótica de quatro dimensões (Hidrologia-Ambiente-Vida-Política, que forma o acrônimo *HELP*, em inglês) propostas pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), por meio do Programa Global das Nações Unidas para a Avaliação de Recursos Hídricos (MATSUURA, 2002). Os autores destacam a relevância da aplicação de índices voltados para bacias hidrográficas, pois a avaliação dos recursos hídricos não poderia se limitar a fronteiras jurisdicionais, além de considerar aspectos de longo prazo.

Partindo da premissa que a gestão da água é um processo dinâmico, a proposta dos autores com esse índice era agregar aspectos hidrológicos, sociais, ambientais e políticos, assim como as pressões existentes e as respostas políticas a partir de indicadores quantitativos (MAYNARD; CRUZ; GOMES, 2017). Esse índice vem sendo aplicado em estudos voltados para bacias hidrográficas em diversos locais do mundo (BRANCHI, 2022; CHOUINARD, 2018; CORTÉS *et al.*, 2012; ELFITHRI *et al.*, 2018; MITITELU-IONUŞ, 2017; PRECIADO-JIMÉNEZ *et al.*, 2013).

O WJWSI, idealizado por Juwana *et al.* (2010) tem como finalidade beneficiar as partes interessadas na água na província de West Java. Para alcançar esse objetivo o índice busca: identificar os fatores que auxiliem na melhoria dos recursos hídricos, mediante os princípios da sustentabilidade; apoiar os tomadores de decisão, com o intuito de priorizar programas referentes a gestão da água e de recursos; e informar sobre o estado dos recursos hídricos para sociedade em geral.

Uma iniciativa de pesquisadores brasileiros, da Universidade de Brasília, foi o Índice de Sustentabilidade de bacias hidrográficas (ISBHi) (ISAIAS, 2008). O índice trabalha com quatro grupo de indicadores: ambiental, qualidade da água, socioeconômico e políticos/institucionais. Esse índice se assemelha em diversos aspectos com o WSI, sendo específico para bacias, usando dados secundários, cálculos simples, mesmo peso para os indicadores e considera os aspectos a longo prazo. Dessa forma consegue verificar tendências na busca pela sustentabilidade em bacias hidrográficas.

Os índices descritos acima apresentam objetivos, relacionados a sustentabilidade dos recursos hídricos, no entanto, é importante destacar que cada um deles possui particularidades que podem não ser válidas em outras localidades. Dessa forma, foi possível concluir que cada índice deve se adequar a sua realidade local, gerar bons diagnósticos, ser dinâmico, simples e objetivo e de fácil compreensão, podendo embasar políticas públicas, programas, projetos de maneira eficiente (CHAVES; ALIPAZ, 2007; CORTÉS *et al.*, 2012; COSTA E SILVA *et al.*, 2020; ELFITHRI *et al.*, 2018; ISAIAS,

2008; JUWANA; MUTTIL; PERERA, 2012; JUWANA; PERERA; MUTTIL, 2010; MAYNARD; CRUZ; GOMES, 2017; MITITELU-IONUŞ, 2017; POLICY RESEARCH INITIATIVE, 2007; SULLIVAN *et al.*, 2003).

1.6. A gestão dos recursos hídricos no Brasil

Gerir a água de maneira adequada e sustentável é uma questão mundial há algum tempo, nas esferas acadêmicas, políticas, sociais e mercadológicas. A preocupação com o tema é maior devido às frequentes crises hídricas, ao aumento populacional e à intensificação das mudanças climáticas. O Brasil sempre esteve no centro dessa discussão pelo seu grande potencial hidrológico, compreendendo cerca de 12% do volume de água doce do mundo. No entanto, a sua distribuição ocorre desigualmente, levantando discussões sobre como deve ocorrer a gestão dos recursos hídricos em países considerados “ricos em água” (OECD, 2015).

A construção do processo de gerenciamento dos recursos naturais no Brasil não ocorreu de forma cronológica, ainda assim, Benjamim (1999) propõe três fases na evolução da legislação ambiental brasileira: a exploração desregrada, a fragmentária e a holística. As fases estão diretamente ligadas aos momentos políticos vivenciados na época colonial, imperial e republicana. As terminologias propostas pelo autor para a primeira e segunda fase, vão de encontro com a real situação legal da época, pois a primeira já apresentava uma legislação vigente, mesmo que espaçadamente e a segunda instituiu uma legislação ligada a gestão ambiental, por mais que esteja estritamente relacionada a economia. Por esse motivo optou-se por denominá-las como: fase Fragmentária, Setorial e Holística (ANTUNES, 2014).

1.6.1. Fase Fragmentária

A fase fragmentária é característica do Brasil colonial, com exploração intensa a fim de gerar riquezas e conquistar novas fronteiras. Nesse período todas as águas eram consideradas propriedades de Portugal (GARCIA JÚNIOR, 2007). Existiam ações pontuais do poder público, todavia as punições só eram aplicadas quando os atos eram realizados contra a coroa ou grandes comerciantes e latifundiários. As leis vigentes nesse momento eram desconexas, e tinham como finalidade conservar para explorar somente bens que apresentavam alto valor econômico (RABELO *et al.*, 2021).

Nessa época não havia regulamentações direcionadas especificamente para a gestão dos recursos hídricos. No entanto, pode-se destacar alguns dispositivos

implementados na fase fragmentária, que podem ser considerados percussores na gestão das águas no Brasil.

A Ordenações Filipinas (1603) foi promulgada enquanto o Brasil estava sob domínio espanhol. Em seu parágrafo 7º do Título LXXXVIII Livro 5 é introduzido o conceito de poluição, sendo uma lei pioneira na proteção dos recursos hídricos do Brasil. Aqui fica vedado o lançamento de qualquer material que causasse danos aos rios e lagoas ou provocasse o óbito dos peixes ali presentes¹.

As Ordenações do Reino, por meio do Alvará de 1804, aplicado em 1818, concede ao império português o domínio sobre as águas dos rios navegáveis, sendo necessário a concessão do império para utilizá-las. A publicação da Constituição Federal (1824), por meio do artigo 179 “assegura o direito de propriedade em toda a sua plenitude”, desse modo, as águas de mananciais e subterrâneas passam a pertencer ao proprietário das terras (HENKES, 2003; SILVA, 2017). Em razão da nova constituição, foi instituído o Código Penal de 1890, que por meio do Artigo 162 penaliza aqueles que prejudicam a potabilidade das águas de uso comum ou particular (DARONCO, 2013; GARCIA JÚNIOR, 2007).

A fase fragmentária ficou marcada pela exploração desenfreada dos recursos naturais, retratando o caráter colonizador do período. A partir do século XX, o Governo Federal iniciou estudos com o objetivo de elaborar normas que promovam o aproveitamento adequado dos recursos naturais, incluindo a água (RABELO et al., 2021).

1.6.2. Fase Setorial

Durante a segunda fase, os legisladores brasileiros começam a manifestar alguma preocupação com a condição dos recursos naturais do país. Motivados pelo interesse de impulsionar a economia, surgem as primeiras ideias sobre como regulamentar a manipulação desses bens (BENJAMIN, 1999; DARONCO, 2013).

O Código Civil (1916) limitou-se a normatizar sobre o uso da água apenas no que se referia aos direitos da vizinhança, consagrando-a como um bem privado dotado de valor econômico limitado (HENKES, 2003; LEAL; BORGES, 2018; SILVA, 2017). Com a chegada dos anos 30 e o início da “Era Vargas” o Brasil adere a um modelo econômico desenvolvimentista, caracterizado pelo incentivo a industrialização e a

¹ § 7º do Título LXXXVIII, “Das caças e pescarias defesas”, do Livro L das Ordenações Filipinas (Disponível em: <http://www1.ci.uc.pt/ihti/proj/filipinas/15p1238.htm>. Acesso em: 09 mar. 2023).

urbanização. A crescente demanda por água evidenciou a necessidade de se elaborar políticas públicas com o intuito de legislar sobre os recursos hídricos (ROSA; GUARDA, 2019).

Seguindo as necessidades do cenário político da época, a Constituição Federal de 1934 determinou em seu art. 5, inciso XIX, alínea ‘j’ que cabia exclusivamente a União legislar sobre bens de domínio público federal, o que incluía a água². A desassociação da propriedade da água ao dono da terra foi ocasionada por pressão do setor industrial, principalmente o hidroelétrico, que via aqui uma possibilidade de se beneficiar evitando entraves legais (ROSA; GUARDA, 2019).

Em ato contínuo foi promulgado o Código De Águas (Decreto Nº 24.643/1934):

(...) Considerando que o uso das águas no Brasil tem-se regido até hoje por uma legislação obsoleta, em desacordo com as necessidades e interesse da coletividade nacional; Considerando que se torna necessário modificar esse estado de coisas, dotando o país de uma legislação adequada que, de acordo com a tendência atual, permita ao poder público controlar e incentivar o aproveitamento industrial das águas; Considerando que, em particular, a energia hidráulica exige medidas que facilitem e garantam seu aproveitamento racional; Considerando que, com a reforma porque passaram os serviços afetos ao Ministério da Agricultura, está o Governo aparelhado, por seus órgãos competentes, a ministrar assistência técnica e material, indispensável a consecução de tais objetivos; Resolve decretar o seguinte Código de Águas, cuja execução compete ao Ministério da Agricultura (...) (Brasil. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934).

O código supracitado é o primeiro marco legal da gestão de recursos hídricos no país (BRASIL, 2015). A partir desse foram estabelecidas medidas que dispunham sobre a contaminação dos recursos hídricos, propriedade, classificação dos tipos de água, domínio, normas de aproveitamento, penalidades, destaque para o usufruto industrial, entre outros temas (BRASIL, 1934). A competência de administrar os recursos hídricos ficou sob a responsabilidade do Ministério da Agricultura, o que indicava que a relevância do setor agrícola, que, por muito tempo, esteve consolidado como a principal esfera da economia brasileira (RABELO et al., 2021)

Os recursos hídricos foram tipificados baseados na dominância, divididos em duas categorias: águas privadas e públicas. As primeiras se dividiam em dominicais, que pertenciam privativamente à União; comuns, que eram as não navegáveis e flutuáveis; e as de uso comum, que eram, em alguma extensão, navegáveis ou flutuáveis. Já as segundas estavam situadas em terrenos privados, uma vez que não fossem apontadas

² BRASIL, Constituição de 1934. Presidência da República: Casa Civil. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao34.htm. Acesso em: 11 mar. 2023

como de interesse público (DARONCO, 2013; RAMOS, 2018). As águas públicas deveriam ser de responsabilidade do Governo Federal, Estadual ou Municipal, mas somente a União poderia autorizar a derivação de águas e conceder a exploração de energia hidrelétrica (HENKES, 2003). Diferente do Código Civil (1916) o Código de Águas (1934) atribui a água um valor econômico de interesse coletivo, deixando de ser regulamentada apenas com base nos direitos de vizinhança (BORGES, 2014).

O Código de Águas é um material abrangente segmentado em três livros: o primeiro trata das questões gerais relacionadas a água; o segundo discorre sobre o aproveitamento das águas; e o terceiro trata sobre o uso do potencial hidráulico na indústria e na produção de energia hidrelétrica, sendo esse aplicado na íntegra e ordenadamente. Os dois primeiros livros, que abordavam instrumentos de conservação, proteção e recuperação dos recursos hídricos, foram deixados em segundo plano, sendo por vezes utilizados pontualmente, sendo implementados de fato décadas mais tarde em outras legislações brasileiras (BRASIL, 1934; HENKES, 2003; RABELO *et al.*, 2021).

Mesmo diante controvérsias, o Decreto Nº 24.643/1934 é considerado uma legislação completa e moderna, servindo de exemplo para experiências internacionais. O Código continua em vigor até os dias atuais, por mais que alguns de seus artigos tenham sido revogados, com objetivo de modernizar as leis de água. Apesar disso, princípios como o do poluidor/pagador, cobrança pelo uso da água (outorga), garantia de água gratuita para necessidades básicas vitais, e prioridade para o abastecimento urbano, ainda hoje são a base da gestão dos recursos hídricos no Brasil (OECD, 2015).

Em 1964, o país sofreu com a instauração de um regime ditatorial militar. Até o momento, não havia legislações consolidadas que regulamentassem o aproveitamento dos recursos naturais do país, o que atraía grande capital industrial, principalmente estrangeiro, com potencial poluidor.

Durante a ditadura surgiram diversos marcos legais balizadores da política ambiental no Brasil, destacando-se, na perspectiva dos recursos hídricos, os seguintes: o Código Florestal (1965), Política Nacional de Saneamento (1967), Política Nacional de Irrigação (1970) e a Política Nacional do Meio Ambiente (1981). Essa última é considerada uma das mais importantes legislações ambientais, especialmente pela instituição do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) (DARONCO, 2013; ROSA; GUARDA, 2019).

No decorrer da fase setorial houve um significativo avanço nas legislações ambientais, contudo, os projetos foram estabelecidos “horizontalmente”, sem a participação popular. As decisões tomadas não tinham suas bases no bem-estar ambiental e social, mas sim na exploração econômica dos recursos naturais. O arcabouço legal criado regulamentava as atividades de exploração, mas falhava na fiscalização e regulação das leis. Sobre a ótica da água, assim como os outros recursos, o que prevalecia era seu valor comercial, prezando mais pela quantidade do que pela qualidade (CUCIO; ALBIACH BRANCO, 2011; GRANJA; WARNER, 2006; ROSA; GUARDA, 2019).

Mesmo inserido nessa conjuntura, os anos 70 trouxeram uma nova perspectiva quanto aos impactos do modelo desenvolvimentista sobre o meio ambiente, começando a considerar a importância ecológica. Países emergentes, como o Brasil, passaram a ser cobrados a aderir uma postura voltada para o desenvolvimento sustentável, o que tornou insustentável a fase setorial (RABELO *et al.*, 2021).

1.6.3. Fase Holística

A Política Nacional do Meio Ambiente (PNUMA) fomentou uma reorientação da gestão dos recursos naturais no Brasil, que supera o objetivo único de exploração econômica e constrói uma ideia de modelo de proteção ecológica integrada (BENJAMIN, 1999; DARONCO, 2013). A PNUMA é considerada a precursora da fase holística, que se estende até os dias atuais, sendo composta por dois marcos legislativos: Constituição da República Federativa do Brasil (CF/88) e a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), os quais são as bases para o gerenciamento dos recursos hídricos no país (RABELO *et al.*, 2021).

Em um cenário pós-ditadura, com crescente aumento de uma consciência ambiental, atuação de ONG's e movimentos, além de pressões internacionais, foi formulada a Constituição de 1988, que tinha como principal objetivo, na área ambiental, desenvolver um sistema de gestão e proteção integrado dos recursos naturais, incluindo a água (GRANJA; WARNER, 2006; ROSA; GUARDA, 2019).

A CF/88 é a base do Estatuto Jurídico das Águas no Brasil, incorporando a proteção do meio ambiente, dos recursos naturais e hídricos e dos direitos humanos. No que concerne a proteção ambiental, o artigo 225 estabelece que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, estando sujeito a sanções aqueles que realizarem atividades consideradas lesivas ao mesmo”. No que tange a questão dos

direitos humanos, a proteção jurídica está diretamente relacionada com os direitos fundamentais como a vida, saúde, segurança, dignidade, etc., que se interligam ao acesso à água potável, esgotamento sanitário, proteção e gestão adequada recursos naturais e hídricos pelo Estado (AITH; ROTHBARTH, 2015).

A Constituição Federal de 1988 alterou o Código de Águas, modificando o regime de domínio dos recursos hídricos no Brasil, extinguindo as águas privadas e designando somente a União para legislar sobre os direitos desse bem e aos estados, Distrito Federal e municípios gerir os recursos que se encontram sob o seu domínio (AITH; ROTHBARTH, 2015; DARONCO, 2013; HENKES, 2003).

Essa legislação também dispõe de artigos que tratam sobre o incentivo a ações de aproveitamento social e econômico dos recursos hídricos em comunidades de baixa renda que sofrem com problemas de secas, fiscalização de bebidas para consumo humano, como a água, pelo SUS e sobre o aproveitamento desse recurso inserido em terras indígenas (BRASIL, 1988). Esses elementos demonstram que existe um aparato especial para a proteção dos recursos hídricos, apesar de não serem reconhecidos como um direito humano por lei até aquele momento (AITH; ROTHBARTH, 2015). Além disso, é evidente o viés do conceito de sustentabilidade sendo inserido nesse contexto.

A CF/88 previu como competência da União a responsabilidade de instaurar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) e os direitos de outorga e do uso da água (GARCIA JÚNIOR, 2007; ROSA; GUARDA, 2019). Essa constituição foi considerada um avanço na gestão de águas, ao propor um novo modelo de gerenciamento que é integrado ao mesmo tempo que é descentralizado (SILVA, 2017). Essas proposições foram acatadas a partir da promulgação da Lei de Águas em 1997.

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) ou Lei de Águas (Lei Federal nº 9.433, 8 de janeiro de 1997), veio para suprir as deficiências no modelo de gestão dos recursos hídricos no Brasil, e atender as demandas do inciso XIX do artigo 21º da Constituição de 88. A lei, fundamentada na experiência francesa, apresentou uma série de ferramentas que permitem o incentivo ao uso responsável dos recursos hídricos, a incorporação dos objetivos do desenvolvimento sustentável no âmbito de bacias hidrográficas e a construção de uma base de dados aberta a todos (PORTO; PORTO, 2008; SANTOS; PIZELLA; SOUZA, 2020). A partir desse momento, a PNRH determina os preceitos de preservação, monitoramento e gestão integrada dos recursos hídricos (GIRH).

Os fundamentos da Lei Federal nº 9.433, definem a água como um bem público, dotado de valor econômico e adota a bacia hidrográfica como unidade territorial de implementação da PNRH e do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SINGREH) (BRASIL, 1997). A GIRH procura estreitar a ligação entre o sistema de gestão ambiental e o de recursos hídricos, permitindo que os *stakeholders* possam expressar suas preocupações e demandas em relação ao uso da água, criando, assim, um ambiente de gestão participativo. A bacia é considerada uma unidade sistêmica na escala adequada para o planejamento (CARVALHO, 2020; PORTO; PORTO, 2008; ROSA; GUARDA, 2019).

O artigo 5º institui os instrumentos que compõe Política Nacional de Recursos Hídricos: I — os Planos de Recursos Hídricos; II — o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; III — a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; IV — a cobrança pelo uso de recursos hídricos; V — a compensação a municípios; VI — o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

O Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos foi instituído pela Lei de Águas, e tem como finalidade realizar uma gestão participativa e democrática. Segundo o Artigo 32º da PNRH (1997) seus principais objetivos são: I — coordenar a gestão integrada das águas; II — arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos; III — implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos; IV — planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos; V — promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

O SINGREH é formado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), pela Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental (SRQA), vinculada ao Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA), pela Agência Nacional de Águas (ANA), pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos (CERHs), pelos órgãos gestores estaduais de recursos hídricos, pelos comitês de bacia hidrográfica (interestaduais e estaduais) e pelas agências de água (vinculadas aos comitês)(ANA, 2023a; BRASIL, 2022). A Figura 8 esquematiza os órgãos que compõem o SINGREH, de acordo com suas atribuições, e o Quadro 2 descreve a função de cada um deles em relação ao gerenciamento dos recursos hídricos.

Figura 8: Composição do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).



Fonte: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

Quadro 2: Funções de cada órgão que compõe o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Órgãos Nacionais	Função
Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH)	<ul style="list-style-type: none"> • Colegiado consultivo, normativo e deliberativo referente a gestão de recursos hídricos no Brasil (maior instância); • Responsável por coordenar o planejamento nacional, estaduais e dos setores usuários; • Última instância recursal da mediação de conflitos sobre o uso da água em rios de domínio da União.
Comitê de Bacia	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas de atuação podem representar a totalidade de uma bacia hidrográfica, uma sub-bacia ou um grupo de bacias; • Composição deve incluir representantes governamentais das três esferas de poder, usuários de recursos hídricos e entidades civis de recursos hídricos com atuação comprovada na bacia; • Colegiados consultivos, normativos e deliberativos com atuação em bacias de rios de domínio da União ou dos estados; • Atuam na mediação de conflitos pelo uso da água como primeira instância recursal.
Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA)/ Secretaria	<ul style="list-style-type: none"> • Compete ao MMA a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433, 8 de janeiro de 1997);

de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental (SRQA)	<ul style="list-style-type: none"> • Titular do MMA preside o CNRH; • SRQA atua como secretaria-executiva.
Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA)	<ul style="list-style-type: none"> • Criada pela Lei nº 9.984/2000, a ANA tem competência para implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos em bacias hidrográficas interestaduais, além de coordenar as ações do SINGREH; • Ao longo dos anos, novas atribuições foram incluídas nas responsabilidades legais da ANA, conferidas pelos seguintes atos normativos: <ul style="list-style-type: none"> • Lei nº 12.059/2009: regular e fiscalizar a prestação dos serviços públicos de irrigação em regime de concessão e de adução de água bruta em rios de domínio da União; • Lei nº 12.334/2010: organizar, implantar e gerir o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) e elaborar o Relatório de Segurança de Barragens; • Lei nº 14.026/2020: editar normas de referência para o setor de saneamento básico (revogado em 2023).
Agência de Bacia	<ul style="list-style-type: none"> • Presta apoio técnico e administrativo aos comitês de bacia hidrográfica; • Sua viabilidade deve ser assegurada pela cobrança pelo uso dos recursos hídricos em sua área de atuação;
Órgãos Estaduais	
Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH)	<ul style="list-style-type: none"> • Colegiado consultivo, normativo e deliberativo (instância superior) quanto à gestão dos recursos hídricos a nível estadual; • Última instância recursal na mediação de conflitos pelo uso da água em rios de domínio estadual; • Está presente em todas as Unidades da Federação.
Comitê de Bacias Hidrográficas	<ul style="list-style-type: none"> • Idem ao órgão federal
Secretaria de Estado	<ul style="list-style-type: none"> • Titular preside o CERH; • Secretaria de estado atua como secretaria executiva.
Entidades Estaduais	<ul style="list-style-type: none"> • Órgãos gestores estaduais de recursos hídricos; • Competências para implementar as Políticas Estaduais de Recursos Hídricos em suas áreas de atuação.

Fonte: Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional (2022) e ANA.

A partir do novo cenário político do país em 2019, foram instauradas significativas alterações na estrutura legal e institucional na gestão dos recursos hídricos e saneamento básico. Dentre as alterações legais, a Lei 13.884/2019 modifica o Marco legal do Saneamento Básico (BRASIL, 2007), Lei de criação da ANA (BRASIL, 2000) e a Lei

das Águas (BRASIL, 1997). Passou a ser competência do Ministério do Desenvolvimento Regional a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, que antes era responsabilidade do Ministério do Meio Ambiente. O mesmo acontece com o CNRH, que sofreu com alterações na composição e atuação a partir do Decreto 10.000/2019 (BRASIL, 2019b).

Nesse momento, o CNRH passou a ser presidido pelo ministro do desenvolvimento regional e pela secretaria executiva vinculada ao seu ministério. A composição do conselho é majoritariamente composta pelo Governo Federal e consegue deliberar sobre a edição de normas e resoluções “*ad referendum*”, centralizando o poder decisório. As modificações realizadas no conselho impactaram diretamente na participação popular, principalmente das comunidades tradicionais, minando a proposta de gestão participativa e descentralizada que é um princípio elementar da PNRH (GRANGEIRO, 2020; OBSERVATÓRIO DAS ÁGUAS, 2019).

A administração da ANA também foi transferida para o Ministério do Desenvolvimento Regional por meio do Decreto 9.660/2019 (BRASIL, 2019a). Com a Lei N°14.026/2020, o órgão teve suas atribuições modificadas, podendo, a partir daquele momento, editar normas de referência dos serviços públicos de saneamento básico, incluindo o abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo de águas pluviais urbanas (BRASIL, 2020).

Com a entrada do novo Governo, em 2023, foi instituída a Medida Provisória N° 1.154, de 1° de janeiro de 2023, que restabeleceu a organização dos ministérios e órgãos associados. Tanto o Conselho Nacional de Recursos Hídricos como a Agência Nacional de Águas voltaram a estar sobe a tutela, do agora, Ministério do Meio Ambiente e Mudanças Climáticas. Ocorreram alterações na composição do CNRH, direcionando suas principais “cadeiras” ao atual ministério responsável, e na ANA, foi removida a menção ao saneamento e o órgão perdeu a atribuição de estabelecer normas de referência para a regulação desse setor (BRASIL, 2023). As informações retratadas no parágrafo acima ultrapassam o recorte temporal da pesquisa, porém, é interessante observar como a conjuntura política pode impactar diretamente na gestão de águas de um país. A divergência de interesses políticos e a instabilidade em relação à administração dos recursos hídricos são prejudiciais, principalmente em uma esfera onde é necessário políticas de longo prazo.

A PNRH, estimulou que os estados desenvolvessem suas próprias legislações referentes a gestão dos recursos hídricos, considerando as singularidades de cada região. Sergipe está entre os primeiros estados a instituir uma política estadual dessa natureza, promulgado a Lei N° 3.870 de 25 de setembro de 1997 (SERGIPE, 1997). Conforme a ANA, atualmente, todos os estados e o Distrito Federal possuem Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos ou órgãos equivalentes (ANA, 2023a).

Apesar da gestão das águas estar sob o domínio da União e dos Estados, no que se refere a serviços de água e saneamento a administração está a encargo dos municípios, demonstrando que a governança desse recurso deve ser articulada em diferentes níveis, com a participação de múltiplos atores que precisam adequar suas estratégias para permitir que esse gerenciamento ocorra de forma integrada (BRAGA *et al.*, 2008; PAGNOCCHESCHI, 2016). No Quadro 3, a seguir é detalhado o papel de cada ente federativo na gestão dos recursos hídricos no Brasil:

Quadro 3: Competências das subdivisões administrativas da federação na gestão dos recursos hídricos.

Subdivisão Administrativa	Função
União	<ul style="list-style-type: none"> - Implementar a Política Nacional e o Plano Nacional de Recursos Hídricos; - Fiscaliza e regula a gestão hídrica no país, junto ao Ministério do Meio Ambiente e a Agência Nacional de Águas; - Conselho Nacional de Recursos Hídricos regulamenta política com a participação do governo federal, estados, DF, Setores e Usuários da Sociedade Civil; - Gerencia comitês de bacias federais ou interestaduais; - Fiscaliza a água para consumo humano por meio da Agência Nacional de Vigilância Sanitária.
Estados/Distrito Federal	<ul style="list-style-type: none"> - Responsável pela gestão das águas sobre o seu domínio; - Elabora legislação específica para sua área; - Organiza o Conselho Estadual de Recursos Hídricos e garante o funcionamento dos comitês de bacia em sua competência; - Fiscaliza a água para consumo humano por meio da Vigilância Sanitária Estadual.
Municípios/Distrito Federal	<ul style="list-style-type: none"> - Integram políticas de saneamento básico, de uso, ocupação e conservação do solo e do meio ambiente com as políticas federal e estaduais de Recursos Hídricos; - Possuem assentos nos Comitês e Bacias Hidrográficas no intuito de promover a articulação intersetorial e federativa das políticas públicas territoriais;

	- Fiscaliza a água para consumo humano por meio da Vigilância Sanitária municipal.
--	--

Fonte: Airth e Rothbarth, 2015.

Nesse cenário de gestão multinível, em 2006 foi construído o Plano Nacional de Recursos Hídricos. Como resultado de uma metodologia participativa, contou com a participação do poder público, usuários da água de diversos setores e sociedade civil, com a finalidade de debater a PNRH e desenvolver políticas setoriais a nível nacional (BORBA *et al.*, 2007; GARCIA JÚNIOR, 2007).

O plano é um dos principais instrumentos previstos na lei 9.433, de 1997, e se caracteriza por um documento orientador da PNRH e do SINGREH, coordenando iniciativas nos três níveis de gestão dos recursos hídricos. Influenciada pela movimentação internacional, em especial a “Década da Água”, proposta pela ONU, os principais objetivos do plano são: a melhoria da disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, a redução dos conflitos pelo uso da água e a percepção da conservação da água como valor socioambiental relevante (MMA, 2006).

Esse instrumento trabalha com metas a curto, médio e longo prazo, assim como a criação de programas nacionais, regionais, e diretrizes que auxiliem a gestão integrada dos recursos hídricos, por meio das seguintes áreas de planejamento: Plano Nacional de Recursos Hídricos, Planos Estaduais e Planos de Bacia Hidrográfica (GARCIA JÚNIOR, 2007; MMA, 2006; SENRA; NASCIMENTO, 2017). O plano propôs orientações para a integração da PNRH com a de outros setores relacionados, como saneamento, irrigação, indústria, etc.

Nesse momento, a descentralização democrática expande-se, adotando novas unidades de planejamento, como a bacia e instituições como os Comitês e Agências de Bacias Hidrográficas. O Brasil construiu um vasto sistema legal em relação aos recursos hídricos, o qual é reconhecido e indicado como referência internacional. Dessa forma, é incontestável afirmar a sua evolução no manejo responsável da água e o seu direcionamento para o modelo GIRH (ROSA; GUARDA, 2019; SILVA, 2017)

Ainda assim, o viés holístico da GIRH encontra diversos obstáculos em sua aplicação e execução, principalmente devido aos conflitos de interesse dos múltiplos atores que interagem com esse recurso (WOLKMER; PIMMEL, 2013). Observa-se que existe uma grande dificuldade não só da participação social na gestão de águas, mas

também na efetiva introdução de seus instrumentos e de sua interação com políticas de outras esferas, mas que interferem diretamente na qualidade e quantidade desse bem.

Mesmo com uma estrutura jurídica bem formulada, o Brasil não escapa das tentativas de mercantilização das águas. Ambientes como comitês de bacias, os quais são a base da governança participativa dos recursos hídricos, tem se tornado arenas de disputa de interesses políticos, hierarquizadas e com mecanismos inflexíveis. A cobrança pelo uso da água tem apresentado controvérsias em sua aplicabilidade, pois colateralmente esse instrumento da “brecha” para que atividades que impactam negativamente a bacia usem dessa justificativa para um controle menos rigoroso por parte dos reguladores ambientais. Além disso, as experiências de privatização de empresas públicas de água e energia tem se apresentado mal sucedidas, pois as tarifas sofrem aumentos constantes, mas não ocorrem melhoras significativas em sua estrutura e a transparência de informações é afetada (IORIS, 2009).

O mercado tem sucessivamente, por meio de diferentes configurações jurídicas, tentado transformar o gerenciamento de abastecimento e saneamento, que se configuram como necessidade humana básica, em um comércio altamente rentável. Apesar disso, a água não pode ser estabelecida como um bem de produção capitalista, que beneficia o setor privado em detrimento dos interesses públicos (SOUZA *et al.*, 2020; WOLKMER; PIMMEL, 2013).

A gestão hídrica, quando direcionada a sustentabilidade, deve viabilizar participação coletiva. O poder decisório tem sido centralizado com os detentores dos conhecimentos técnico-científicos, limitando o envolvimento de governanças locais descentralizadas. Essa configuração contradiz o que é proposto na PNRH, que incentiva a participação social ativa nas discussões que administram e constroem o gerenciamento de águas no Brasil (SOUZA, 2020).

A fase holística consagrou a gestão dos recursos hídricos nacional. Os avanços construídos desde a Constituição de 1988 permitiram que o Brasil se enquadrasse nas expectativas internacionais e desenvolvesse um extenso aparato jurídico para a gestão de águas, que considerou tanto os interesses do mercado como as necessidades do meio ambiente, tornando-a uma das legislações mais avançadas do mundo nesse sentido (ALMEIDA, 2017; MMA, 2006; ROSA; GUARDA, 2019). Ainda assim, as limitações e as controvérsias ligadas a administração de um recurso tão precioso são inevitáveis (IORIS, 2009; SENRA; NASCIMENTO, 2017).

O Brasil apresenta uma vantagem geográfica no que concerne a abundância dos recursos hídricos, todavia, a distribuição heterogênea da água, a extensão territorial do país e as diferenças socioambientais tornam um desafio consolidar a Política Nacional de Recursos Hídricos, conforme a lei em vigor, e garantir a gestão integrada, descentralizada e participativa (SILVA, 2017).

2. METODOLOGIA

2.5. Caracterização da área de estudo

2.1.1. Aspectos físicos

O estado de Sergipe, mesmo apresentando a menor área territorial do país, possui uma hidrografia abrangente composta principalmente por pequenos rios intermitentes. O estado apresenta oito bacias hidrográficas: Rio Sergipe, Rio São Francisco, Rio Vaza Barris, Rio Japarutuba, Rio Real, Rio Piauí e Costeiras (Cauêira-Abaís e Sapucaia), sendo a primeira considerada a principal de Sergipe (SANTOS *et al.*, 2017; SOUSA; SANTANA, 2020). A Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe (BHRS) é composta por cinco regiões hidrológicas: Alto Sergipe, Baixo Sergipe, Cotinguiba, Jacarecica, com destaque para Poxim (AGUIAR NETTO *et al.*, 2006; FARIAS, 2011; JESUS, 2013).

A bacia hidrográfica do rio Poxim (BHRP) localiza-se na região leste de Sergipe (10°55' e 10°45' S, e 37°05' e 37°22' W), incorporando parcialmente as cidades de Aracaju, Areia Branca, Laranjeiras, Itaporanga d'Ajuda, Nossa Senhora do Socorro e São Cristóvão (Tabela 1) (LIMA *et al.*, 2020; SOUZA *et al.*, 2017).

Tabela 1: Distribuição dos municípios que integram a bacia hidrográfica do rio Poxim.

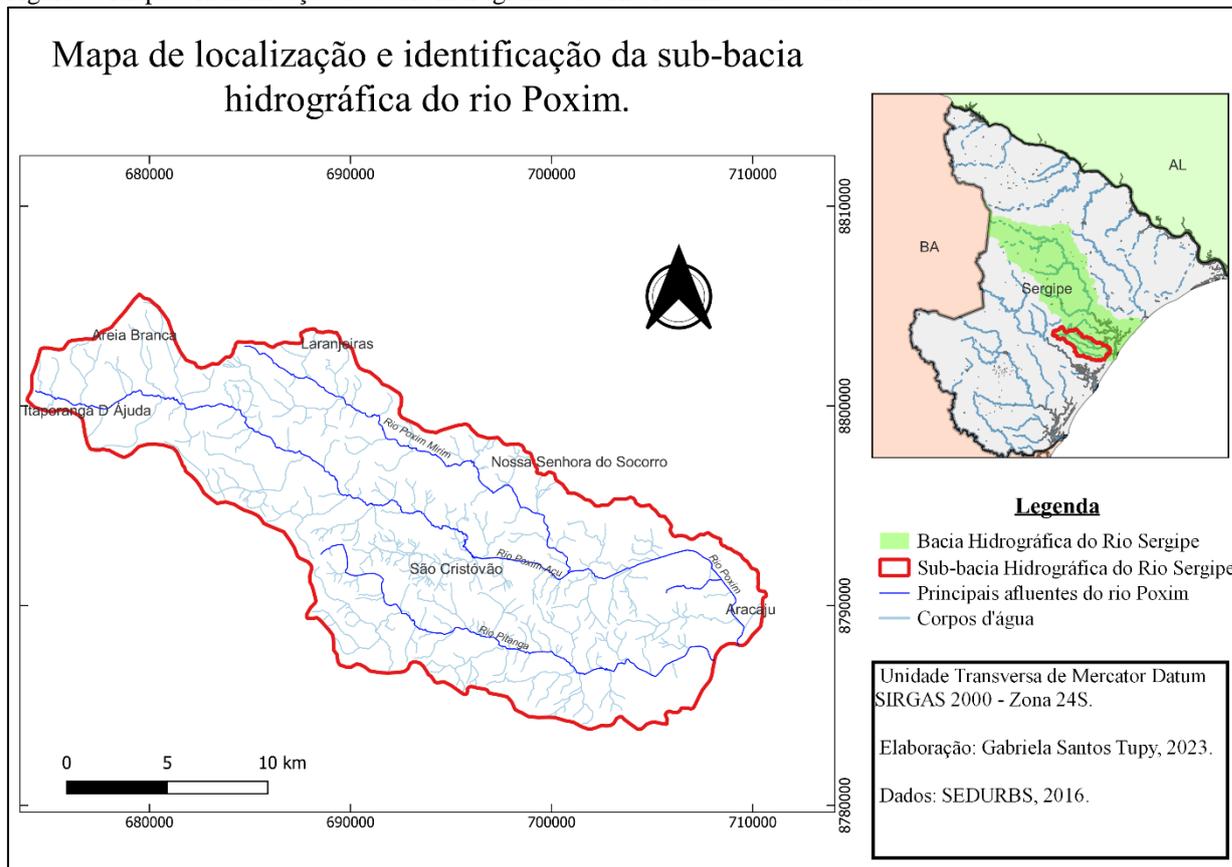
Municípios	Área total (km ²)	Área na bacia (km ²)	Percentual de área dentro da bacia (%)
Aracaju	182,16	14,33	4,11
Areia Branca	148,13	10,07	2,89
Itaporanga d'Ajuda	739,70	40,56	11,63
Laranjeiras	162,27	7,11	2,04
Nossa Senhora do Socorro	155,01	49,30	14,14
São Cristóvão	438,03	227,39	65,19
Total	1824,32	348,76	100,00

Fonte: Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Sergipe (2015).

A bacia apresenta uma área total de 348,88 km², delimitando-se ao norte pelo rio Sergipe e ao sul pelo Vaza-Barris (BEZERRA NETO; SILVA; NASCIMENTO, 2019).

Seus principais afluentes são os rios Poxim-Açu, Poxim-Mirim e Pitanga, desaguando no rio Sergipe (Figura 9) (AGUIAR NETTO *et al.*, 2006). Já as principais nascentes são encontradas no limite final da Serra dos Cajueiros e sua foz encontra-se no complexo estuarino Sergipe/Maré do Apicum próximo ao oceano Atlântico (AGUIAR NETTO *et al.*, 2007; FERREIRA *et al.*, 2011).

Figura 9: Mapa e identificação da bacia hidrográfica do Rio Poxim e cursos hídricos.



Fonte: A autora, 2023.

A bacia está inserida entre os domínios de Margem Continental e Província Costeira, retratadas pelas bacias costeiras meso-cenozoicas e pelas extensões costeiras continentais. A SBHRP está completamente inserida no Grupo Barreiras, o qual é composto por formações do período geológico terciário (FARIAS, 2011; NETTO *et al.*, 2007; SANTOS, 2003). O relevo é composto principalmente por colinas com cristas e topos arredondados, mas também é possível observar interflúvios tabulares (AGUIAR NETTO *et al.*, 2006, 2007, 2014).

As margens dos rios Poxim e Pitanga são compostas por Gleissolos, solos minerais que se formam em condições de saturação da água, e solos indiscriminados de mangue nos ambientes fluviomarinhas estuarinos (SILVA., 2001). A bacia hidrográfica do rio Poxim se enquadra no regime climático ‘As’, o qual se caracteriza por clima tropical úmido com secas no verão, segundo a classificação climática de Köpen. A

unidade apresenta índices de precipitação diferentes do longo da unidade territorial. Na porção litorânea, a precipitação é de aproximadamente 1900 mm/ano, na parte média 1800 mm/ano e na superior 1600 mm/ano. O período chuvoso se estende de março a julho, e a temperatura anual varia entre a mínima de 23° C e máxima de 31° C (AGUIAR NETTO *et al.*, 2007, 2014; SILVA., 2001; SOARES, 2001).

Boa parte do seu território é composta por vegetação nativa do bioma da Mata Atlântica, apresentando alguns pontos de floresta tropical úmida, manguezais na região estuarina e restinga em terrenos arenosos. Existem poucas faixas de mata ciliar ao longo dos rios, riachos e nascentes dessa unidade territorial. Para além disso, as principais nascentes que compõem a bacia hidrográfica do rio Poxim já sofrem com a antropização, e sua maioria apresenta um estágio elevado de degradação (FERREIRA, *et al.*, 2011; FERREIRA, SANTOS; OLIVEIRA, 2014).

2.1.2. Aspectos socioeconômicos

A ocupação colonial da região em que hoje se encontra a bacia hidrográfica do rio Poxim data da segunda metade do século XVI e início do século XVII. Esse território destaca-se na história do estado, principalmente devido à ocupação espacial e ao desenvolvimento econômico, por se localizar em uma área estratégica, a qual era rica em recursos naturais, como solo, água e biodiversidade, componentes essenciais para a promoção de atividades econômicas (FARIAS, 2011).

Historicamente a economia na região da BHRP se baseava nas atividades derivadas da plantação da cana-de-açúcar, no entanto, com o declínio da indústria açucareira, as lavouras deram espaço ao retorno das atividades agropecuárias (SOUZA; SOBREIRA; PRADO FILHO, 2005). No ano de 1855 ocorreu a mudança da capital de São Cristóvão para Aracaju, a qual foi construída em uma região inundável, sendo necessário o aterramento e destruição de manguezais, lagoas, dunas e restingas de maneira planejada com o intuito de sediar a nova sede do governo (FARIAS, 2011; MATOS; SANTOS; LIMA, 2014).

A partir de 1900 houve um intenso processo de crescimento e expansão da cidade de Aracaju em direção aos interiores. A partir da década de 60 o estado de Sergipe promoveu diversas políticas industriais e habitacionais, e futuramente expansionistas. Com a chegada de empresas importantes como a Petrobras, trazendo mão-de-obra especializada, a qual se instalou nas imediações do rio Poxim, elevando assim o estilo de vida em seu entorno. Somado a isso, a Universidade Federal de Sergipe construiu o

campus Prof. José Aloísio de Campos as margens desse curso d'água (MATOS; SANTOS; LIMA, 2014).

A instalação do polo industrial em Aracaju, na década de 70, ocasionou no processo de metropolização da capital, intensificando o êxodo rural e dos interiores. Além disso, as políticas habitacionais incentivadas pelo governo beneficiaram a indústria da construção civil e os proprietários fundiários urbanos, intensificando o mercado imobiliário e de construção. Em 1995 foi promulgada a Lei n.º. 25 de 29 de Dezembro de 1995, que cria a região metropolitana de Aracaju, a qual incluía cidades como São Cristóvão e Nossa Senhora do Socorro, banhadas pela BHRP, reduzindo significativamente a população rural dessas localidades (FARIAS, 2011; FRANÇA, 1997).

Devido à valorização espacial na capital aracajuana, a Companhia de Habitação Popular — COHAB/SE, encontrou dificuldades de adquirir terrenos nesse município, “empurrando” a construção dessas habitações para as cidades metropolitanas, tendo como consequência uma “periferização”, tornando-as cidades dormitórios. Todo esse processo de ocupação não considerou as questões ambientais, trazendo graves consequências estruturais tanto na capital quanto nos municípios ao seu redor (FARIAS, 2011)

Até o ano de 2010 era estimado que o contingente populacional inserido na unidade de planejamento Poxim era de 885.018 pessoas (Tabela 2).

Tabela 2: População que reside nas cidades que compõem a bacia hidrográfica do rio Poxim (PHRP).

Municípios	População total (2010)	População total inserida na bacia (2010)	População urbana (2010)	População Rural (2010)
Aracaju	571.149	27478	27478	0
Areia Branca	168.857	724	0	724
Itaporanga d'Ajuda	30.419	1001	0	1001
Laranjeiras	26.902	249	0	249
Nossa Senhora do Socorro	160.827	1601	0	1601
São Cristóvão	78.864	6352	0	6352
Total BHRP	885.018	37405	834.954	9927
Total Sergipe	2.068.017	933625	1.520.366	93300

Fonte: Plano da Bacia Hidrográfica do rio Sergipe (2015).

Aracaju é a única cidade com sua sede localizada na bacia do Poxim, desempenhando um papel relevante na acomodação da maior densidade populacional,

sobretudo urbana, tanto regionalmente quanto estadualmente. Seguida por Nossa Senhora do Socorro, que apresenta a segunda maior população, no entanto, possui uma área pequena comparada a Itaporanga D'Ájuda, o qual é o maior município em território, seguido por São Cristóvão (SILVA, *et al.*, 2004).

A maioria das cidades que compõem a UP Poxim, apresenta o IDHM entre médio e baixo, tendo como exceção a capital (PNUD, 2021). De acordo com Vasco (2014), são necessárias diversas melhorias referentes à qualidade de vida da população que reside em na SBHRP, sendo imprescindível o desenvolvimento de políticas públicas que melhorem aspectos ligados a educação, de modo a aumentar o acesso à cidadania dos que ali habitam.

Em relação às atividades econômicas, o setor de serviços é o principal responsável por tudo produzido no estado, seguido pelo setor industrial e por fim o setor agropecuário. O trecho final do rio Poxim passa pelo distrito industrial de Aracaju, sendo uma área completamente urbanizada, que abriga a maioria das indústrias do ramo imobiliário de madeira, produtos alimentícios, artefatos de metal, química, construção civil, entre outros (AGUIAR NETTO *et al.*, 2007, 2014). O setor agrícola também é abrangente nessa unidade territorial, detendo historicamente a cultura da cana-de-açúcar em grandes propriedades, principalmente na região do médio rio Poxim e na maioria do Poxim-Mirim. Já as pequenas propriedades localizam-se ao longo do rio Poxim-Açu e do Pitanga, onde predomina a agricultura de subsistência, voltada principalmente para cultura do milho. A agropecuária também está presente na bacia, bem distribuída, com destaque para a confluência entre o rio Poxim-Mirim e Poxim-Açu (AGUIAR NETTO *et al.*, 2007, 2014; SILVA, *et al.*, 2004). O crescimento populacional desordenado somado as atividades econômicas trouxe consequências negativas para a SBHRP. O processo de urbanização dos municípios não foi acompanhado pelo avanço na infraestrutura do saneamento básico, acarretando como consequência o despejo do esgoto (doméstico e industrial) em galerias pluviais ou diretamente nos corpos d'água, além do descarte de lixo diretamente nos rios, como em suas margens, causando preocupação e transtornos para população (ARFEU; FRANÇA; NASCIMENTO, 2021; BEZERRA NETO; SILVA; NASCIMENTO, 2019; DOS REIS SOUZA *et al.*, 2020).

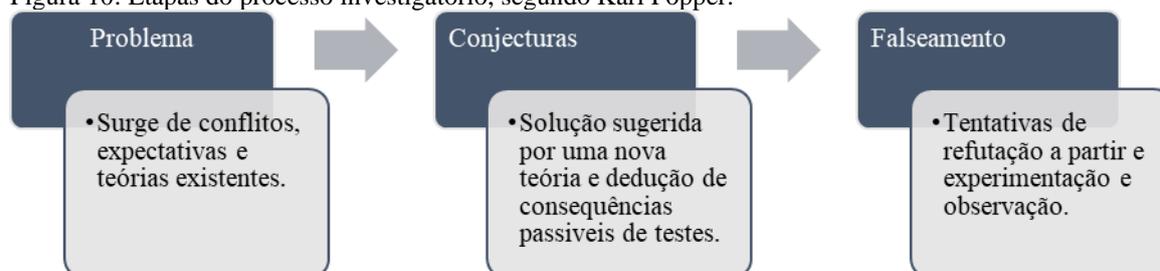
A bacia sofre com a destruição de manguezais e mata ciliares, resultando no assoreamento do curso hídrico, escoamento de efluentes agrícolas, tanto a matéria orgânica (currais e pocilgas) como agroquímicos (plantações), falta de cuidado com as

áreas coletivas de preservação e lazer, entre outros impactos. O rio Poxim possui relevância histórica para o estado de Sergipe, no passado chegou a corresponder a 70% do abastecimento da água para o consumo humano, no entanto, hoje não chega a 30% (através da barragem do Poxim) devido à falta de planejamento urbano e territorial (AGUIAR NETTO *et al.*, 2014; DOS REIS SOUZA *et al.*, 2020; MATOS; SANTOS; LIMA, 2014; WANDERLEY *et al.*, 2014).

2.2. Tipo de pesquisa

O método selecionado para a realização da pesquisa foi o hipotético-dedutivo de Karl Popper, ele parte de um problema ou lacuna no conhecimento, passa pela elaboração de hipóteses e por inferências dedutivas, e testando a possibilidade de ocorrência dos fenômenos estudados a partir das hipóteses testadas (LAKATOS; MARCONI, 2003). Esse método é composto por três fases (Figura 10).

Figura 10: Etapas do processo investigatório, segundo Karl Popper.



Fonte: LAKATOS & MARKONI (2003), adaptado pela autora.

Quando a hipótese proposta consegue superar os rígidos testes, está será corroborada e confirmada temporariamente. Se a hipótese não supera os testes, está é considerada falseada e necessita de uma reformulação do problema e da hipótese. As hipóteses corroboradas pelo método hipotético-dedutivo, podem ser contestadas no futuro, ou mesmo podem se tornar base para o desenvolvimento de novos problemas científicos (LAKATOS; MARCONI, 2003).

A pesquisa tem como objetivo analisar, registrar e descreve as características de um fenômeno, aproximando o pesquisador do problema que foi estudado, visando torná-lo mais claro ou criar hipóteses (GIL, 2008). Para a produção tanto da revisão bibliográfica como dos resultados e discussão, foi realizada uma pesquisa bibliográfica (através principalmente de livros, artigos científicos, dissertações e teses) e documental.

As bases de dados auxiliam no acesso às informações de publicações, permitindo que fosse feita uma busca extensiva sobre a temática em questão. Os dados foram

coletados em três plataformas multidisciplinares: Periódicos CAPES, Scielo e Google Scholar. Para auxiliar nesse processo de busca foram usados os operadores booleanos “AND” (mostrando os artigos que contém todas as palavras-chave digitadas) e “OR” (fornecendo artigos com pelo menos uma das palavras propostas). As principais palavras-chave utilizadas foram: Sustentabilidade, Bacia Hidrográfica do rio Poxim, Índice/Indicadores de sustentabilidade, Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas (WSI), esses termos também estão sendo usados na língua inglesa.

2.3. Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas (WSI)

A metodologia aplicada a esse trabalho foi o Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas, em inglês Watershed Sustainability Index (WSI), proposto por Alipaz Chaves (2007). Consiste em um índice específico, que considera não apenas os fatores ambientais, que integram a bacia, mas também questões socioeconômicas e institucionais. Assim, os indicadores são organizados em um sistema de matriz, avaliados perante as recomendações da UNESCO, na perspectiva de quatro dimensões da sustentabilidade, formando o acrônimo HELP: (H) Hidrologia (Hydrology); (E) Meio ambiente (Environment); (L) Social (Life); (P) Políticas Públicas/Institucional (Policy).

O WSI organiza os indicadores propostos em uma matriz causa-efeito: Pressão–Estado–Resposta (PER), apresentado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) em 2003 (CHAVES; ALIPAZ, 2007). Esse modelo é muito utilizado para análise de indicadores ambientais e desenvolvimento sustentável, a fim de responder a três perguntas: O que está acontecendo com o ambiente? (Estado); por que isso ocorre? (Pressão); o que a sociedade está realizando a respeito? (Resposta) (CARVALHO; BARCELLOS, 2010). O índice realiza uma análise temporal na bacia geralmente ao longo de cinco anos, visando compreender como a sustentabilidade daquela unidade territorial evoluiu ao longo desse período. Além disso, os autores propõem que o WSI é mais eficaz quando aplicado em bacias com tamanho até 2.500 km², visto que a gestão é efetuada a nível local ou regional (CHAVES; ALIPAZ, 2007)

Cada um dos quatro indicadores agrupa parâmetros, que podem ser quantitativos ou qualitativos, pontuados em cinco níveis (0 — muito ruim; 0,25 — Ruim; 0,5 — Razoável; 0,75 — Bom; e 1 — Excelente). Os parâmetros selecionados são distribuídos entre as quatro dimensões propostas e possuem o mesmo valor de importância, pois segundo Chaves (2009) não se pode definir qual dessas dimensões é mais importante quando se trata de sustentabilidade. A pontuação foi calculada partir da média entre os

parâmetros selecionados, facilitando a percepção de pontos fragilizados. Observa-se a matriz de indicadores WSI no Quadro 4.

Quadro 4: Matriz dos indicadores que compõe o WSI, conforme o modelo Pressão – Estado – Resposta.

	Pressão	Estado	Resposta
Indicadores	Parâmetros		
Hidrológicos (H)	Variação na disponibilidade de água per capita na bacia no período.	Disponibilidade de água per capita atual na bacia.	Evolução na eficiência do uso da água.
	Variação na DBO ₅ na bacia.	Média anual atual da DBO ₅ na bacia.	Evolução no tratamento de esgoto.
Meio Ambiente (E)	Índice de Pressão Ambiental (EPI) da bacia.	% de área na bacia com vegetação natural.	Evolução nas áreas protegidas (Unidades de Conservação e Boas Práticas de Manejo BPMs) na bacia.
Social (L)	Variação do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal-Renda (IDHM-renda) na bacia, ponderado pela população.	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) da bacia, ponderado pela população.	Evolução do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) na bacia, ponderado pela população.
Político (P)	Variação do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal-educação (IDHM-educ.) na bacia, ponderado pela população.	Capacidade legal e institucional em Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (GIRH) na bacia.	Evolução nos gastos em Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (GIRH) na bacia.

Fonte: Maynard; Cruz; Gomes (2017), adaptado pela autora.

*Optou-se pela adaptação de Chaves (2009), que utiliza IDH- renda.

Os indicadores de Pressão (Quadro 5) referem-se as pressões causadas ao meio ambiente a partir de ações antrópicas, direta ou indiretamente, estando relacionados principalmente com padrões de produção e consumo. Através deles é possível observar a evolução das atividades econômicas e questões ambientais ao longo de um determinado período (MACÊDO; TORRES, 2018; MAYNARD; CRUZ; GOMES, 2017).

Quadro 5: Descrição dos parâmetros, níveis e pontuações de Pressão no WSI.

P-E-R	Indicador	Parâmetro	Nível	Pontuação
	Hidrologia (H)	$\Delta 1$ -Variação da disponibilidade de água per capita, no período (m ³ /hab/ano).	$\Delta 1 < -20\%$	0.00
			$-20\% < \Delta 1 < -10\%$	0.25
		$-10\% < \Delta 1 < 0\%$	0.50	
		$0 < \Delta 1 < +10\%$	0.75	
		$\Delta 1 > +10\%$	1.00	
	Hidrologia (H)	$\Delta 2$ -Variação da DBO ₅ na bacia no período (média).	$\Delta 2 > 20\%$	0.00
$20\% > \Delta 2 > 10\%$			0.25	
		$0 < \Delta 2 < 10\%$	0.50	
		$-10\% < \Delta 2 < 0\%$	0.75	
		$\Delta 2 < -10\%$	1.00	
	Meio Ambiente (E)	EPI da bacia no período.	EPI > 20%	0,00
			20% > EPI > 10%	0,25
			10% < EPI < 5%	0,50
			5% < EPI < 0%	0,75
			EPI < 0%	1,00
	Social (L)	Variação no IDHM-renda na bacia, ponderado pela população.	$\Delta < -20\%$	0,00
			$-20\% < \Delta < -10\%$	0,25
			$-10\% < \Delta < 0\%$	0,50
			$0 < \Delta < 10\%$	0,75
			$\Delta > 10\%$	1,00
	Política (P)	Variação do IDHM-educ. no período, ponderado pela população.	$\Delta < -20\%$	0,00
			$-20\% < \Delta < -10\%$	0,25
			$-10\% < \Delta < 0\%$	0,50
			$0 < \Delta < 10\%$	0,75
			$\Delta > 10\%$	1,00

Fonte: Maynard; Cruz; Gomes (2017), adaptado pela autora.

Os indicadores de Estado (Quadro 6) refletem as condições ambientais no que se refere a aspectos quantitativos e qualitativos, viabilizando uma visão geral sobre a situação atual do meio ambiente.

Quadro 6: Descrição dos parâmetros, níveis e pontuações de Estado no WSI.

P-E-R	Indicador	Parâmetro	Nível	Pontuação
	Hidrologia (H)	Disponibilidade per capita de água na bacia (Wa) em m ³ /hab/ano.	Wa < 1700	0.00
			1700 ≤ Wa < 3400	0.25
			3400 ≤ Wa < 5100	0.50
			5100 ≤ Wa < 6800	0.75
			Wa ≥ 6800	1.00
	Hidrologia (H)	Média anual atual da DBO ₅ na bacia.	DBO > 10	.00
			10 > DBO > 5	0.25
			5 > DBO > 3	0.50
			3 > DBO > 1	0.75
			DBO < 1	1.00
	Meio Ambiente (E)	% da bacia com vegetação natural.	Av < 5	0,00
			5 ≤ Av < 10	0,25
			10 ≤ Av < 25	0,50
			25 ≤ Av < 40	0,75
			Av ≥ 40	1,00
	Social (L)	IDHM da bacia ponderado pela população.	IDH < 0.5	0,00
			0.5 ≤ IDH < 0.6	0,25
			0.6 ≤ IDH < 0.75	0,50
			0.75 ≤ IDH < 0.9	0,75
			IDH ≥ 0.9	1,00
	Política (P)	Capacidade Legal e Institucional em termos de Gestão Integrada dos Recursos Hídricos	Muito Pobre	0,00
			Pobre	0,25

	(GIRH).	Regular	0,50
		Boa	0,75
		Excelente	1,00

Fonte: Maynard; Cruz; Gomes (2017), adaptado pela autora.

Os indicadores de Resposta (Quadro 7) representam as ações realizadas pela sociedade para prevenir ou mitigar os impactos ambientais negativos, preservar os recursos naturais, reparar danos ocasionados ao meio ambiente e auxiliar na melhoria da qualidade de vida da população. (MACÊDO; TORRES, 2018).

Quadro 7: Descrição dos parâmetros, níveis e pontuações de Resposta no WSI.

P-E-R	Indicador	Parâmetro	Nível	Pontuação	
	Hidrologia (H)	Evolução na eficiência do uso da água.	Muito Pobre	0.00	
			Pobre	0.25	
			Regular	0.50	
			Boa	0.75	
			Evolução no tratamento de esgoto.	Excelente	1.00
				Muito Pobre	0.00
				Pobre	0.25
				Regular	0.50
		Meio Ambiente (E)	Evolução áreas protegida na bacia (Unidades de Conservação e BMPs).	Boa	0.75
				10< Δ <20%	0,75
				0%< Δ <10%	0,50
				-10%< Δ <0%	0,25
			Δ <-10%	0,00	
			10< Δ <20%	0,75	
			0%< Δ <10%	0,50	
			-10%< Δ <0%	0,25	
	Social (L)	Variação do IDHM na bacia, ponderado pela população.	Δ >20%	1,00	
			10< Δ <20%	0,75	
			0%< Δ <10%	0,50	
			-10%< Δ <0%	0,25	
	Política (P)	Evolução dos gastos em Gestão Integrada dos Recursos Hídricos.	Δ >20%	1,00	
			10< Δ <20%	0,75	
			0%< Δ <10%	0,50	
			-10%< Δ <0%	0,25	

Fonte: Maynard; Cruz; Gomes (2017), adaptado pela autora.

O índice de Sustentabilidade de Bacias (WSI) foi dado por meio da equação 1 (CHAVES & ALIPAZ, 2007):

$$WSI = \frac{H + E + L + P}{4} \quad (1)$$

(H) Hidrologia;

(E) Meio Ambiente;

(L) Social;

(P) Políticas Públicas.

O valor de cada indicador é determinado a partir da média aritmética. Após selecionar os níveis e pontuações para cada uma das variáveis selecionadas (Quadro 5, 6 e 7) o valor do WSI foi calculado pela média global entre as colunas (PER) e linhas (HELP) (Equação 1). A sustentabilidade das bacias hidrográficas foi classificada da seguinte forma: $WSI < 0,5$ (baixo), $0,5 \leq WSI \leq 0,8$ (intermediário) e $WSI > 0,8$ (alto) (CHAVES, 2009). Infere-se que quanto maior o WSI mais sustentável é a situação da bacia estudada.

2.3.1 Dimensão Hidrológica

O indicador hidrológico é composto por dois subindicadores, um qualitativo e outro quantitativo. Os indicadores hidrológicos têm a função de analisar as características físico-químicas da bacia (CHAVES; ALIPAZ, 2007). A partir dos valores encontrados para cada subindicador, foi realizada a média aritmética para calcular o resultado dessa dimensão. Na Equação 2 é possível observar como o cálculo se dá.

$$IH = \frac{(IHqt + IHql)}{2} \quad (2)$$

(IH) Indicador Hidrológico;

(IHqt) Subindicador quantidade de água;

(IHql) Subindicador qualidade de água.

2.3.1.1 Subindicador de quantidade da água

O indicador de Pressão analisou a variação na disponibilidade hídrica per capita na bacia no período estudado ($m^3/hab./ano$). Para isso foi calculado o percentual de disponibilidade anual de água por habitante. Os dados de vazão foram disponibilizados pela Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO) para a Barragem Poxim I (Apêndice A). O parâmetro de Estado consiste na disponibilidade hídrica per capita atual da bacia (2015 e 2020) em $m^3/hab./ano$. Propõe-se que existe estresse hídrico quando a disponibilidade da água é inferior a $1.700 m^3/hab/ano$ (CHAVES; ALIPAZ, 2007). Foi necessário realizar projeções para a população inserida na bacia nos anos de 2015 e 2020, para isso foi aplicada a equação de crescimento populacional com base estimativas populacionais disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e nos dados de população residente na bacia, presentes no Plano de Bacia do rio Sergipe (2015) (Apêndice B).

A variável Resposta correspondeu à evolução na eficiência no uso da água na bacia durante o período de estudo. Para essa avaliação optou-se pela adaptação sugerida por Maynard; Cruz; Gomes (2017), que mensura o indicador com base na classificação do Índices de Perdas proposta por Tsutiya (2006), transformando-o em um parâmetro quantitativo. Para isso, foi utilizado como valor de referência o Índice De Perdas na Distribuição (IN049) das empresas de água e saneamento do estado de Sergipe, que estão disponíveis no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), por meio dos Diagnósticos Anuais dos Serviços de Água e Esgoto do Ministério das Cidades (BRASIL, 2012, 2017, 2021). Foi calculado o IN049 médio para as cidades inseridas na bacia, e a sua pontuação foi atribuída de acordo como Tabela 3.

Tabela 3: Classificação quanto ao índice de perdas na distribuição e a sua pontuação para a composição do WSI para a bacia em estudo.

Índice Total de Perdas – P (%)	Classificação do Sistema	Pontuação proposta para o cálculo do WSI
$P < 25 \%$	Bom	1.0
$25 \leq P < 40$	Regular	0.5
$P \geq 40$	Ruim	0.0

Fonte: Maynard; Cruz; Gomes (2017), adaptado pela autora.

2.3.1.2 Subindicador de qualidade da água

O parâmetro de Pressão aplicado a dimensão hidrológica foi a variação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5) na bacia no período estudado. É interessante salientar que as variáveis de Pressão, tanto no subindicador de qualidade como no de quantidade, conseguem evidenciar um panorama de longo prazo sobre as mudanças que ocorreram na unidade de planejamento Poxim, incorporando mudanças climáticas, por exemplo, que podem afetar drasticamente a disponibilidade hídrica daquela unidade territorial (CHAVES; ALIPAZ, 2007). O ponto selecionado para análise foi a Barragem Sindicalista Jaime Ubelino, no entanto, em 2010 o reservatório ainda não estava ativo, por conta disso foi selecionado o ponto mais próximo com disponibilidade de dados, nesse caso, no afluente Poxim-Açu próximo ao Instituto Federal de Sergipe. Os valores de DBO_5 foram adquiridos através de artigos científicos e da plataforma Hidroweb (ANA, 2023b; NEVES *et al.*, 2016; SERGIPE, 2019; SILVEIRA; GARCIA; COSTA, 2021; VASCO *et al.*, 2011).

A variável de Estado é a média do DBO_5 da bacia (2015 e 2020), em mg/L. Chaves e Alipaz (2007) sugerem usar o DBO_5 como indicador de qualidade da água por serem informações que geralmente estão disponíveis sobre as bacias hidrográficas.

O parâmetro de Resposta refere-se à evolução no tratamento e disposição do esgoto na bacia no decorrer do recorte temporal estudado. Para esse indicador, Chaves e Alipaz (2007), propõem uma avaliação qualitativa, no entanto, preferiu-se basear a classificação de acordo com o indicador Tratamento de Esgoto, apresentado por Lopes *et al.* (2016), transformando-o em um critério quantitativo. Esse indicador é dado pelo percentual de esgoto gerado que é tratado, possibilitando um olhar mais realista sobre o desempenho do serviço sanitário nas cidades que compõem a unidade de planejamento. A Tabela 4 consiste em uma adaptação elaborada a partir dos limites inferiores e superiores propostos por Lopes *et al.*, com o intuito de determinar a pontuação para esse indicador. Para a análise foram utilizados os dados do Diagnósticos Anuais dos Serviços de Água e Esgoto o (BRASIL, 2012, 2017, 2021).

Tabela 4: Classificação quanto ao tratamento de esgoto e sua pontuação para a constituição do WSI para a bacia hidrografia do rio Poxim.

Tratamento de esgoto (%)	Classificação do sistema	Pontuação proposta para o cálculo de WSI
0-25%	Muito pobre	0.00
26-40%	Pobre	0.25
41-55%	Regular	0.5
56-75%	Boa	0.75
76-100%	Excelente	1.0

Fonte: Adaptado de LOPES *et al.*, 2016.

2.3.2 Dimensão Ambiental

A variável ambiental de Pressão consiste no Índice de Pressão Ambiental (Environment Pressure Index/EPI). Ele é estimado através da variação média entre a área rural e urbana da bacia no período estudado. A porcentagem de áreas rurais e urbanas esta correlacionada com a qualidade da água na bacia (CHAVES, 2009; MAYNARD; CRUZ; GOMES, 2017). O EPI é calculado da seguinte forma (Equação 3).

$$EPI = \frac{\% Va + \% Vu}{2} \quad (3)$$

(Va) variação de % de áreas rurais na bacia;

(Vu) variação de % de áreas urbanas na bacia;

Quando o EPI apresenta valor positivo, há um aumento no impacto ambiental. Já quando apresenta valor negativo, há uma diminuição no impacto ambiental ao longo do período avaliado (CHAVES, 2009). O parâmetro de Estado da dimensão ambiental corresponde à porcentagem de vegetação natural remanescente presente no território da bacia. Ambas as informações foram adquiridas por meio de geoprocessamento de dados coletados no MapBiomas (MAPBIOMAS, [s. d.]). Nesse estudo foram utilizadas imagens de satélite Landsat 5 e 8, para contemplar todo recorte temporal da pesquisa, selecionando as seguintes classes de uso e cobertura da terra: floresta, água, rural e urbano.

Já a variável Resposta utiliza como parâmetro a Evolução nas Áreas Protegidas (Unidades de Conservação e Boas Práticas de Manejo) na bacia no período. O valor desse indicador foi dado a partir da média entre a variação das áreas das UC's e das BPMs presentes, com base na Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação e estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação, ao longo de 5 anos (BRANCHI, 2022; MAYNARD; CRUZ; GOMES, 2017; SOUZA, PAULA, 2019). A fonte de dados foi o Ministério do Meio Ambiente (departamento de áreas protegidas) e a plataforma Unidades de Conservação do Brasil, elaborada pelo Instituto Socioambiental (ISA, [s. d.]; MMA, [s. d.]). A equação 4 a seguir expressa o cálculo para esse indicador:

$$\Delta \text{ APBPMs } \% = \frac{\Delta \text{ UC\%} + \Delta \text{ BPM UC\%}}{2} \quad (4)$$

($\Delta \text{ UC\%}$) Variação das áreas de Unidades de Conservação na bacia no período estudado;

($\Delta \text{ BPM UC\%}$) Variação em porcentagem de cumprimento da legislação ambiental brasileira para Unidades de Conservação na bacia no período estudado;

2.3.3 Dimensão Social

Os subindicadores sociais (L) estão associados a qualidade de vida da população que vive na unidade de planejamento estudada (CHAVES, 2009). Os parâmetros avaliados estão relacionados ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), que mensura resumidamente o avanço quanto a responsabilidade social, a longo prazo, em três âmbitos do desenvolvimento humano: uma vida longa saudável, renda, acesso ao conhecimento e um padrão de vida decente (PNUD, [s. d.]).

Os dados foram adquiridos por meio do Atlas de Desenvolvimento Humano do Brasil, que se caracteriza como uma plataforma eletrônica que disponibiliza informações

sobre a estrutura socioeconômica na esfera nacional, estadual e municipal do país. O Brasil adaptou a metodologia do IDH global, para que fosse possível avaliar o Índice de Desenvolvimento Humano dos Municípios (IDHM) brasileiros, a partir dos dados do Censo Demográfico (1991, 2000 e 2010). O cálculo do IDHM gera um número que varia entre 0 e 1, quanto mais próximo de 1 melhor é o desenvolvimento humano naquele local (PNUD, [s. d.]).

Partindo do princípio de longo prazo, o Brasil mensura o IDHM e seus subindicadores em intervalos de 10 anos, calculados pela última vez em 2010, ano inserido no recorte temporal dessa pesquisa. Porém, foi necessário estimar o IDHM e suas variações, para 2015 e 2020, por meio de proporção direta, a partir dos valores mensurados para esses indicadores no estado de Sergipe pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) para os respectivos anos (Apêndice C).

O IDHM foi selecionado como indicador por ser um índice amplamente utilizado, permitindo comparações com bacias que apresentam características semelhantes (CATANO *et al.*, 2009). A variável de Pressão consiste na variação do IDHM-renda na bacia durante o período estudado (CHAVES, 2009). O parâmetro de Estado é calculado por meio do IDHM médio da bacia (2015 e 2020), e o de Resposta é a variação do IDHM médio (CHAVES; ALIPAZ, 2007), todos os indicadores sociais foram ponderados pela população inserida na UP Poxim.

2.3.4 Dimensão Política

Os parâmetros de Política pretendem verificar o engajamento institucional na unidade de planejamento. Isso é demonstrado por meio de dados como o nível de ensino, a aptidão legal e institucional e a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (GIRH) dentro da bacia (CATANO *et al.*, 2009; MAYNARD; CRUZ; GOMES, 2017)

O subindicador de Pressão é a variação do IDHM-educação durante o período estudado. Este parâmetro tem como objetivo avaliar o nível educacional da população, em geral, através da taxa de alfabetização. A partir do IDHM-educ. verifica-se a possibilidade da atuação ativa da população na participação de decisões que possam melhorar a qualidade de vida, tanto do núcleo familiar como comunitário e social. Além do mais, a educação pode estar diretamente relacionada com a probabilidade de envolvimento popular nas questões relacionadas ao manejo da bacia (MAYNARD; CRUZ; GOMES, 2017; SOUZA; PAULA, 2019; UNESCO, 2008). Assim como os indicadores sociais, foi utilizado como fonte de dados o Atlas de Desenvolvimento

Humano do Brasil, sendo necessário realizar projeções do IDHM-educ. para os anos estudados, e o valor foi ponderado pela população (Apêndice C).

A variável de Estado verifica a capacidade legal e institucional na Gestão Integrada dos Recursos Hídricos. A GIRH tem como finalidade promover a gestão e o desenvolvimento coordenado da água, da terra e dos recursos associados, para melhorar o bem-estar econômico e social, sem abdicar da sustentabilidade dos ecossistemas vitais (ENVIRONMENT, 2017).

Para a avaliação desse indicador foi utilizada a adaptação proposta por Maynard; Cruz; Gomes (2017), que mensura o cumprimento das ações legais e institucionais dentro da bacia. A análise da capacidade legal é baseada nos instrumentos da Política Nacional e Estadual de Recursos Hídricos, e o resultado foi calculado a partir da pontuação média entre os instrumentos de gestão. Já a capacidade institucional foi mensurada através da média da pontuação do grau de implantação de cada instituição presente no sistema de Gerenciamento de recursos Hídricos. O indicador Estado corresponde à média entre a Capacidade legal e Institucional dentro da bacia. Para a avaliação desse indicador foram utilizados os dados disponíveis no Portal de Recursos Hídricos de Sergipe (SEDURBS 2023a, b).

E por fim, o parâmetro Resposta foi mensurado por meio dos gastos em GIRH na bacia durante o período estudado (CHAVES, 2009). Esse indicador foi estimado através da variação nos investimentos em Gestão Integrada de Recursos Hídricos na bacia (CHAVES; ALIPAZ, 2007). Para mensurar os valores aplicados foram compiladas informações presentes nos Diagnósticos Anuais dos Serviços de Água e Esgoto do Ministério das Cidades e em documentações e relatórios disponíveis no Portal de Recursos Hídricos do Estado de Sergipe (BRASIL, 2012, 2017, 2021; SEDURBS, 2023c). Tanto o indicador de Estado como o de Resposta são qualitativos e podem ser classificados entre muito pobre (0,00) até excelente (1,00).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Indicadores Hidrológicos

3.1.1 Sub-indicadores de quantidade da água

No ano de 2010 a disponibilidade hídrica foi de 524,93 m³/hab/ano e em 2015 foi de 431,57 m³/hab/ano. Dessa forma, a variação para o primeiro período (2010 – 2015) foi -19,32%, o que é considerado uma queda significativa na disposição de água per capita,

garantindo para esse indicador a pontuação 0,00 com base nos valores de referência presentes no Quadro 5.

A disponibilidade de água per capita estimada para 2020 foi de 417,99 m³/hab/ano, sendo a variação, para o segundo recorte temporal avaliado (2015 – 2020), - 3,14%. Entre 2010 e 2015 a redução na oferta de água foi maior que no segundo momento. Por conta disso, foi atribuído a esse indicador a pontuação 0,00 e 0,50 para cada intervalo avaliado respectivamente.

É perceptível a diminuição na disponibilidade hídrica ao longo dos 10 anos analisados. Esse decréscimo pode estar relacionado com o crescimento populacional na bacia, já que o abastecimento público é o nicho que gera maior demanda as águas do rio Poxim, seguido pela indústria e a pecuária (SERGIPE, 2018). Somado a isso, a urbanização desordenada as margens do rio modificaram a morfologia desse corpo hídrico.

Respondendo ao indicador de Estado, a disponibilidade hídrica per capita para o ano de 2015 e 2020 foram 431,57 m³/hab/ano e 417,99 m³/hab/ano. Ambos os anos receberam a pontuação 0,00 (Quadro 6), pois a disponibilidade hídrica encontrada foi inferior a 1.700 m³/hab/ano, o que é considerado muito pobre conforme a escala utilizada.

Esse cenário indica uma alta escassez hídrica na bacia hidrográfica do rio Poxim, o que já era esperado, pois a disponibilidade de águas superficiais na unidade de planejamento é baixa, possuindo uma maior quantidade de recursos hídricos subterrâneos. Mesmo considerando a disponibilidade superficial e subterrânea, o potencial de produção de água da bacia está aquém do que é demandado sobre ela pelos usos consultivos (SERGIPE, 2015, 2018).

Atendendo ao indicador Resposta foram determinadas as médias do IN049 das empresas que abastecem as cidades inseridas na bacia, durante o intervalo temporal analisado. Os resultados para os anos de 2010, 2015 e 2020, na devida ordem, são: 60,66%, 57,54% e 40,83%. Como todos os anos apresentaram um IN049 acima de 40%, foi atribuída a pontuação 0,00 para os dois períodos estudados, qualificando-os como muito pobre.

O IN049 faz um paralelo entre o volume de água transferido de um ponto do sistema e o volume de água recebido em um ou mais pontos na mesma área de influência. Os déficits no abastecimento podem ocorrer tanto por falhas na estrutura física quanto na gestão administrativa. Os altos níveis de perda podem representar problemas no

monitoramento e controle de ligações clandestinas, vazamentos, calibração dos hidrômetros, baixa qualidade operacional dos sistemas, entre outras possibilidades. Atualmente, boa parte das empresas/órgãos que fornecem água apresentam perdas fiscais e no faturamento como consequência das adversidades apontadas acima, interferindo negativamente na saúde financeira e na qualidade dos serviços prestados. Além de gerar danos ambientais por levarem as empresas de saneamento a buscar novos mananciais (MORAIS; CARTAXO, 2011; PERTEL; AZEVEDO; VOLSCHAN JUNIOR, 2016; SESSO *et al.*, 2020; TARDELLI, 2015).

O índice de perdas na distribuição foi reduzindo gradativamente ao longo dos períodos analisados, o que indica um avanço significativo na eficiência do sistema, reduzindo a perda média de 60% para 40%. Contudo, os altos valores encontrados sugerem que os investimentos direcionados para esse tema não estão sendo o suficiente para mitigar as perdas no abastecimento. De acordo com o Diagnóstico de serviço de Água e Esgoto, no recorte temporal da pesquisa, o estado de Sergipe apresenta valores médios de IN049 acima da média nacional, todos superiores 40% (BRASIL, 2012, 2017, 2021).

Nota-se que a gestão operacional e a manutenção dos sistemas de saneamento, no país e em especial na região nordeste, necessitam de maior atenção e dedicação por parte dos prestadores de serviço, já que os investimentos direcionados são preferencialmente alocados na ampliação da capacidade e cobertura hidráulica. Portanto, o nível de perdas de água nos sistemas de abastecimento está diretamente relacionado às condições da infraestrutura instalada e à eficiência operacional e comercial (ARAÚJO *et al.*, 2016; PERTEL; AZEVEDO; VOLSCHAN JUNIOR, 2016; SOBREIRA; FORTES, 2016).

É preciso tomar medidas preventivas e de controle que permitam a diminuição das perdas físicas e não físicas, através de aplicações na modernização e fiscalização dos sistemas de abastecimento, bem como na gestão das companhias, a fim de viabilizar a sustentabilidade dos serviços prestados (DUTRA; FIRMO; MIRANDA, 2016; LUCAS JAQUIÊ RIBEIRO; ANDRADE; ZAMBON, 2017).

3.1.2 Sub-indicadores de qualidade da água

O indicador de Pressão, entre os anos de 2010 a 2015, variou 38,82%, evidenciando um aumento nos níveis de DBO₅ na bacia hidrográfica do rio Poxim. A variação do DBO₅ para o segundo recorte temporal (2015 – 2020) foi de -74,14%,

indicando uma redução expressiva no consumo de oxigênio na água. Dado os resultados encontrados, foi atribuída a pontuação 0,00 e 1,00 respectivamente.

A média anual atual de DBO₅, que responde ao indicador de Estado, apresentou para o primeiro quinquênio (2015) o valor de 16,01 mg/L, já no segundo (2020) foi reduzido a 4,14 mg/L. Com base nessas informações, o primeiro ano recebeu a pontuação 0,00 e o segundo 0,50. Os altos valores referentes à demanda bioquímica de oxigênio estão provavelmente relacionados com a alta concentração de nutrientes, matéria orgânica, minerais, lançamento de efluentes domésticos e industriais, e escoamento superficial na unidade de planejamento (BEZERRA NETO; SILVA; NASCIMENTO, 2019; SANTOS, SOUZA, 2020; SCHNEIDER *et al.*, 2019). Além disso, a vazão do rio é muito baixa, o que dificulta a diluição de substâncias.

A classificação dos corpos hídricos dentro da bacia varia entre 2 e 4, mais especificamente no ponto verificado nesse trabalho (Barragem Sindicalista Jaime Ubelino), a água é considerada classe 3, consoante a resolução CONAMA 357/05. Em 2015 a média anual de DBO₅ estava acima do que é permitido para a categoria, já em 2020 o resultado estava dentro do parâmetro determinado, no entanto, ainda é considerada uma concentração alta, tendo em vista que esse corpo d'água está enquadrado na classe 1 (SERGIPE, 2019).

Os elevados níveis de DBO₅ presentes na água podem acarretar a redução na concentração de oxigênio dissolvido, prejudicando a biota aquática, aumentando a turbidez, favorecendo processos anaeróbicos, mau odor, entre outros impactos negativos (FONSECA; TIBIRIÇÁ, 2021; RIBEIRO *et al.*, 2022; RODRIGUES; DE ANDRADE; COTTA, 2017).

O indicador Resposta expressa a evolução no tratamento e disposição de esgotos na bacia, para isso foi analisado o tratamento de esgoto gerado, que apresentou para 2010, 2015 e 2020 os seguintes valores: 31,12%, 36,19% e 32,38%. Como todos os anos estão inseridos no intervalo de 26% — 40%, foi estabelecida a pontuação de 0,25, classificando a evolução, para os dois períodos avaliados, como pobre.

O SNIS (2020) informa que no Brasil, 50,8% do total de esgoto gerado é tratado, sendo a situação da região nordeste ainda mais frágil, tratando apenas 34,1%, o segundo pior resultado do país, estando atrás somente da região norte (BRASIL, 2021).

É possível observar que ocorreu um sucinto avanço no primeiro intervalo temporal, regredindo em 2020 a uma porcentagem próxima àquela que foi atribuída 10

anos antes. Esse retrocesso pode estar relacionado com a mudança na gestão do órgão responsável pelo sistema de saneamento da cidade de São Cristóvão, que deixou de ser administrada pela DESO, que oferecia serviços de água e esgoto, para a SAAE, autarquia municipal, que até o momento atende apenas a modalidade água (BRASIL, 2021).

Os altos níveis de DBO₅ observados nos indicadores anteriores estão diretamente relacionados com o indicador Resposta, ao revelar que grandes volumes de efluentes (domésticos e industriais) estão sendo despejados *in natura* na bacia hidrográfica do rio Poxim, afetando significativamente a qualidade da água.

3.2 Indicadores Ambientais

O indicador Pressão, para quinquênio (2010 – 2015) apresentou um EPI de 2,81%. A área urbana variou 7,25%, aumentando de 22,53 km² (2010) para 24,17 Km² (2015). O território classificado como área rural variou -1,62%, havendo uma moderada redução de 325,04 km² para 319,74 km². Foi determinado para esse período a pontuação 0,75.

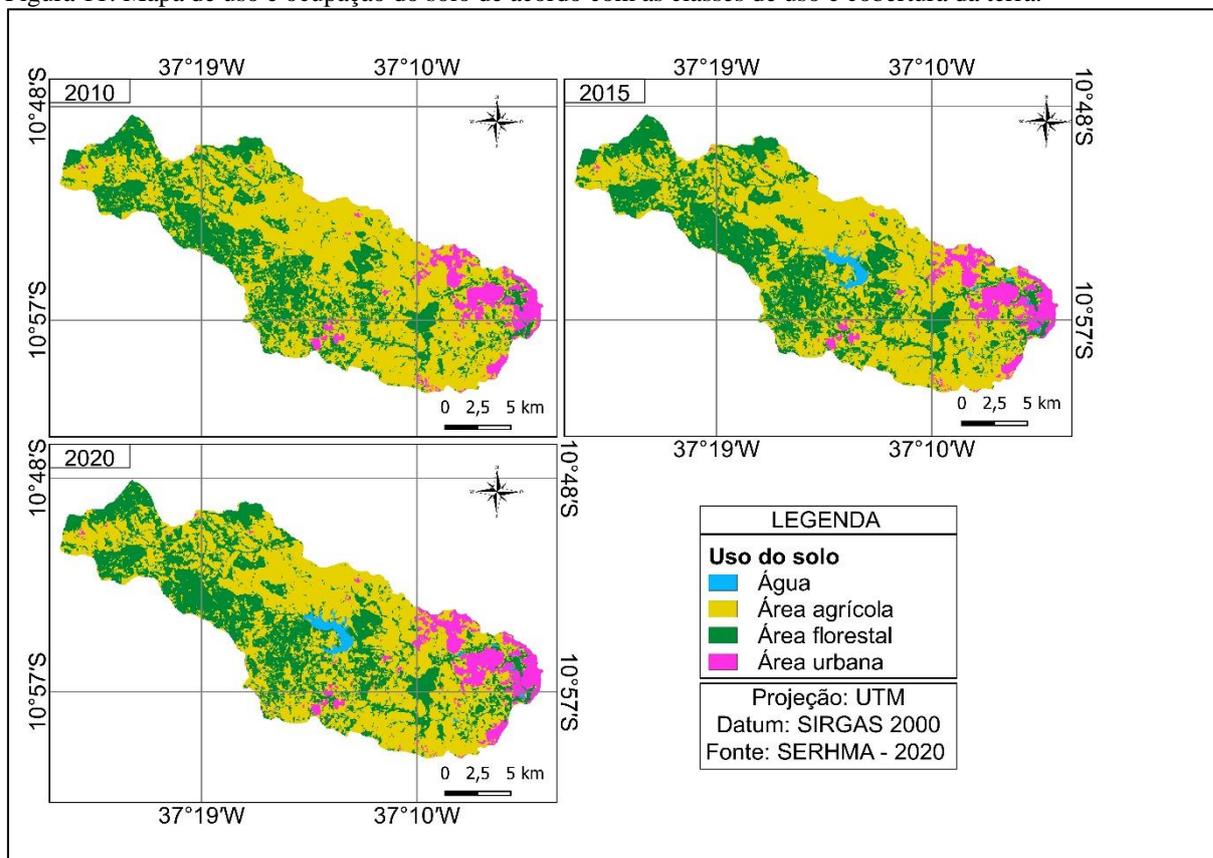
Entre os anos de 2015 a 2020, o Índice de Pressão Antrópica foi de 4,03%. Não houve grandes variações entre a área urbana (8,73%) e a rural (-0,67%), quando comparadas ao primeiro período estudado. Em 2020, a zona rural representou 317,58 km² e a urbana 26,28 km² da área total da bacia, mantendo a pontuação de 0,75 para esse indicador. É interessante observar que a área urbana manteve um padrão de crescimento médio de 1,8 km² a cada cinco anos.

O indicador de Estado foi avaliado por meio da porcentagem de vegetação natural na bacia. Para 2015 foi observada 127,75 km² de área, classificada como “floresta” de acordo com o MapBiomass, representando 36,61% do território total da bacia. Em 2020 esse valor se manteve (36,60%), correspondendo a 127,72 km². Para ambos a pontuação foi 0,75.

A bacia hidrográfica do rio Poxim é a unidade de planejamento que possui a maior cobertura florestal entre as regiões hídricas na bacia do rio Sergipe, cerca de 20% do total. A UP compreende remanescentes de Mata Atlântica, abarcando ecossistemas fundamentais como manguezais, planícies de inundação e fragmentos florestais que abrigam diversas espécies, inclusive endêmicas e ameaçadas de extinção. A bacia é um ponto prioritário para ações que visem a conservação e preservação do meio ambiente, pois sua integridade vem sendo afetada pela poluição dos corpos hídricos, desmatamento de matas ciliares, pecuária e agricultura extensiva, deposição de lixo, mineração para

extração de areia entre outros riscos (BRASIL, 2017; FARIAS; VASCONCELOS, 2013; JESUS *et al.*, 2015). A Figura 11 demonstra o processo de uso e ocupação do solo ao longo dos anos estudados.

Figura 11: Mapa de uso e ocupação do solo de acordo com as classes de uso e cobertura da terra.



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Para o indicador Resposta foi analisada a variação das áreas de Unidades de Conservação (UCs) que estão inseridas na bacia, e as Boas Práticas (BPM's) de Manejo empregadas nelas. A unidade de planejamento Poxim contabiliza duas UC's: o Parque Nacional da Serra de Itabaiana (PNSI), criado por meio do Decreto S/N de 15/06/2005, e o Parque Natural Municipal do Poxim (PNMP), instituído pelo Decreto 5370 de 02/08/2016 (Tabela 5).

Tabela 5: Unidades de conservação inseridas na bacia do rio Poxim.

Unidade de Conservação	Ano de criação	Área (km ²)	Área inserida na bacia (km ²)
PNSI	2005	80,25	8,88
PNMP	2016	1,73	1,73

Fonte: Elaborado pela autora.

Não houve variação na área de UC's na UP Poxim no primeiro intervalo temporal avaliado (2010 – 2015). O segundo recorte (2015 – 2020) apresentou uma variação de 19,47% devido à criação do PNMP.

Os critérios de avaliação das boas práticas de manejo (Tabela 6) foram: se a unidade de conservação possui gestor, plano de manejo e conselho, conforme previsto no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Não houve variação entre 2010 e 2015. Já entre 2015 e 2020, a variação foi de 91,85%, pois ao longo dos 5 anos o PNSI implantou os três instrumentos de gestão indicados acima, e o PNMP, até o final do recorte temporal dessa pesquisa, possuía apenas o gestor.

Tabela 6: Boas práticas de manejo empregadas na bacia hidrográfica do rio Poxim e a pontuação para cada ano analisado.

BPM'S UCs	Peso 0.50	0.3	0.2	Pontuação		
	Possui Gestor?	Possui Plano de Manejo?	Possui Conselho?	2010	2015	2020
Parque Nacional da Serra de Itabaiana	SIM	SIM	SIM	0	0	1
	Portaria N°695, de 26/10/ 2017	Portaria N° 76, de 22/07/2016	Portaria N° 555, de 30/10/2017			
PNMP	SIM	NÃO	NÃO	0	0	0,5
	Decreto N° 5370 de 02/08/2016					

Fonte: Adaptado de Maynard; Cruz; Gomes (2017).

Com base nas informações dispostas acima, não houve Evolução nas Áreas de Conservação e Boas Práticas de Manejo ao longo de 2010 a 2015, atribuindo a pontuação final 0,5 para esse intervalo. Para o segundo período (2015 – 2020) a evolução foi de 55,96%, um avanço expressivo que garantiu a pontuação 1,00 para esse indicador.

3.3 Indicadores Sociais

O indicador Pressão foi avaliado por meio da variação percentual do IDH-Renda per-capita para cada intervalo temporal analisado. Foi calculado a média aritmética, dos seis municípios que compõem a bacia, para os três anos estudados (2010 – 2015 – 2020) que foram respectivamente 0,73, 0,74 e 0,75. A variação entre 2010 e 2015 foi de 0,99% recebendo a pontuação final de 0,75. Para o segundo período analisado (2015 – 2020) a variação foi de 0,81%, mantendo a pontuação de 0,75.

Para analisar o indicador de Estado foi calculado o IDHM médio das cidades presentes na unidade de planejamento Poxim, para os anos de 2015 e 2020, que foram 0,77 e 0,79, nessa ordem. A pontuação para os dois recortes temporais foi de 0,75.

Para mensurar o indicador Resposta, foi observada a variação do IDHM na bacia. O resultado encontrado no primeiro momento (2010 – 2015) foi de 4,66%, e no segundo período (2015 – 2020) a variação foi de 3,43%, garantindo para ambos a pontuação 0,50.

A partir dos resultados observados pode-se inferir que não houveram grandes variações na qualidade de vida na comunidade UP Poxim, isto é, nas condições de renda, educação e longevidade (2015 – 2020).

3.4 Indicadores Políticos

O indicador de Pressão foi calculado por meio da variação média do IDH-Educ., em ambos os recortes temporais analisados (2010 – 2015) e (2015 – 2020), para os municípios inseridos na bacia. O IDH-Educ. observado para o ano de 2010 foi 0,67, em 2015 o índice aumentou significativamente para 0,75 e no ano de 2020 o valor médio foi 0,81. A variação encontrada para o primeiro quinquênio (2010 – 2015) foi 12,82%, que segundo a classificação de Chaves e Alippaz (2007), é considerado excelente, obtendo a pontuação 1,00. No segundo período a variação foi 7,53%, recebendo assim a pontuação 0,75.

A pontuação observada indica que houve um aumento no acesso à educação da população que reside na UP, entre os anos de 2010 a 2015, sugerindo que esta pode ter se tornado mais participativa no que se refere a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos. No segundo período (2015 e 2020) a variação foi menor, mas manteve a pontuação.

É importante salientar que para estimular uma consciência crítica sobre os problemas ambientais e sociais, e promover a participação ativa da sociedade civil é necessário ocorrer investimentos em educação ambiental e que garantam a democratização das informações ambientais, assim como é determinado na Política Estadual de Educação Ambiental (Lei n° 6.882/10).

O indicador de Estado foi calculado através da média entre a Capacidade Legal (CL) (Tabela 7) e Institucional (CI) (Tabela 8) da bacia hidrográfica do rio Poxim. Para medir a capacidade legal foi observado quais dos seguintes instrumentos da Política Nacional e Estadual de Recursos Hídricos foram instaurados na UP: Plano de Recursos Hídricos (Plano de Bacia); Enquadramento dos Corpos D'água; Outorga; Cobrança Pelo Uso dos Recursos Hídricos; Sistema de informações sobre Recursos Hídricos; Fundo Estadual de Recursos Hídricos*.

Tabela 7: Avaliação capacidade legal (CL) da bacia hidrografia do rio Poxim de acordo com os instrumentos da Política Nacional e Estadual de Recursos Hídricos.

Instrumentos da Política Nacional e Estadual de Recursos Hídricos.	Não implantado	Parcialmente implantado	Implantado	2010-2015	2015-2020
Pontuação	0.0	0.5	1.0		

Plano de Recursos hídricos (Plano de Bacia)			X	1,0	1,0
Enquadramento dos corpos d'água			X	0,00	1,00
Outorga			X	1,00	1,00
Cobrança pelo uso dos Recursos Hídricos	X			0,00	0,00
Sistema de informações sobre Recursos Hídricos			X	1,00	1,00
Fundo Estadual de Recursos Hídricos*			X	1,00	1,00
Total				0,66	0,83

Fonte: Adaptado de Maynard; Cruz; Gomes (2017)

Obs: Fundo Estadual de Recursos Hídricos é um instrumento da Política Estadual de Recursos Hídricos*.

A capacidade institucional foi dimensionada por meio da presença ou ausência das seguintes instituições que compõem o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos: Superintendência de Recursos Hídricos (Estadual); Conselho Estadual de Recursos Hídricos; Comitê de Bacia Hidrográfica; e Agência de Bacia.

Tabela 8: Avaliação da capacidade institucional (CI) na bacia hidrografia do rio Poxim.

Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos	Não implantado	Parcialmente implantado	Implantado	2010-2015	2015-2020
Pontuação	0.0	0.5	1.0		
Superintendência de Recursos Hídricos (Estadual)			X	1,00	1,00
Conselho Estadual de Recursos Hídricos			X	1,00	1,00
Comitê de bacia hidrográfica			X	1,00	1,00
Agência de bacia	X			0,00	0,00

Total	0,75	0,75
--------------	-------------	-------------

Fonte: Adaptado de Maynard; Cruz; Gomes (2017).

Foi determinada a média entre a capacidade legal (0,63) e institucional (0,75), resultando no valor 0,69, gerando a pontuação 0,5, classificando o primeiro intervalo temporal (2010 – 2015) como regular. Entre os anos de 2015 a 2020 a CL (0,83) foi fortalecida com o Enquadramento dos Corpos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe, da qual o Poxim é afluente. A CI (0,75) se manteve, sendo a média total de 0,79, qualificando a situação da bacia como boa.

O indicador Resposta é determinado pela evolução nos investimentos realizados na Gestão Integrada dos Recursos Hídricos na bacia. Para obter esse resultado foram analisados os montantes aplicados em água/esgoto, pelas empresas de saneamento responsáveis, nas cidades inseridas no recorte espacial da pesquisa (Tabela 9), e investimentos direcionados aos recursos hídricos que incluíam a UP em questão (Tabela 10). Os valores contabilizados foram ponderados pela área da bacia, estimando assim o valor direcionado para o Poxim.

Tabela 9: Investimentos realizados pelas empresas de saneamento para cada ano avaliado.

Investimentos			
Região	Recursos		
	2010	2015	2020
Aracaju	R\$ 100.031.453,00	R\$ 88.943.875,20	R\$58.871.375,30
Areia Branca			R\$ 7.743.828,73
Itaporanga D'Ajuda	R\$ 204.924,24		R\$ 2.361.047,59
Laranjeiras	R\$ 19.807,30		
Nossa Senhora do Socorro	R\$ 3.684.275,05	R\$ 1.509,26	R\$ 7.924.646,65
São Cristóvão		R\$ 147.529,39	

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 10: Demais investimentos que destinaram valores a bacia hidrográfica do rio Poxim.

Investimentos em bacias			Valor destinado ao Poxim
Planos	Valores	Bacias Hidrográficas abrangidas	
Plano das Bacias (2013)	R\$1.254.900,00	Sergipe, Japarutuba e Piauí	R\$ 47.239,24
Programa Águas SE (até 2015)	R\$101.964.103,30	Sergipe	R\$ 9.686.065,09
Programa Águas SE (até 2020)	R\$207.787.573,00	Sergipe	R\$ 19.738.750,12
Qualiágua (2016)	R\$ 704.000,00	Todas as bacias do estado	R\$ 11.199,62
Progestão (até 2015)	R\$ 2.248.125,00	Todas as bacias do estado	R\$ 35.764,40

Progestão (até 2020)	R\$ 2.291.680,00	Todas as bacias do estado	R\$ 36.457,30
Procomitê (2017)	R\$ 900.000,00	Sergipe, Japaratuba e Piauí	R\$ 33.879,45
Plano estad. de Recur. (2010)	R\$ 1.179.462,35	Todas as bacias do estado	R\$ 18.763,53

Fonte: Elaborado pela autora.

O investimento total em GIRH na bacia Hidrográfica do rio Poxim em 2010 foi de R\$ 103.959.223,12, em 2015 foi R\$ 98.901.982,58 e em 2020 o aporte financeiro observado foi de R\$ 96.721.184,75. Verificou-se um decréscimo gradual, ao longo dos 10 anos, na quantia direcionada para essa demanda.

Para o primeiro período pesquisado (2010 – 2015) a variação foi de -4,86%, já para o segundo (2015 – 2020) foi -2,21%, atribuindo para ambos os quinquênios a pontuação 0,25, classificando a evolução nos gastos com GIRH na bacia como insatisfatória.

O resultado encontrado para esse indicador demonstra que os investimentos realizados não estão sendo suficientes para garantir a manutenção sustentável da bacia. Muitos projetos voltados para o GIRH incluíam a unidade de planejamento, no entanto, quando observado individualmente fica claro que o valor direcionado para o Poxim é bem reduzido, quando comparado ao investimento total no programa ou plano aplicado. É importante dar destaque para o Programa Águas de Sergipe, que realizou grandes investimentos voltados para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, não só na bacia do rio Poxim como na bacia do rio Sergipe como um todo.

3.5 Análise do WSI

A partir dos resultados para os indicadores Hidrológicos (H), Ambientais (E), Sociais (L) e Políticos (P), calculou-se o WSI para medir a sustentabilidade hídrica na bacia hidrográfica do rio Poxim. As Tabelas 11 e 12 a seguir integram os indicadores que compõem as dimensões da sustentabilidade trabalhadas, em suas respectivas categorias na matriz causa-efeito (Pressão-Estado-Resposta), o nível, a pontuação de cada um deles e o WSI global para cada período analisado

Tabela 11: Matriz de composição do WSI para o intervalo temporal de 2010 a 2015.

Indicadores		Pressão			Estado			Resposta			Resultado Final	
		Parâmetro	Nível	Pontuação	Parâmetro	Nível	Pontuação	Parâmetro	Nível	Pontuação	Dimensões	
Hidrológico	Quantidade	Varição na disponibilidade de água per capita na bacia no período	-19,32%	0,25	Disponibilidade per capita de água na bacia (Wa) em m³/hab/ano	431,57m³/hab/ano.	0	Melhorias na eficiência do uso da água	Muito pobre	0	0,25	0,25
	Qualidade	Varição do DBO ₅ da bacia no período (média)	38,82%	0	Média do DBO ₅ da bacia, em mg/L	16,01 mg/L	0	Melhorias no tratamento de esgoto	Pobre	0,25	0,25	
Ambiental		EPI da bacia no período	2,81%	0,75	% da bacia com vegetação natural	36,61%	0,75	Evolução áreas de conservação na bacia (Áreas Protegidas e Boas Práticas de Manejo, BMPs)	0	0,5	0,67	
Social		Varição no IDHM-renda na bacia	0,98%	0,75	IDHM da bacia ponderado pela população	0,77	0,75	Varição do IDHM da bacia	4,66%	0,5	0,67	
Político		Varição do IDHM-educ. no período	12,82%	1	Capacidade legal e institucional em termos de Gestão Integrada da Bacia	Regular	0,5	Evolução dos gastos da gestão integrada dos recursos hídricos (GIRH)	-4,86%	0,25	0,58	
Índice de Sustentabilidade Ambiental do Rio Poxim-WSI Global 2010-2015											0,54	

Fonte: Elaborado pela autora

O WSI global da UP Poxim entre os anos de 2010 – 2015 foi **0,54**, que segundo a classificação de Chaves e Alipaz (2007) indica nível intermediário de sustentabilidade ($0,5 \leq \text{WSI} \leq 0,8$). Os indicadores Hidrológicos apresentaram os piores desempenhos nos três períodos analisados, evidenciando problemas como: estresse hídrico, baixa qualidade da água e deficiência nos serviços de abastecimento e saneamento.

Os indicadores de Pressão e Estado ambientais receberam boa pontuações, expressando que mesmo com as modificações do ambiente, ainda existe uma certa estabilidade entre os espaços urbanos, rurais e florestais. Quanto ao indicador de Resposta, no primeiro período apresentou uma pontuação regular por ainda possuir uma baixa adesão as normas do SNUC.

Os indicadores sociais apresentaram um bom desempenho no WSI, nesse primeiro quinquênio estudado. O IDHM-renda e o IDHM médio atual (2015), podem inferir um avanço na qualidade de vida da comunidade presente na UP. Esses resultados estão associados principalmente a presença da Capital Sergipana, que apresenta os parâmetros citados acima da média estadual, sendo a única cidade da bacia com IDHM alto.

Em relação à dimensão política, percebe-se que o maior limitador da sustentabilidade é o indicador de Resposta, expressando a insuficiência nos investimentos na Gestão Integrada dos Recursos Hídricos aplicados na bacia.

Tabela 12: Matriz de composição do WSI para o intervalo temporal de 2015 a 2020.

Indicadores		Pressão			Estado			Resposta			Resultado Final	
		Parâmetro	Nível	Pontuação	Parâmetro	Nível	Pontuação	Parâmetro	Nível	Pontuação	Dimensões	
Hidrológico	Quantidade	Varição na disponibilidade de água per capita na bacia no período	-3,14%	0,5	Disponibilidade per capita de água na bacia (Wa) em m³/hab/ano	417,99 m³/hab/ano	0	Melhorias na eficiência do uso da água	Muito Pobre	0	0,5	1,13
	Qualidade	Varição do DBO ₅ da bacia no período (média)	-74,14%	1	Média do DBO ₅ da bacia, em mg/L	4,14 mg/L	0,5	Melhorias no tratamento de esgoto	Pobre	0,25	1,75	
Ambiental		EPI da bacia no período	4,03%	0,75	% da bacia com vegetação natural	36,60%	0,75	Evolução áreas de conservação na bacia (Áreas Protegidas e Boas Práticas de Manejo, BMPs)	55,66%	1	0,83	
Social		Varição no IDHM-renda na bacia	0,81%	0,75	IDHM da bacia ponderado pela população	0,79	0,75	Varição do IDHM da bacia	3,43%	0,5	0,67	
Político		Varição do IDHM-educ. no período	7,53%	0,75	Capacidade legal e institucional em termos de Gestão Integrada da Bacia	Boa	0,75	Evolução dos gastos da gestão integrada dos recursos hídricos (GIRH)	-2,21%	0,25	0,58	
Índice de Sustentabilidade Ambiental do Rio Poxim-WSI Global 2015-2020											0,80	

Fonte :Elaborado pela autora

Para o período de 2015-2020, o WSI global foi de **0,80**, mantendo o nível intermediário de sustentabilidade ($0,5 \leq \text{WSI} \leq 0,8$). A dimensão hidrológica permaneceu com os piores resultados, no entanto, apresentou melhores em relação ao primeiro período (2010-2015), principalmente no que se refere ao subindicador de pressão de qualidade da água, que indicou uma melhora significativa no bem hídrico, pelo menos no que se refere ao Reservatório Sindicalista Jaime Ubelino, peça chave no abastecimento estadual.

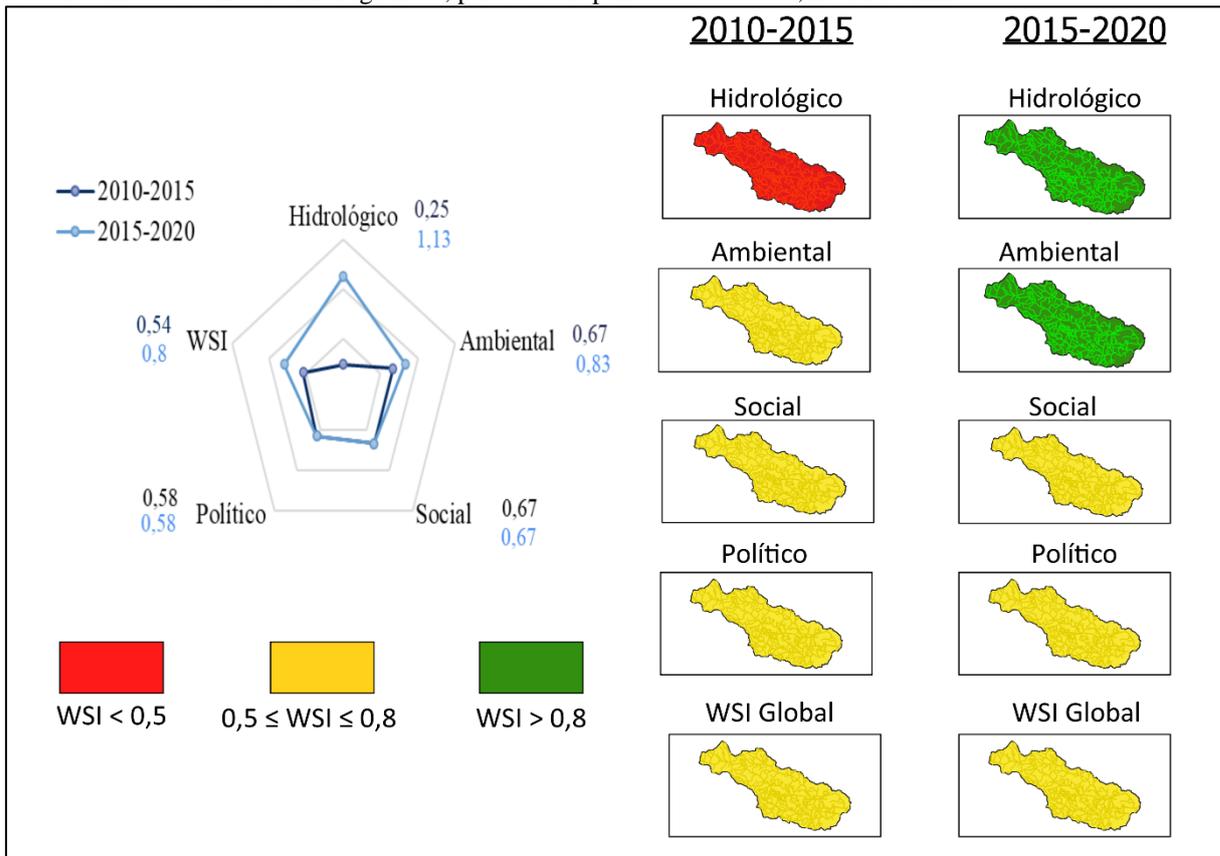
A dimensão ambiental manteve a mesma pontuação para os indicadores de Pressão e Estado, contudo, o de Resposta expressou uma grande melhoria na evolução das áreas protegidas na bacia (UCs + BMPs), isso se deve a implementação dos instrumentos de gestão no PNSI e a criação do Parque Natural Municipal do Poxim, o que aumentou as áreas protegidas dentro da UP.

A dimensão social obteve resultados próximos ao período anteriormente estudado, prosseguindo com a mesma pontuação do primeiro recorte temporal. Esse resultado pode indicar uma estagnação do desenvolvimento humano nessa região, que inclusive, pode ter sido influenciado por fatores como a pandemia de Covid-19.

Quanto a dimensão política, foi possível observar que o indicador de Pressão apresentou uma variação menos expressiva do IDHM-Educ. comparado ao período anterior. O indicador de Estado aponta um fortalecimento na Capacidade Legal e Institucional em termos de GIRH, no estado de Sergipe, ainda assim, a falta de investimentos adequados, voltados para esse objetivo dentro da UP, não permitiram que a bacia do Poxim avançasse nesse quesito.

Ao analisar o Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas para os dois períodos avaliados (Figura 12), percebe-se que ao longo dos 10 anos o WSI apresentou uma significativa evolução, mas se manteve no nível intermediário de sustentabilidade. Foi possível observar que o principal limitante na sustentabilidade, no caso do Poxim, é o fator hidrológico, tanto no quesito quantidade como qualidade os resultados são preocupantes, corroborando com diversos estudos realizados na unidade hídrica (AGUIAR NETTO *et al.*, 2007; BRITTO *et al.*, 2012; JUNIOR *et al.*, 2019; SANTOS; SOUZA, 2020; SILVEIRA; GARCIA; COSTA, 2021; VASCO *et al.*, 2011), elegendo essa dimensão como prioritária em ações que visem melhorar a sustentabilidade da UP.

Figura 12: Resultados encontrados para cada dimensão da sustentabilidade e o valor global do Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas, para os dois períodos estudados, na UP Poxim.



Fonte: Elaborado pela autora.

Assim como os indicadores hidrológicos, a Evolução dos Gastos em Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (GIRH) se expressou como um déficit persistente ao longo dos 10 anos. Esses resultados estão possivelmente relacionados ao baixo aporte de aplicações orçamentárias, dificultando a manutenção e a gestão adequada dos corpos hídricos.

O WSI já foi aplicado nacional e internacionalmente. Chaves (2009) analisou quatro bacias hidrográficas sul-americanas as quais a sustentabilidade variou entre o nível baixo para o rio Antaquera 0,47 (Bolívia) e intermediário para o Canal do Panamá 0,75 (Panamá), rio S. F. Verdadeiro 0,65 (Paraná-Brasil); Ribeirão Pipiripau 0,60 (Distrito Federal -Brasil). Maynard, Cruz e Gomes (2017) encontraram um WSI de 0,66 para o rio Japarutuba (Sergipe-Brasil). Elfithri1 *et al.* (2018) aplicou essa metodologia na bacia do rio Langat na Malásia, verificando um nível intermediário de sustentabilidade (0,68). Mititelu-Ionuÿ (2017) analisou a bacia do rio Motru, na Romênia, em dois recortes temporais, captando a evolução da sustentabilidade da bacia, saindo do nível baixo (0,36) para o intermediário (0,68). Brachi (2022) também mensurou o nível de sustentabilidade das bacias Piracicaba, Capivari e Jundiá ao longo de dois quinquênios, encontrando

resultados intermediários para ambos respectivamente 0,58 e 0,63. Observa-se que boa parte das bacias se encontram em um nível intermediário de sustentabilidade. Comparadas com outras bacias que aplicaram o WSI, expressas na literatura, a bacia hidrográfica do rio Poxim, preconiza que a situação está regular no quesito sustentabilidade.

3.6 Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas (WSI) como instrumento de apoio a gestão dos recursos hídricos

Alguns pesquisadores sugerem o uso do índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas como instrumento de apoio nos processos políticos e decisórios (CHAVES, 2009; CHAVES; ALIPAZ, 2007; COSTA E SILVA *et al.*, 2020; MAYNARD; CRUZ; GOMES, 2017; SILVA *et al.*, 2021; SOUZA; PAULA, 2019).

Essa metodologia se destaca por analisar os avanços e retrocessos no quesito sustentabilidade, não apenas na perspectiva hidrológica como também em outras dimensões que influenciam diretamente na qualidade desse recurso. Entre as vantagens da aplicação deste índice estão a fácil compreensão entre diversos públicos, pois os indicadores utilizados são amplamente conhecidos e possibilitam captar as mudanças a longo prazo, inclusive compreendendo como as alterações na gestão também impactam o bem-estar de uma bacia hidrográfica. Dessa maneira, o WSI consegue expressar objetivamente as inter-relações complexas que ocorrem em uma unidade de planejamento.

Assim como outras pesquisas que utilizaram o WSI para realizar um diagnóstico da qualidade da bacia, os resultados aqui encontrados foram significativos e aderentes a estudos realizados no rio Poxim, que descreviam a sua situação em diferentes recortes temporais, conseguindo expressar com fidelidade a situação da bacia (SERGIPE, 2019; SOUZA *et al.*, 2020; VASCO; WANDERLEY; SILVA, 2014). O WSI retrata problemas históricos para a sustentabilidade na unidade de planejamento Poxim, como: escassez hídrica, má qualidade da água, falta de estrutura planejada de abastecimento e saneamento, e investimento significativo em gestão integrada dos recursos hídricos.

Apesar de ser uma ferramenta capaz de auxiliar na gestão de águas, o WSI apresenta problemas típicos relacionados à agregação de medidas simplificadas, como médias aritméticas, podendo não descrever com precisão a situação do local analisado (CHOUINARD, 2018). Schimidt (2020) frisa que o indicador de quantidade hidrológica

(Resposta) mensura apenas as perdas no abastecimento urbano, não considerando os déficits na irrigação, o que poderia ocasionar resultados ainda piores para esse indicador.

A atribuição do mesmo peso para todas as dimensões também é motivo de questionamento, subentendendo-se que o índice se baseia no conceito de sustentabilidade fraca (BRANCHI, 2022), ao mesmo tempo em que também é utilizado o argumento que a ponderação pode tendenciar os resultados. Outro desafio em relação ao WSI é o caráter abstrato de alguns indicadores como, por exemplo, os de Resposta hidrológicos e o de Estado político, que não esclarecem qual metodologia deve ser empregada, ao mesmo tempo que não é especificado o que deve ser feito quando as informações para algum indicador estiverem indisponíveis.

No caso do rio Poxim, em particular, dois pontos foram percebidos. O primeiro foi na dimensão hidrológica, que recebeu uma alta pontuação no segundo recorte temporal devido ao indicador de Pressão de qualidade da água (1,00), que verificou uma grande variação na quantidade de DBO₅, no entanto, isso não significa que esse recurso esteja dentro dos padrões adequados de qualidade de água.

O segundo foi o indicador de Estado político que aumentou sua pontuação ao longo dos dois anos analisados (0,5 para 0,75), inferindo que a bacia se fortaleceu no quesito Capacidade Legal e Institucional de GIRH. Porém, o trabalho de Santos *et al.* (2015) sinaliza a ineficiência do Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Sergipe (CBHSE), tido como “Parlamento das Águas”, em diversos aspectos como baixa frequência de reuniões, insucesso em resolver conflitos pelo uso da água e principalmente a fraca participação popular, a qual é um dos princípios da gestão integrada dos recursos hídricos. Nesse contexto, supõe-se que os resultados encontrados para esse indicador podem ter sido mascarados na metodologia proposta por Maynard; Cruz; Gomes (2017), pois essa considera apenas a presença ou ausência uma determinada instituição. Schimidt (2020) propõe complementar o indicador incorporando uma análise de participação popular por meio do número de participantes nas reuniões e verificação de atas, tentando assim mensurar a participação dos *stakeholders*, o que pode gerar resultados mais alinhados com a realidade.

Todavia, é consenso entre as pesquisas com o WSI, que o maior desafio para a aplicação do índice está ligado a dificuldade na obtenção de dados. Na grande maioria dos casos, as informações são de difícil acesso, com limitações em relação à localização e ao recorte temporal. Esse entrave foi uma realidade durante a construção dessa pesquisa.

A obstrução na aquisição de dados prejudica o diagnóstico da bacia e, conseqüentemente, ações e políticas públicas direcionadas para as respectivas demandas.

É importante para a compreensão adequada do Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas global que ele venha acompanhado dos resultados encontrados para cada indicador. Desse modo, torna-se possível reconhecer as possibilidades e limitações para a sustentabilidade na unidade de planejamento, respeitando assim suas particularidades e expressando os principais focos de ações governamentais.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas (WSI) na unidade de planejamento Poxim verificou que ambos os quinquênios analisados (2010 – 2015) e (2015-2020) estavam dentro nível intermediário de sustentabilidade, 0,54 e 0,80 respectivamente, ainda assim, foi possível captar variações e padrões que influenciaram na sustentabilidade da bacia ao longo desses 10 anos.

Observou-se que a dimensão hidrológica é historicamente a principal limitante da sustentabilidade no Poxim, seguido pela insuficiência de investimento em GIRH. Por meio da perceptiva temporal que integra o índice, foi possível verificar que não ocorreu alterações significativas nos indicadores relacionados ao desenvolvimento humano, podendo indicar uma estagnação em aspectos relacionados a qualidade de vida da população ali presente. Os indicadores ambientais se mantiveram estáveis para ambos os anos, com exceção do indicador de Resposta, que apresentou um avanço expressivo nas áreas de conservação e boas práticas de manejo. No quesito arcabouço político o estado de Sergipe possui uma forte legislação relacionada a gestão de águas, podendo assim beneficiar a unidade de planejamento, no entanto, a presença ou ausência de leis e instituições não garantem a gestão adequada dos recursos hídricos, o que pode ser percebido no caso do Poxim.

Visando o bem-estar do Poxim, é essencial que ocorra investimentos no monitoramento quali-quantitativo dos recursos hídricos para prever possíveis eventos extremos na bacia, já que essa apresenta uma baixa disponibilidade hídrica e má qualidade da água. É preciso investir em ações com enfoque na conservação e preservação dos diversos ecossistemas que compõem a bacia, que são de suma importância para a conservação de biomas em risco, como no caso a Mata Atlântica.

A metodologia utilizada pelo WSI permitiu que ocorresse uma avaliação integrada de indicadores hidrológicos, ambientais, sociais e políticos, expressando a interconexão entre as dimensões da sustentabilidade e direcionando os pontos que precisam ser melhorados. É inegável que o índice pode auxiliar em diagnósticos ambientais, identificando problemas atuais e orientando ações futuras, com potencial para ser utilizado como ferramenta de apoio nos processos decisórios. Mas para que se obtenha melhores resultados é importante que o acesso a dados, principalmente aqueles georreferenciados, estejam amplamente disponíveis, não só para estudos científicos como para a sociedade civil e demais interessados, assim como preconiza a Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, pois a falta de informação dificulta não só a aplicação do WSI como a gestão dos recursos hídricos como um todo.

5. REFERÊNCIAS

ABREU, A. F. A. de; NASCIMENTO, B. O.; FAUSTINO, B. P.; FREITAS, G. O. PNUMA e suas limitações para a governança ambiental internacional. **Fronteira: revista de iniciação científica em Relações Internacionais**, v. 11, n. 22, p. 141–169, 2012. .

ACSELRAD, H. Discursos da sustentabilidade urbana. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, n. 1, p. 79–90, maio 1999.

AFONSO, C. M. **Sustentabilidade: caminho ou utopia?** 2ª ed. revisada e atualizada. São Paulo, SP, Brasil: Annablume, 2016(Coleção Cidadania e meio ambiente).

AGUIAR NETTO, A. D. O.; COSTA, P. R. S. M.; MENEZES NETTO, E. L.; COSTA, A. M. O que existe para além das águas do Poxim? Uma reflexão socioeconômica. *In*: VASCO, A. N. do; WANDERLEY, L. de L.; SILVA, M. G. (orgs.). **Rio Poxim [recurso eletrônico]: o rural, o urbano e o ambiental na bacia hidrográfica**. Aracaju-SE: IFS, 2014. p. 292.

AGUIAR NETTO, A. D. O.; FERREIRA, R. A.; ALVES, J. do P. H.; GRACIA, C. A. B.; COSTA, A. M. C.; MOREIRA, F. D.; MACÊDO, L. C.; NASCIMENTO, N. S. do. Cenário dos corpos d'água na sub-bacia hidrográfica do rio Poxim – Sergipe, na zona urbana, e suas relações ambientais e antrópicas. *In*: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2007. São Paulo, SP: [s. n.], 2007. p. 19.

AGUIAR NETTO, A. D. O.; GARCIA, C.; COSTA, A. M.; ALVES, J. do P. H.; MOREIRA, F. D.; BEZERRA, D. S.; MACEDO, L. C.; FERREIRA, R. A.; SANTOS, B. L.; SANTOS, T. I. S. **Diagnóstico e avaliação da sub-bacia hidrográfica do rio Poxim**, n. 1. Aracaju - Sergipe: Universidade Federal de Sergipe - Pró-Reitoria de Extensão e Assuntos Comunitários, mar. 2006.

AITH, F. M. A.; ROTHBARTH, R. O estatuto jurídico das águas no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 29, p. 163–177, ago. 2015. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142015000200011>.

ALEIXO, B.; REZENDE, S.; PENA, J. L.; ZAPATA, G.; HELLER, L. Direito humano em perspectiva: desigualdades no acesso à água em uma comunidade rural do Nordeste brasileiro. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, p. 63–84, mar. 2016.

ALMEIDA, C. M. dos S. Acesso e gestão de águas no Brasil. **Revista Trabalho, Política e Sociedade**, v. 2, n. 2, p. 101–118, 2017. <https://doi.org/10.29404/rtps-v2i2.3258>.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Fortalecimento dos entes do SINGREH. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/fortalecimento-dos-entes-do-singreh/fortalecimento-dos-entes-do-SINGREH>. Acesso em: 22 abr. 2023a.

ANA, - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Hidroweb: Sistemas de informações hidrológicas. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>. Acesso em: 13 jun. 2023b.

ANTUNES, P. B. **Direito ambiental**. 16ª ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2014.

ARAÚJO, S. C.; SILVA FILHO, J. A.; SILVA, G. M. S.; CABRAL FILHA, M. C. S.; NOGUEIRA, V. F. B. Distribuição espacial de indicadores operacionais de serviço de abastecimento de água no nordeste brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 1, p. 20, 27 set. 2016. <https://doi.org/10.18378/rvads.v11i1.4470>.

ARFEU, A.; FRANÇA, C. V. F. D.; NASCIMENTO, P. S. D. R. Análise preliminar da conservação das nascentes e das margens do rio Poxim-Mirim no estado de Sergipe. *In: XIII ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SERGIPE (VIRTUAL)*, 22 mar. 2021. Sergipe: 22 mar. 2021.

BARBOSA, A. M. F.; OLIVEIRA, A. R. de; SILVA, L. C. S.; SOUZA, R. M. e; SANTOS, S. S. C. dos. Bacias hidrográficas e os conflitos pelos usos das águas no estado de Sergipe. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie / Revista franco-brasileira de geografia**, n. 40, 14 maio 2019. DOI 10.4000/confins.20493. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/20493#tocto2n5>. Acesso em: 29 set. 2021.

BARBOSA, G. S. O desafio do desenvolvimento sustentável. **Revista Visões**, 4. v. 4, n. 4, 2008.

BARBOSA, M. V. G.; MELO, D. S. de; DUTRA, M. T. D.; VALENÇA, M. M. Agenda 2030 e o desenvolvimento sustentável: educação ambiental críticodialógica com a oficina conhecendo os 17 ODS. *In: SILVA, M. E. D. O Meio Ambiente e a Interface dos Sistemas Social e Natural*. 1ª ed.: Atena Editora, 2020. p. 184–192. DOI 10.22533/at.ed.68520100814. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/post-ebook/3378>. Acesso em: 23 mar. 2022.

BARRETO, M. M. **Indicadores de Sustentabilidade Ambiental e sua aplicação aos rios urbanos de Salvador, Bahia**. 2017. 187 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento) – Universidade Federal da Bahia, Salvador- BA, 2017.

BARROS, J. D. D. S.; SILVA, M. D. F. P. D. Aspectos teóricos da sustentabilidade e seus indicadores. **POLÊMICA**, v. 11, n. 1, p. 104–112, 10 abr. 2012. <https://doi.org/10.12957/polemica.2012.2995>.

BENJAMIN, A. H. de V. e. Introdução ao direito ambiental brasileiro. **Revista de Direito Ambiental**, v. 4, n. 14, p. 48–82, 1999.

BEZERRA NETO, J. A.; SILVA, N. P. C. da; NASCIMENTO, P. S. de R. Análise e mapeamento de regiões de despejo de efluentes no rio Poxim por métodos de geoprocessamento na capital sergipana. *In: ZUFFO, A. M. Engenharia Sanitária e Ambiental: Tecnologias para a Sustentabilidade 2*. 1ª ed.: Atena Editora, 2019. v. 2, p. 53–60. DOI 10.22533/at.ed.5001911047. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/wp-content/uploads/2019/04/E-book-Engenharia-Sanitária-e-Ambiental-2-1.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2022.

BOFF, L. **Sustentabilidade: O que é - O que não é**. petrópolis-RJ: Vozes, 2012.

BORGES, E. B. Evolução Histórica da Proteção Legal dos Recursos Hídricos Conteúdo Jurídico. **Conteúdo Jurídico**, 17 nov. 2014. Disponível em: <https://conteudojuridico.com.br/consulta/Artigos/41654/evolucao-historica-da-protacao-legal-dos-recursos-hidricos>. Acesso em: 12 mar. 2023.

BRAGA, B. P. F.; FLECHA, R.; PENA, D. S.; KELMAN, J. Pacto federativo e gestão de águas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 17–42, 1 jan. 2008.

BRANCHI, B. A. Sustentabilidade de bacias hidrográficas e índices compostos: aplicação e desafios. **Sociedade & Natureza**, v. 34, p. e63868, 18 jul. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/SN-v34-2022-63868>.

BRASIL. Decreto Nº 9.660, de 1º de janeiro de 2019. Dispõe sobre a vinculação das entidades da administração pública federal indireta. 2019a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9660.htm. Acesso em: 18 abr. 2023.

BRASIL. Decreto Nº 10.000, de 3 de setembro de 2019. Dispõe sobre o Conselho Nacional de Recursos Hídricos. 2019b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D10000.htm. Acesso em: 17 abr. 2023.

BRASIL. **Legislação de direito ambiental**. São Paulo: Saraiva, 2015.

BRASIL. 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 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei Nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. 8 jan. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 2 dez. 2021.

BRASIL. Lei Nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA. 2000. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9984.htm. Acesso em: 13 jun. 2023.

BRASIL. Lei Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm. Acesso em: 13 jun. 2023.

BRASIL. Lei Nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/14026.htm. Acesso em: 20 abr. 2023.

BRASIL. Medida provisória Nº 1.154, de 1º de janeiro de 2023. Estabelece a organização básica dos órgãos da Presidência da República e dos Ministérios. 2023. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2023/Mpv/mpv1154.htm#art60. Acesso em: 20 abr. 2023.

BRASIL, [Constituição (1988)]. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 24 maio 2023.

BRASIL. Decreto Nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Código de Águas. p. nº 14738, 1934.

BRASIL. MDR - MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca->

hidrica/cnrh/cnrh/sistema-nacional-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos. Acesso em: 16 abr. 2023.

BRASIL, MCID - MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2010**. textos,tabelas. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2012. Disponível em: <http://antigo.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2010>.

BRASIL, MCID - MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2015**. tabelas. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2017.

BRASIL, MCID - MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2020**. tabelas. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2021.

BRASIL, MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA. SISTEMA FLORESTAL BRASILEIRO. **Inventário Florestal Nacional: Sergipe: principais resultados**. Brasília, DF: [s. n.], 2017.

BRASIL. MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA. **Plano nacional de recursos hídricos. Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil: volume 1**. [S. l.]: Ministério do Meio Ambiente, 2006. Disponível em: <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/3564>. Acesso em: 21 abr. 2023.

BRASIL. MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA. Unidades de Conservação Brasileiras. [s. d.]. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMDNmZTA5Y2ItNmFkMy00Njk2LWI4YjYtZDJINzFkOGM5NWQ4IiwidCI6IjJmE5LTNmOTMtNGJiMS05ODMwLTYzNDY3NTJmMDNINCIsImMiOiJF9>. Acesso em: 14 jun. 2023.

BRITTO, F. B.; VASCO, A. N. do; PEREIRA, A. P. S.; MÉLLO JÚNIOR, A. V.; NOGUEIRA, L. C. Herbicidas no alto rio Poxim, Sergipe e os riscos de contaminação dos recursos hídricos. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, p. 390–398, jun. 2012. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000200024>.

CARDOSO, A. S.; SANTOS JR, R. A. O. Indicadores de sustentabilidade e o ideário institucional: um exercício a partir dos ODM e ODS. **Ciência e Cultura**, v. 71, n. 1, p. 50–55, jan. 2019. <https://doi.org/10.21800/2317-66602019000100014>.

CARVALHO, A. T. F. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente**, v. 1, n. 42, p. 140–161, 2020.

CARVALHO, G. O. Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável: uma visão contemporânea. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 789, 4 abr. 2019. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v8e12019789-792>.

CARVALHO, P. G. M.; BARCELLOS, F. C. Mensurando a Sustentabilidade. In: Peter May. (Org.). **Economia do Meio ambiente - Teoria e Prática**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora Campus-Elsevier, v.1, 2010.

CASTRO, R. G. de; CARVALHO, J. A. L. de. Bacias hidrográficas urbanas: uma análise socioambiental da bacia hidrográfica urbana do Igarapé Xidarini Em Tefé-Am. **Revista Geonorte**, v. 9, n. 33, p. 246–250, 18 dez. 2018. <https://doi.org/10.21170/geonorte.2018.V.9.N.33.246.250>.

CATANO, N.; MARCHAND, M.; STALEY, S.; WANG, Y. **Development and validation of the Watershed Sustainability Index (WSI) for the watershed of the Reventazón River**. [S. l.]: Commission for the Preservation and Management of the Watershed of the Reventazón River – COMCURE, 2009.

CHAVES, H. M. L. Avaliação integrada da sustentabilidade de quatro bacias hidrográficas latinoamericanas. In: XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, a 26 de 2009. Campo Grande - MS: [s. n.], a 26 de 2009. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=10202>. Acesso em: 19 mar. 2022.

CHAVES, H. M. L.; ALIPAZ, S. An integrated indicator based on basin hydrology, environment, life, and policy: The Watershed Sustainability Index. **Water Resources Management**, v. 21, n. 5, p. 883–895, 23 abr. 2007. <https://doi.org/10.1007/s11269-006-9107-2>.

CHOUINARD, V. **San Francisquito Creek watershed sustainability analysis: a novel approach**. 2018. 94 f. Harvard University, 2018. Disponível em: http://capes.primo/primo-explore/fulldisplay/TN_cdi_harvard_dspace_oai_dash_harvard_edu_1_37945128/CAPES_V3. Acesso em: 22 fev. 2022.

CLARO, P. B. de O.; CLARO, D. P.; AMÂNCIO, R. Entendendo o conceito de sustentabilidade nas organizações. **Revista de Administração - RAUSP**, v. 43, n. 4, p. 289–300, 2008. .

CMMAD, C. M. de M. A. e D. **Nosso Futuro Comum**. Rio de Janeiro-RJ: Fundação Getulio Vargas, 1991.

COMETTI, J. L. S.; CABRAL, J. J. P. da S.; CONCEIÇÃO, T. M. da. Indicadores de pressão-estado-resposta para avaliação da conservação ambiental de riachos urbanos. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 6, p. 194–205, 5 nov. 2019. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.006.0017>.

CORTÉS, A. E.; OYARZÚN, R.; KRETSCHMER, N.; CHAVES, H.; SOTO, G.; SOTO, M.; AMÉZAGA, J.; OYARZÚN, J.; RÖTTING, T.; SEÑORET, M.; MATURANA, H. Application of the Watershed Sustainability Index to the Elqui river basin, North-Central Chile. **Obras y proyectos**, n. 12, p. 57–69, 2012. <https://doi.org/10.4067/S0718-28132012000200005>.

COSTA E SILVA, D. D.; CHAVES, H. M. L.; CURI, W. F.; BARACUHY, J. G. V.; CUNHA, T. P. S. Application of the watershed sustainability index in the Piranhas-Açu watershed. **Water Policy**, v. 22, n. 4, p. 622–640, 25 jun. 2020. <https://doi.org/10.2166/wp.2020.011>.

CRISPIM, D. L.; MACHADO, É. C. M.; FERNANDES, L. L.; ARAÚJO, L. M. de; PROGÊNIO, M. F. Análise da sustentabilidade hídrica de comunidades rurais do município de Pombal – PB. **Geografia Ensino & Pesquisa**, , p. e24–e24, 9 jul. 2020. <https://doi.org/10.5902/2236499439213>.

CUCIO, M.; ALBIACH BRANCO, E. As bases teóricas e evolução do conceito de governança das águas. *In: IV CONGRESSO MUNDIAL DA ÁGUA*. Porto de Galinhas-PE: 25 set. 2011.

DARONCO, G. C. Evolução histórica da legislação brasileira no tratamento dos recursos hídricos: das primeiras legislações até a Constituição Federal de 1988. *In: XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 17 nov. 2013. **Água, Desenvolvimento Econômico e Socioambiental** [...]. Bento Gonçalves - RS: [s. n.], p. 7, 17 nov. 2013.

DOS REIS SOUZA, M. R.; SANTOS, E.; SUZARTE, J. S.; DO CARMO, L. O.; SOARES, L. S.; SANTOS, L. G. G. V.; JÚNIOR, A. R. V.; KRAUSE, L. C.; FRENA, M.; DAMASCENO, F. C.; HUANG, Y.; DA ROSA ALEXANDRE, M. The impact of anthropogenic activity at the tropical Sergipe-Poxim estuarine system, Northeast Brazil: Fecal indicators. **Marine Pollution Bulletin**, v. 154, p. 111067, maio 2020. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111067>.

DUTRA, M. F. F.; FIRMO, R. G. da C.; MIRANDA, D. A. de. Proposição de plano de ações para redução de perdas de água tratada na rede do sistema de abastecimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH/MG). *In: 5º CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA PARA O MEIO AMBIENTE*. Bento Gonçalves – RS: 5 abr. 2016. p. 8.

EARTH CHARTER COMMISSION. **The earth charter**. Earth Charter International Secretaria, 2000. Disponível em: <http://www.environmentandsociety.org/node/2795>. Acesso em: 30 mar. 2022.

ELFITHRI, R.; MOKHTAR, M.; ABDULLAH, P.; TAHA, M.; TORIMAN, M.; YASIN, R.; YAAKUB, J.; KHIROTDIN, R.; AMIR SULTAN, M. M.; ISHAK, S. A.; RAMZAN, N. M.; KAMARUDIN, M. khairul amri; JUAHIR, H.; GHAZALI, A.; ISMAIL, A.; GASIM, M. Watershed Sustainability Index for Langat UNESCO HELP River Basin, Malaysia. **International Journal of Engineering and Technology(UAE)**, v. 7, p. 187–190, 25 jul. 2018. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.14.16882>.

ENVIRONMENT, U. N. Avanço na gestão integrada de recursos hídricos. **UNEP - UN Environment Programme**: 30 nov. 2017. Disponível em: <http://www.unep.org/pt-br/explorar-topicos/agua/o-que-fazemos/avanco-na-gestao-integrada-de-recursos-hidricos>. Acesso em: 19 mar. 2022.

FAN, Y.; QIAO, Q.; XIAN, C.; XIAO, Y.; FANG, L. A modified ecological footprint method to evaluate environmental impacts of industrial parks. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 125, p. 293–299, 1 out. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.07.003>.

FARIAS, M. C. V. **Sub-bacia hidrográfica do rio Poxim: Transformação da paisagem (1970-2010)**. 2011. 279 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2011.

FARIAS, M. C. V.; VASCONCELOS, C. A. Remanescentes da floresta atlântica na sub-bacia hidrográfica do rio Poxim (Sergipe). *In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL, 3., ENCONTRO NORDESTINO DE BIOGEOGRAFIA, 5, 2013. Anais eletrônicos* [...]. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba: [s. n.], 2013. <https://ri.ufs.br/handle/riufs/1795>. Acesso em: 20 maio 2023.

FERREIRA, M. I. P. **Água como fio condutor dos ODS: avaliando o bem-estar com um sistema holístico de indicadores de sustentabilidade aplicados à gestão de recursos hídricos**. Brasília-DF: Enap, 2022(Cadernos Enap, 110). Disponível em: <http://repositorio.enap.gov.br/jspui/handle/1/7249>. Acesso em: 13 jun. 2023.

FERREIRA, R. A.; AGUIAR NETTO, A. de O.; SANTOS, T. I. S.; SANTOS, B. L.; MATOS, E. L. de. Nascentes da sub-bacia hidrográfica do rio Poxim, estado de Sergipe: da degradação à restauração. **Revista Árvore**, v. 35, n. 2, p. 265–277, abr. 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000200011>.

FERREIRA, R. A.; SANTOS, T. I. S.; OLIVEIRA, D. G. Aspectos da vegetação ciliar do rio Poxim. In: VASCO, A. N. do; WANDERLEY, L. de L.; SILVA, M. G. (orgs.). **Rio Poxim [recurso eletrônico]: o rural, o urbano e o ambiental na bacia hidrográfica**. Aracaju-SE: IFS, p. 292, 2014.

FERREIRA, S. C. G.; DE LIMA, A. M. M.; CORRÊA, J. A. M. Indicators of hydrological sustainability, governance and water resource regulation in the Moju river basin (PA) – Eastern Amazonia. **Journal of Environmental Management**, v. 263, p. 110354, 1 jun. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110354>.

FONSECA, L. W. da. **Aplicação da ferramenta “barômetro da sustentabilidade” em estudos de bacias hidrográficas urbanas**. 2013. 157 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Cuiabá, 2013.

FONSECA, W. C.; TIBIRIÇÁ, C. E. J. de A. Avaliação da influência da estação de tratamento de efluente de Catanduva (SP) na qualidade da água do rio São Domingos. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 26, p. 181–191, 17 mar. 2021. <https://doi.org/10.1590/S1413-415220180157>.

FRANÇA, V. L. A. **Aracaju: estado e metropolização**. 1997. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro/ SP, 1997.

GANEM, R. S. Conservação da biodiversidade: De Estocolmo à Rio+20. **Cadernos Aslegis**, n. 45, p. 95–120, 2012. .

GARCIA, J.; MANTOVANI, P.; GOMES, R.; LONGO, R.; DEMANBORO, A.; BETTINE, S. D. Degradação ambiental e qualidade da água em nascentes de rios urbanos. **Sociedade & Natureza**, v. 30, p. 228–254, 1 jan. 2018. <https://doi.org/10.14393/SN-v30n1-2018-10->.

GARCIA JÚNIOR, L. T. **Política Nacional de Recursos Hídricos: metodologia para avaliação de sua implantação nos estados**. 2007. 159 f. Disertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GLEICK, P. H. Water in crisis: paths to sustainable water use. **Ecological applications**, v. 8, p. 571–579, 1998. .

GRANGEIRO, E. L. de A. **Análise das políticas de gestão urbana e de recursos hídricos à luz dos princípios de governança: bacia hidrográfica do Rio Paraíba e do município de Campina Grande no período de 1996 a 2018**. 2020. 178 f. Tese (Pós-

graduação em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, 2020.

GRANJA, S. I. B.; WARNER, J. A hidropolítica e o federalismo: possibilidades de construção da subsidiariedade na gestão das águas no Brasil? **Revista de Administração Pública**, v. 40, p. 1097–1121, dez. 2006. <https://doi.org/10.1590/S0034-76122006000600009>.

GUIMARÃES, R. P.; FEICHAS, S. A. Q. Desafios na construção de indicadores de sustentabilidade. **Ambiente & Sociedade**, v. 12, p. 307–323, dez. 2009. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2009000200007>.

GUIMARÃES, R. P.; FONTOURA, Y. S. dos R. da. Rio+20 ou Rio-20?: crônica de um fracasso anunciado. **Ambiente & Sociedade**, v. 15, p. 19–39, dez. 2012.

GURSKI, B.; GONZAGA, R.; TENDOLINI, P. Conferência de Estocolmo: um marco na questão ambiental. **Administração de Empresas em Revista**, v. 1, n. 7, p. 65–79, 2012.

HARDI, P.; ZDAN, T. **Avaliação do Desenvolvimento Sustentável: Princípios na Prática**. Canadá: International Institute for Sustainable Development, 2001. Disponível em: <https://www.iisd.org/publications/assessing-sustainable-development-principles-practice>. Acesso em: 6 maio 2022.

HENKES, S. L. Histórico legal e institucional dos recursos hídricos no Brasil. **Revista Jus Navigandi**, v. 8, n. 66, 2003. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/4146>. Acesso em: 20 fev. 2023.

HOLDEN, E.; LINNERUD, K.; BANISTER, D. The imperatives of sustainable development. **Sustainable Development**, v. 25, n. 3, p. 213–226, maio 2017. <https://doi.org/10.1002/sd.1647>.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015 (Estudos & pesquisas Informação geográfica. Informações Geográficas, 10).

IORIS, A. Desenvolvimento nacional e gestão de recursos hídricos no Brasil. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, n. 85, p. 23–41, 1 jun. 2009. <https://doi.org/10.4000/rccs.329>.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Objetivos de desenvolvimento do milênio: relatório nacional de acompanhamento**. Brasília-DF: Ipea: MP, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/3205>. Acesso em: 13 jun. 2023.

ISA - Instituto Socioambiental. Mapa | Unidades de Conservação no Brasil. [s. d.]. **Instituto Socioambiental**. Disponível em: <https://uc.socioambiental.org/pt-br/mapa>. Acesso em: 14 jun. 2023.

ISAIAS, F. B. **A Sustentabilidade da água: Proposta de um índice de sustentabilidade de bacias hidrográficas**. 2008. 168 f. Dissertação (mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

JESINGHAUS, J. Bellagio Principles for assessing sustainable development. In: MICHALOS, A. C. (org.). **Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research**.

Dordrecht: Springer Netherlands, 2014. p. 360–361. DOI 10.1007/978-94-007-0753-5_167. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-94-007-0753-5_167. Acesso em: 13 jun. 2023.

JESUS, E. N. de. **Avaliação dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim (Sergipe- Brasil) para fins de restauração ecológica**. 2013. 94 f. Dissertação (Mestrado em Agrossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2013.

JESUS, E. N. de; FERREIRA, R. A.; ARAGÃO, A. G.; SANTOS, T. I. S.; ROCHA, S. L. Estrutura dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE, como subsídio à restauração ecológica. **Revista Árvore**, v. 39, p. 467–474, jun. 2015. <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000300007>.

JUNIOR, J. C. R.; SANTOS, E. M. dos; MACHADO, E. N. F.; ROCHA, D. Estimativa da carga poluidora de efluentes domésticos na sub-bacia do rio Poxim na região do Rosa Elze em São Cristóvão/SE. In: XV ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SERGIPE – XV ENREHSE. Aracaju/SE: [s. n.], 18 mar. 2019.

JUWANA, I.; MUTTIL, N.; PERERA, B. J. C. Indicator-based water sustainability assessment — A review. **Science of The Total Environment**, v. 438, p. 357–371, nov. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.08.093>.

JUWANA, I.; PERERA, B. J. C.; MUTTIL, N. A water sustainability index for West Java – Part 2: refining the conceptual framework using Delphi technique. **Water Science and Technology**, v. 62, n. 7, p. 1641–1652, 1 out. 2010. <https://doi.org/10.2166/wst.2010.453>.

KEINER, M. Re-emphasizing sustainable development – the concept of ‘evolutionability’ on living chances, equity, and good heritage. **Environment, Development and Sustainability**, v. 6, n. 4, p. 379–392, 2004. .

KEMERICH, P. D. da C.; RITTER, L. G.; BORBA, W. F. de. Indicadores de sustentabilidade ambiental: métodos e aplicações. **Revista Monografias Ambientais**, v. 13, n. 4, p. 3718–3722, 26 nov. 2014. <https://doi.org/10.5902/2236130814411>.

KRONEMBERGER, D. M. P. Os desafios da construção dos indicadores ODS globais. **Ciência e Cultura**, v. 71, n. 1, p. 40–45, jan. 2019. <https://doi.org/10.21800/2317-66602019000100012>.

LAFER, C. O Significado da Rio-92 e os desafios da Rio+20. **Revista de Política Externa**, v. 1, n. 1, 2012. Disponível em: <http://ieei.unesp.br/portal/?p=2142>. Acesso em: 13 jun. 2023.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2003.

LEAL, A.; BORGES, J. P. R. O código civil de 1916: Tão liberal quanto lhe era permitido ser. **Revista Brasileira de História do Direito**, v. 3, n. 1, p. 16–35, 29 jan. 2018. <https://doi.org/10.26668/IndexLawJournals/2526-009X/2017.v3i1.1831>.

LIMA, M. H. R.; ALENCAR, N. R. O.; DÓRIA, J. R.; SILVA, E. L. da; MONTEIRO, A. S. C.; ALVES, J. do P. H. Características hidroquímicas da água da sub-bacia

hidrográfica do rio Poxim - Sergipe. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 89443–89455, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n11-389>.

LINHOSS, A.; JEFF BALLWEBER, J. D. Incorporating uncertainty and decision analysis into a Water-Sustainability Index. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 141, n. 12, p. A4015007, 1 dez. 2015. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000554](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000554).

LIRA, S. H. de; FRAXE, T. D. J. P. O percurso da sustentabilidade do desenvolvimento: aspectos históricos, políticos e sociais. **Revista Monografias Ambientais**, v. 13, n. 2, p. 3172–3182, 14 mar. 2014. <https://doi.org/10.5902/2236130812618>.

LOPES, W.; RODRIGUES, A.; FEITOSA, P.; COURA, M.; OLIVEIRA, R.; BARBOSA, D. Determinação de um índice de desempenho do serviço de esgotamento sanitário. Estudo de caso: cidade de Campina Grande, Paraíba. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 21, n. 1, p. 1–10, 25 fev. 2016. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v21n1.p1-10>.

LORENZETTI, J. V.; CARRION, R. M. Governança ambiental global: atores e cenários. **Cadernos EBAPE.BR**, v. 10, n. 3, p. 721–735, set. 2012. <https://doi.org/10.1590/S1679-39512012000300014>.

LOUCKS, D. P. Sustainable water resources management. **Water international**, v. 25, n. 1, p. 3–10, 2000. .

LUCAS JAQUIÊ RIBEIRO, L. C.; ANDRADE, J. G. P. D.; ZAMBON, A. G. Gestão de sistema de abastecimento de água através de ações para redução de perdas. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 8, n. 2, p. 155–166, 11 jan. 2017. <https://doi.org/10.6008/SPC2179-6858.2017.002.0013>.

MACÊDO, H. C. D.; TORRES, M. F. A. Utilização do modelo pressão-estado-resposta na avaliação de indicadores ambientais do município de Brejo da Madre de Deus - PE. **Revista de Geografia**, v. 35, n. 5, p. 224, 18 dez. 2018. <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2018.236676>.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomass - coleções versão [7.1] da série anual de mapas da cobertura e uso do solo do Brasil. [s. d.]. Disponível em: : <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org>. Acesso em: 22 fev. 2022.

MATOS, A. L.; SANTOS, A. G. C.; LIMA, J. F. S. Rio Poxim: história e vida. In: VASCO, A. N. do; WANDERLEY, L. de L.; SILVA, M. G. (orgs.). **Rio Poxim [recurso eletrônico]: o rural, o urbano e o ambiental na bacia hidrográfica**. Aracaju - Sergipe: IFS, p. 32–53, 2014.

MATSUURA, K. **A UNESCO e os desafios do novo século**. Brasília: UNESCO, 2002.

MAYNARD, I. F. N.; CRUZ, M. A. S.; GOMES, L. J. Aplicação de um índice de sustentabilidade na bacia hidrográfica do rio Japarutuba em Sergipe. **Ambiente & Sociedade**, v. 20, p. 201–220, jun. 2017. <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC0057R1V2022017>.

MAYS, L. W. **Water resources sustainability**. New York, USA: McGraw-Hill, 2007.

MEADOWS, D. H.; RANDERS, J.; MEADOWS, D. L. **The limits to growth: the 30-year update**. White River Junction, Vt: Chelsea Green Publishing Company, 2004.

MITITELU-IONUȘ, O. Watershed Sustainability Index development and application: Case study of the Motru River in Romania. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 26, n. 5, p. 2095–2105, 28 set. 2017. <https://doi.org/10.15244/pjoes/69935>.

MORAIS, M. C. D. R.; CARTAXO, E. F. Indicadores de Perdas no Sistema de Abastecimento de Água de Rio Branco-AC. *In*: XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. Macêio: [s. n.], 2011.

MOTA, J.; GAZONI, J.; REGANHAN, J.; SILVEIRA, M.; GOES, G. **Trajatória da governança ambiental**. Brasília-DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 1 jan. 2008.

NEVES, M. dos A.; ALVES, J. do P. H.; FONSECA, L. C.; MACEDO, L. C. B. Qualidade da água do reservatório Jaime Umbelino – barragem do Poxim/Sergipe. **Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente**, v. 5, n. 1, p. 81–94, 1 out. 2016. <https://doi.org/10.17564/2316-3798.2016v5n1p81-94>.

OBSERVATÓRIO DAS ÁGUAS. **A governança e a gestão das águas no Brasil - reflexões sobre o momento atual**. **Observatório das Águas**. 20 set. 2019. Disponível em: <https://observatoriodasaguas.org/a-governana-e-a-gesto-das-guas-no-brasil-reflexes-sobre-o-momento-atual/>. Acesso em: 17 abr. 2023.

OECD - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. A governança da água no Brasil: Em mudança constante. *In*: **OECD Governança dos Recursos Hídricos no Brasil**. OECD, p. 39–108, 2015. DOI 10.1787/9789264238169-6-pt. Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/governance/governanca-dos-recursos-hidricos-no-brasil/a-governanca-da-agua-no-brasil_9789264238169-6-pt. Acesso em: 8 mar. 2023.

OLIVEIRA, N. C. de; MOREIRA, P. G. O Brasil e as três conferências das Nações Unidas sobre meio ambiente. **História e Economia**, v. 9, n. 2, p. 99–116, 2011. .

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Agenda 21**. Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente e desenvolvimento, n. 56. Brasília-DF: Organização das Nações Unidas, 1995. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global.html>. Acesso em: 26 mar. 2022.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. Resolução aprovada pela Assembleia Geral em 25 de setembro de 2015, A/RES/70/1. New York: Assembleia Geral da ONU, 2015.

PAGNOCCHESECHI, B. Governabilidade e governança das águas no Brasil. *In*: MOURA, A. M. M. de M. (org.). **Governabilidade e governança das águas no Brasil**. Brasília: Ipea, 2016. p. 175–199. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9270>. Acesso em: 21 abr. 2023.

PATRIARCHA-GRACIOLLI, S. R. Acordos mundiais estabelecidos na Rio-92: uma reflexão do panorama atual. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 10, n. 3, p. 69–81, 5 out. 2015. <https://doi.org/10.34024/revbea.2015.v10.1885>.

PERTEL, M.; AZEVEDO, J. P. S. D.; VOLSCHAN JUNIOR, I. Uso de indicadores de perdas para seleção de um benchmarking entre as companhias estaduais de serviço de distribuição de água no Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 159–168, mar. 2016. <https://doi.org/10.1590/S1413-41520201600100120418>.

PIGA, T. R.; MANSANO, S. R. V. Sustentabilidade ambiental e história: uma análise crítica. **Perspectivas Contemporâneas**, v. 10, n. 2, p. 174–195, 8 set. 2015. .

PINTÉR, L.; HARDI, P.; MARTINUZZI, A.; HALL, J. Bellagio STAMP: Principles for sustainability assessment and measurement. **Ecological Indicators**, Indicators of environmental sustainability: From concept to applications. v. 17, p. 20–28, 1 jun. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.07.001>.

PLUMMER, R.; DE LOË, R.; ARMITAGE, D. A systematic review of water vulnerability assessment tools. **Water Resources Management**, v. 26, n. 15, p. 4327–4346, dez. 2012. <https://doi.org/10.1007/s11269-012-0147-5>.

PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. 2021. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/consulta/planilha>. Acesso em: 19 mar. 2022.

PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. Sobre o atlas. [s. d.]. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/acervo/atlas>. Acesso em: 28 abr. 2023.

POLICY RESEARCH INITIATIVE. **Canadian Water Sustainability Index (CWSI)**. Project Report. Canada: Government of Canada, 2007.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 43–60, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200004>.

PRECIADO-JIMÉNEZ, M.; APARICIO, J.; GÜITRÓN-DE-LOS-REYES, A.; HIDALGO-TOLEDO, J. A. Aplicación del índice de sustentabilidad WSI en la cuenca Lerma-Chapala. **Tecnología y ciencias del agua**, v. 4, n. 4, p. 93–113, 30 set. 2013. .

RABELO, J. P. M.; DINIZ, N. G.; SANTOS, J.; HAYASHI, C. A proteção dos recursos hídricos no ordenamento jurídico brasileiro. In: XXIV SBRH - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2021. Belo Horizonte - MG: [s. n.], 2021. p. 8.

RAMOS, G. M. de O. M. Evolução histórica da legislação brasileira sobre o uso da água. Brasília-DF, 8 ago. 2018. Disponível em: <https://conteudojuridico.com.br/consulta/Artigos/52115/evolucao-historica-da-legislacao-brasileira-sobre-o-uso-da-agua>. Acesso em: 26 fev. 2023.

RIBEIRO, C. R.; PIZZO, H. da S. Avaliação da sustentabilidade hídrica de Juiz de Fora/MG. **Mercator**, v. 10, n. 21, p. 171 a 188–171 188, 25 abr. 2011.

RIBEIRO, N. U. F.; BEGA, J. M. M.; ZAMBRANO, K. T.; AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P.; CARVALHO, S. L. de. Qualidade da água do rio Paraná em região de balneabilidade: discussão sobre os impactos potenciais do lançamento de efluentes provenientes de tratamento secundário. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 27, p. 445–455, 10 jun. 2022. <https://doi.org/10.1590/S1413-415220210126>.

RODRIGUES, L. M. D. N.; DE ANDRADE, R. P.; COTTA, A. J. B. Caracterização respirométrica da demanda bioquímica de oxigênio do sedimento (DBOS) e modelagem de seus impactos sobre a qualidade da água. **Revista Univap**, v. 22, n. 40, p. 772, 18 abr. 2017. <https://doi.org/10.18066/revistaunivap.v22i40.1570>.

ROMA, J. C. Os objetivos de desenvolvimento do milênio e sua transição para os objetivos de desenvolvimento sustentável. **Ciência e Cultura**, v. 71, n. 1, p. 33–39, jan. 2019. <https://doi.org/10.21800/2317-66602019000100011>.

ROSA, A. M. R.; GUARDA, V. L. de M. Gestão de recursos hídricos no Brasil: um histórico. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, v. 9, n. 2, 28 out. 2019. Disponível em: <http://www.uces.br/etc/revistas/index.php/direitoambiental/article/view/7886>. Acesso em: 11 mar. 2023.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

SACHS, I. **Estratégias de transição para o século XXI. Para pensar o desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Studio Nobei/FUNDAP, 1993.

SAMPAIO, R. J.; SANTOS, J. O.; BONFIM, D. A. Dimensões da sustentabilidade em bacias hidrográficas: Uma aplicação do “gráfico de radar” à bacia do Rio Verruga/BA. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 4, p. 336–350, 23 maio 2018. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.004.0027>.

SANTOS, L. V. A.; SOUZA, B. S. Diagnóstico ambiental e aplicação da análise de risco de um tributário do rio Poxim, Sergipe-Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e3299119926, 15 nov. 2020. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9926>.

SANTOS, R. C. L.; LIMA, Á. S.; CAVALCANTI, E. B.; MELO, C. M. de; MARQUES, M. N. Aplicação de índices para avaliação da qualidade da água da Bacia Costeira do Sapucaia em Sergipe. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, p. 33–46, 3 ago. 2017. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017159832>.

SANTOS, S.; PIZELLA, D.; SOUZA, M. Da experiência francesa em avaliação ambiental estratégica de SAGEs para os planos de bacia hidrográfica do Brasil. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 17, n. 1, p. 9–9, 9 jun. 2020. <https://doi.org/10.21168/rega.v17e9>.

SCANTIMBURGO, A. L. Políticas públicas e desenvolvimento sustentável: Os limites impostos pelo capitalismo no gerenciamento e preservação dos recursos hídricos no Brasil. **Revista Aurora**, v. 4, n. 1, 31 dez. 1969. DOI 10.36311/1982-8004.2010.v4n1.1245. Disponível em: <http://revistas.marilia.unesp.br/index.php/aurora/article/view/1245>. Acesso em: 16 set. 2021.

SCHNEIDER, E. H. M.; OLIVEIRA, I. C. S.; JESUS, C. N. A.; SILVA, S. S. D. M.; SANTOS, L. R. O.; SANTOS, E. S.; GOMES, L. J.; FACCIOLI, G. G.; COSTA, A. D. J. A (in)compatibilidade da qualidade da água com o uso requerido dos sistemas aquáticos: estudo de caso do baixo rio Poxim, Sergipe. In: XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. Foz do Iguaçu-PR: [s. n.], 24 nov. 2019. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=5150>. Acesso em: 29 set. 2022.

SENRA, J.; NASCIMENTO, N. Após 20 anos da lei das águas como anda a gestão integrada de recursos hídricos do Brasil, no âmbito das políticas e planos nacionais setoriais-. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 14, n. 1, p. 6–6, 3 ago. 2017. <https://doi.org/10.21168/reg.v14e6>.

SERGIPE. Lei Nº 3.870 de 25 de setembro de 1997. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e da outras providências. 1997.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH), Superintendência dos Recursos Hídricos (SRH) - **Elaboração dos planos das bacias hidrográficas dos rios Japarutuba, Piauí e Sergipe** – bacia hidrográfica do rio Sergipe. [s.l.]: Cohidro; Governo do Estado de Sergipe, 2015a. Disponível em: <<https://pbhse.files.wordpress.com/2015/10/resumo-executivo-bhsergipe1.pdf>> Acesso em: 18 maio 2023.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH), Superintendência dos Recursos Hídricos (SRH) - **Enquadramento dos corpos d'água da bacia hidrográfica do rio Sergipe**. Aracaju: SEMARH 2019. Disponível em: <https://sedurbi.se.gov.br/portalrecursoshidricos/#>. Acesso em: 19 maio 2023.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH), Superintendência dos Recursos Hídricos (SRH) - **Enquadramento dos corpos d'água da bacia hidrográfica do rio Sergipe**. Diagnóstico. Aracaju: SEMARH 2018. Disponível em: <https://sedurbi.se.gov.br/portalrecursoshidricos/#>. Acesso em: 19 maio 2023

SEDURBS - Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Sustentabilidade. Portal de Recursos Hídricos de Sergipe Gestão Participativa. Disponível em: <https://sedurbi.se.gov.br/portalrecursoshidricos/>. Acesso em: 14 jun. 2023a.

SEDURBS - Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Sustentabilidade. Portal de Recursos Hídricos de Sergipe. Instrumentos de Gestão. Disponível em: <https://sedurbi.se.gov.br/portalrecursoshidricos/>. Acesso em: 14 jun. 2023b.

SEDURBS - Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Sustentabilidade. Portal de Recursos Hídricos de Sergipe. Programas. Disponível em: <https://sedurbi.se.gov.br/portalrecursoshidricos/index.php>. Acesso em: 14 jun. 2023c.

SESSO, P. P.; ZAPPAROLI, I. D.; SESSO FILHO, U. A.; BRENE, P. R. A.; RANGEL, R. R. Análise espacial de perdas no sistema de distribuição de água dos municípios do estado do Paraná. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 7, p. 640–651, 10 ago. 2020. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.007.0050>.

SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMEIRO, A. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente & Sociedade**, v. 10, n. 2, p. 137–148, dez. 2007. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2007000200009>.

SIECIECHOWICZ, M. S. F.; GALLEGU, G.; GRISOTO, L. E. G.; PEREIRA, C. A. A. de O.; TOZZI, R. F.; COSTA, R. de O. L. da; POLIDORI, M. C. L.; ARAÚJO, R. M. de; MIRÓ, B. K. Aplicação de indicadores na avaliação e no monitoramento de planos de recursos hídricos. In: XVIII SBRH - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22 nov. 2009. Campo Grande - MS: [s. n.], 22 nov. 2009. p. 15.

SILVA, A. S.; BUSCHINELLI, C. C. A.; RODRIGUES, I. A.; MACHADO, R. **Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_ÁGUA): municípios da região do entorno do Rio Poxim, SE**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004.

SILVA, J. C. C. da; LIMA, A. M. M. de; HOLANDA, B. S. de; MOREIRA, F. da S. de A.; CAVALCANTE, J. da C. Índice de sustentabilidade nas sedes municipais da bacia hidrográfica do rio Marapanim (Pará/Brasil). **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 10, n. 1, p. 18300, 14 out. 2021. <https://doi.org/10.5585/geas.v10i1.18300>.

SILVA, M. J. A. da. A evolução legal e institucional na gestão dos recursos hídricos no Brasil. In: PEREZ FILHO, A.; AMORIM, R. R. (orgs.). **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**. [S. l.]: INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - UNICAMP, 2017. p. 146–157. DOI 10.20396/sbgfa.v1i2017.1786. Disponível em: <http://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/1786>. Acesso em: 13 jun. 2023.

SILVA, T. R. da; BARBOSA, B. B.; COELHO, C. J. da C. Avaliação da sustentabilidade hídrica quantitativa na porção hidrográfica da bacia do rio Parnaíba em Timon, Maranhão. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 4, p. 240, 12 dez. 2018. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v7e42018240-260>.

SILVA, Z. B. F. **Cenário atual da seção urbana do rio Poxim**. 2001. 85 f. Monografia de especialização (estão de Recursos Hídricos em Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2001.

SILVEIRA, H. T.; GARCIA, C. A. B.; COSTA, S. S. L. Avaliação da água da barragem Jaime Umbelino de Souza utilizando o Índice de Qualidade de Água. In: XIII ENREHSE - ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SERGIPE (VIRTUAL). Sergipe: [s. n.], 2021.

SOARES, J. A. **O Rio Poxim, processo urbano e meio ambiente**. 2001. 67 f. Monografia de especialização (Gestão de Recursos Hídricos em Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão - SE, 2001.

SOBREIRA, M. G. A.; FORTES, A. C. C. Utilizando dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS: um panorama dos índices de perdas na distribuição. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 7., 2016. Campina Grande/PB: [s. n.], 2016. v. 7, .

SOUSA, I. F. de; SANTANA, N. R. F. **Recorte do perfil climático de bacias hidrográficas do estado de Sergipe: Rio Sergipe, Rio Vaza Barris, Rio Japarutuba, Rio Real e Costeiras (Caueira-Abais e Sapucaia)**. [S. l.]: Editora Poisson, 2020. DOI 10.36229/978-65-5866-022-4. Disponível em: https://poisson.com.br/livros/individuais/Recorte_Climatico/Recorte_Climatico.pdf. Acesso em: 10 abr. 2022.

SOUZA, A. P.; PAULA, E. C. Aplicação do Índice De Sustentabilidade De Bacias Hidrográficas WSI na sub-bacia do Ribeirão Onça/MG. In: XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 24 nov. 2019. Foz do Iguaçu-PR: [s. n.], 24 nov. 2019. p. 10.

SOUZA, C. M. de M.; JUNIOR, O. M.; ROSA, C. C.; AGUIAR, P. D. de. Gestão das águas e governança: panorama da produção científica brasileira de 1999 a 2019. **Redes**, v. 25, n. 3, p. 1144–1163, 28 set. 2020. <https://doi.org/10.17058/redes.v25i3.15218>.

SOUZA, C. O.; TELES, D. S. da S. P.; FREITAS, J. C.; ROCHA, D.; TELES, G. dos S. Panorama do lançamento de efluentes domésticos na sub-bacia do rio Poxim. *In: XV SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE*. Caruaru, PE: [s. n.], 2020. p. 10.

SOUZA, M. C. da S. A. de; ARMADA, C. A. S. (Orgs.). Desenvolvimento sustentável e sustentabilidade: Evolução epistemológica na necessária diferenciação entre os conceitos. **SUSTENTABILIDADE [recurso eletrônico]: um olhar multidimensional e contemporâneo**. Itajaí: UNIVALI, p. 25–43, 2018.

SOUZA, L. A.; SOBREIRA, F. G.; PRADO FILHO, J. F. do. Cartografia e diagnóstico geoambiental aplicados ao ordenamento territorial do município de Mariana, MG. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 57, n. 3, p. 189–203, 2005. .

SOUZA, Q. dos S.; MACHADO, C. M. S.; MOURA, L. O. G.; LIMA, F. dos S. Análise de coliformes totais e termotolerantes-fecais em diferentes pontos da sub-bacia do rio Poxim-Sergipe, Brasil. **Agroforestalis News**, v. 2, n. 2, p. 1–10, 2017.

SULLIVAN, C.; MEIGH, J.; GIACOMELLO, A.; FEDIW, T.; LAWRENCE, P.; SAMAD, M.; MLOTE, S.; HUTTON, C.; ALLAN, J.; SCHULZE, R.; DLAMINI, D.; COSGROVE, W.; PRISCOLI, J.; GLEICK, P.; SMOUT, I.; COBBING, J.; CALOW, R.; HUNT, C.; HUSSAIN, A.; STEYL, I. The Water Poverty Index: development and application at the community scale. **Caroline A Sullivan**, v. 27, 1 ago. 2003. .

TARDELLI, J. Aspectos relevantes do controle de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água. **Revista DAE**, v. 64, n. 201, p. 6–20, 2015. <https://doi.org/10.4322/dae.2015.012>.

TAYRA, F.; RIBEIRO, H. Modelos de indicadores de sustentabilidade: síntese e avaliação crítica das principais experiências. **Saúde e Sociedade**, v. 15, n. 1, p. 84–95, abr. 2006. <https://doi.org/10.1590/S0104-12902006000100009>.

THATCHER, A. Theoretical definitions and models of sustainable development that apply to human factors and ergonomics. *In: 11TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON HUMAN FACTORS IN ORGANIZATIONAL DESIGN AND MANAGEMENT E 46TH ANNUAL NORDIC ERGONOMICS SOCIETY CONFERENCE*, 1 + 2, 19 ago. 2014. Copenhagen, Dinamarca: [s. n.], 19 ago. 2014. v. 1 + 2, .

TRINDADE, L. D. L.; SCHEIBE, L. F. Water management: constraints to and contributions of brazilian watershed management committees¹. **Ambiente & Sociedade**, v. 22, 26 ago. 2019. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/asoc/a/XJvMyzBMKwT8Tbk8yrtyZdQ/?lang=en>. Acesso em: 24 mar. 2022.

TUCCI, C. Indicador de Sustentabilidade Hídrica Urbana. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 14, n. 1, p. 7–7, 24 nov. 2017. <https://doi.org/10.21168/reg.v14n1.p7-7>.

UNESCO, P. H. I. de la U. para la A. L. y el C. (Org.). **Evaluación preliminar de la aplicación y cálculo del índice de sostenibilidad de cuenca en la cuenca hidrográfica del canal de Panamá**. Montevideo, Uruguay: UNESCO, 2008.

VAN BELLEN, H. M. Indicadores de sustentabilidade: um levantamento dos principais sistemas de avaliação. **Cadernos EBAPE.BR**, v. 2, n. 1, p. 01–14, mar. 2004. <https://doi.org/10.1590/S1679-39512004000100002>.

VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. 2^a ed. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 2008.

VASCO, A. N. do; BRITTO, F. B.; PEREIRA, A. P. S.; MÉLLO JÚNIOR, A. V.; GARCIA, C. A. B.; NOGUEIRA, L. C. Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 6, n. 1, p. 118–130, 30 abr. 2011. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.178>.

VASCO, A. N. do; WANDERLEY, L. de L.; SILVA, M. G. da (Org.) (Orgs.). **Rio Poxim [recurso eletrônico]: o rural, o urbano e o ambiental na bacia**. Aracaju: IFS, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ifs.edu.br/biblioteca/handle/123456789/915>.

VEIGA, J. E. da. Indicadores de sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 39–52, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142010000100006>.

VIEIRA, V. Sustentabilidade do semi-árido brasileiro: Desafios e Perspectivas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 4, p. 105–112, 2002. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v7n4.p105-112>.

WANDERLEY, L. de L.; SOUZA, M. C.; MENDONÇA FILHO, C. J. M.; MAGALHÃES, M. J. M.; SAMPAIO, F. B.; COSTA, A. F. Construção da barragem do rio Poxim: intervenções do meio natural e medidas ambientais para sua operação. In: VASCO, A. N. do; WANDERLEY, L. de L.; SILVA, M. G. (orgs.). **Rio Poxim [recurso eletrônico]: o rural, o urbano e o ambiental na bacia hidrográfica**. Aracaju-SE: IFS, p. 292, 2014.

WANG, Z.; SONG, H.; WATKINS, D. W.; ONG, K. G.; XUE, P.; YANG, Q.; SHI, X. Cyber-physical systems for water sustainability: challenges and opportunities. **IEEE Communications Magazine**, v. 53, n. 5, p. 216–222, maio 2015. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2015.7105668>.

WOLKMER, M. D. F.; PIMMEL, N. F. Política Nacional de Recursos Hídricos: governança da água e cidadania ambiental. **Seqüência: Estudos Jurídicos e Políticos**, v. 34, n. 67, p. 165–198, 9 dez. 2013. <https://doi.org/10.5007/2177-7055.2013v34n67p165>.

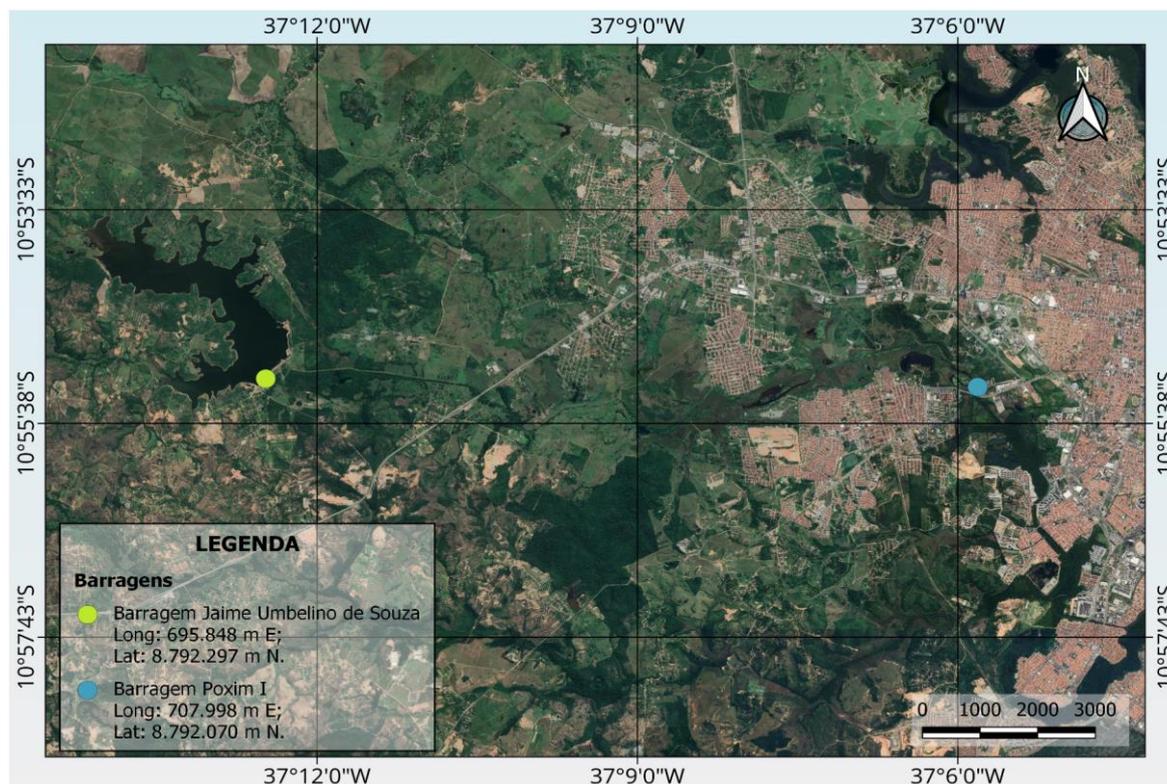
WWF, B. Pegada ecológica? O que é isso? [s. d.]. **WWF Brasil**. Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/pegada_ecologica/o_que_e_pegada_a_ecologica/. Acesso em: 18 jul. 2023.

6. APÊNDICES

APÊNDICE A — Dados de vazão para a barragem Poxim I



Mapa de Localização das Barragens Jaime Umbelino de Souza e Poxim I (2010 / 2015 / 2020)



Fonte: GMAM/DMAE

MÉDIA ANUAL DA VAZÃO		
ANO	BARRAGEM JAIME UMBELINO DE SOUZA (POXIM-AÇU) *	BARRAGEM POXIM I
2010	-	634,49 L/s
2015	-	530,38 L/s
2020	-	532,57 L/s

* A Barragem Jaime Umbelino de Souza (Poxim-Açu), iniciou sua operação a partir do ano de 2021.

** A DESO não tem histórico do parâmetro solicitado (DBO) antes de 2021.

APÊNDICE B — Cálculo populacional na UP Poxim

Para mensurar o crescimento da população na sub-bacia hidrográfica do Poxim entre os anos de 2010, 2015 e 2020 foi utilizada a equação de crescimento exponencial, expressa a seguir.

$$N_t = N_0 e^{rt}$$

N (t): número de indivíduos numa população após t unidades de tempo;

N (0): tamanho inicial da população (t=0);

e: base dos logaritmos naturais (vale aproximadamente 2,72)

r: é a taxa de crescimento exponencial

t: tempo

A taxa de crescimento populacional foi obtida por meio dos dados disponibilizadas pelo IBGE, para as cidades que compõem a sub-bacia, no ano de 2022. Para estimar a população inserida na UP Poxim foram utilizados os dados populacionais de 2010, presentes no Plano de Bacia do rio Sergipe (2015).

A partir da taxa de crescimento encontrada, para cada município, foi calculada a população presente na sub-bacia em 2015 e 2020, a partir dos valores de 2010.

Cidade	População geral			Taxa de crescimento	População da sub-bacia		
	2010	2015	2020		2010	2015	2020
Aracaju	570937	583929	597217	0,0045	27478	28104	28743
Areia Branca	16882	17388	17909	0,0059	724	746	769
Itaporanga	30428	32037	33730	0,0103	1001	1054	1110
Laranjeira	26903	25643	24441	-0,0096	249	238	227
N.S. Socorro	160829	173356	186857	0,0150	1601	1726	1861
S. Cristóvão	78876	85531	92748	0,0162	6352	6888	7470
Total	884855	917884	952902	-	37405	38756	40180

APÊNDICE C — Cálculo de IDHM, IDHM-Renda e IDHM-Educ.

Para o cálculo foram utilizados os dados de IDHM, IDHM-Renda e IDHM-Educ., disponíveis para o estado de Sergipe, para os três anos analisados, e os valores de 2010 para cada município inserido na sub-bacia do Poxim. Conhecendo essas informações foi realizada um cálculo de proporção direta, estimando assim, os valores dos índices para os anos de 2015 e 2020.

	Dados de IDH Sergipe		
	2010	2015	2020
IDH	0,665	0,697	0,722
IDH Renda	0,672	0,68	0,687
IDH Educ.	0,56	0,633	0,682

	IDH				IDH - Renda				IDH - Educação		
	2010	2015	2020		2010	2015	2020		2010	2015	2020
Aracaju	0,77	0,81	0,84	Aracaju	0,78	0,79	0,8	Aracaju	0,71	0,8	0,86
Areia Branca	0,58	0,61	0,63	Areia Branca	0,58	0,59	0,59	Areia Branca	0,43	0,49	0,53
Itaporanga	0,56	0,59	0,61	Itaporanga	0,55	0,55	0,56	Itaporanga	0,41	0,47	0,5
Laranjeira	0,64	0,67	0,7	Laranjeira	0,59	0,6	0,6	Laranjeira	0,58	0,66	0,71
N.S. Socorro	0,66	0,7	0,72	N.S. Socorro	0,62	0,63	0,63	N.S. Socorro	0,58	0,66	0,71
S. Cristóvão	0,66	0,69	0,72	S. Cristóvão	0,62	0,63	0,64	S. Cristóvão	0,58	0,66	0,71
Média	0,74	0,77	0,8	Média	0,74	0,75	0,75	Média	0,67	0,75	0,81