



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

MAYARA PEREIRA CAROLINO

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO PAJEÚ

RECIFE – PE
FEVEREIRO/2024

MAYARA PEREIRA CAROLINO

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO PAJEÚ

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Área de Concentração: Tecnologia e Gestão do Meio Ambiente – Linha de Pesquisa: Gestão Ambiental e de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Genival Barros Junior,
D.Sc.

RECIFE – PE
FEVEREIRO/2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C292i

Carolino, Mayara Pereira

Indicadores de sustentabilidade hídrica na bacia hidrográfica do Rio Pajeú / Mayara Pereira Carolino. - 2024.
137 f. : il.

Orientador: Genival Barros Junior.
Inclui referências e anexo(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Recife, 2024.

1. Governança. 2. Gestão integrada de recursos hídricos. 3. FPEIR. I. Junior, Genival Barros, orient. II. Título

CDD 620.8

MAYARA PEREIRA CAROLINO

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO PAJEÚ

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental, na Área de Concentração de Tecnologia e Gestão do Meio Ambiente - Gestão Ambiental e de Recursos Hídricos.

Aprovada em 29 de fevereiro de 2024.

Prof. Dr. Genival Barros Junior
Presidente da Banca e Orientador

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dra. Thâmara Martins Ismael de Sousa (Membro Externo)
Universidade Federal de Campina Grande – Campus Pombal

Prof. Dr. Marcus Metri Corrêa (Membro Interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco)

À minha mãe Márcia Pereira, ao meu pai João Batista que sempre lutaram para que eu pudesse ter uma educação de qualidade. Vocês são a minha maior base!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por nunca me desamparar nessa jornada da vida e ter me guiado por caminhos de aprendizado conforme tudo que Ele planejou para a minha vida, me fortalecendo em momentos turbulentos e me fazendo acreditar na minha capacidade de vencer.

Aos meus pais, Marcia Pereira e João Batista, por todo incentivo na minha formação acadêmica, por terem se abdicado diversas vezes para que eu pudesse chegar até aqui. Em especial a minha mãe que me tornou uma mulher forte, corajosa e persistente, que em meio toda turbulência do ano de 2023 me mostrou quão gigante podemos ser juntas.

Aos meus padrinhos que sempre compreenderam a importância da educação como fator transformador e me incentivaram nesta jornada, sempre me ouvindo e me direcionando aos propósitos de Deus em minha vida.

Aos meus amigos por toda compreensão, incentivo e fidelidade durante toda a minha jornada acadêmica. Em especial a Alice Pedrosa por ter me incentivado a embarcar nesta jornada e me auxiliado em diversos momentos desse período.

Ao meu orientador Genival Barros Júnior pela parceria no desenvolvimento desta pesquisa, por sempre florescer paciência e tranquilidade durante todo processo.

Aos parceiros acadêmicos Lucas Alves, Ana Lua, Mariana Dlumou e Wesley Belo que nesta etapa da vida tive o privilégio de conviver e poder trocar conhecimento.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, em especial a toda equipe que compõe o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE, pelo apoio a pesquisa científica a partir da concessão da bolsa de mestrado.

“Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso!
Não se apavore, nem desanime, pois o Senhor,
o seu Deus, estará com você por onde você andar.”
Josué 1:9

CAROLINO, Mayara Pereira. **Indicadores de sustentabilidade hídrica na bacia hidrográfica do rio Pajeú**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, p. 137, 2024.

RESUMO

O processo de urbanização acelerada é um dos fatores que têm exercido pressão sobre a qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos em todas as regiões do mundo. De modo que, este aspecto somado ao cenário de escassez hídrica nas regiões semiáridas do planeta, tem impulsionado os governantes a buscarem intervenções eficazes para melhor gerenciar as bacias hidrográficas, objetivando compreender o quadro ambiental e embasar os processos decisórios para conservação e melhoria dos recursos naturais nelas contidos. Neste contexto, a presente pesquisa buscou avaliar a sustentabilidade hídrica da maior bacia hidrográfica do estado de Pernambuco, que tem o Rio Pajeú como rio principal e encontra-se localizado na região do Sertão. A pesquisa foi executada em três partes: a primeira introduziu a temática por meio de uma revisão sistemática da literatura sobre sustentabilidade hídrica em bacias hidrográficas. O segundo segmento concentrou-se na análise da governança hídrica em 11 municípios selecionados na área da bacia e situados ao longo da calha do rio Pajeú, identificando-se o nível de cumprimento da legislação ambiental através da análise de índices institucionais, de planejamento e financeiros. No terceiro segmento apresenta-se as condições atuais de sustentabilidade hídrica da bacia hidrográfica do rio Pajeú utilizando o modelo FORÇA MOTRIZ-PRESSÃO-ESTADO-RESPOSTA (FPEIR) em nível micro (por área municipal e região) através da espacialização em ambiente de sistema de informações geográficas e na dimensão macro (na bacia como um todo). Os resultados obtidos consolidam um cenário preocupante e que aponta para um esvaziamento progressivo dos recursos hídricos em todas as regiões da bacia, concomitantemente a falta de investimento e gestão sobre as áreas produtoras de água, bem como para proteção dos mananciais já existentes. A partir dos dados obtidos foram propostas medidas de gestão para o embasamento de ações por parte dos gestores locais e regionais e de estudos sobre o tema, de forma a aprofundar as discussões político-administrativas relacionadas à conservação e ao uso sustentável da bacia hidrográfica do Rio Pajeú.

Palavras-chaves: Governança; Gestão integrada de recursos hídricos; FPEIR.

CAROLINO, Mayara Pereira **Water sustainability indicators in the Pajeú river basin.** Master Thesis (Master's Program in Environmental Engineering) – Federal Rural University of Pernambuco, Recife, p. 137, 2024.

ABSTRACT

The process of accelerated urbanization is one of the factors that have exerted pressure on the quality and availability of water resources in all regions of the world. Thus, this aspect, combined with the scenario of water scarcity in semi-arid regions of the planet, has driven policymakers to seek effective interventions to better manage river basins, aiming to understand the environmental framework and support decision-making processes for the conservation and improvement of the natural resources they contain. In this context, the present research aimed to assess the water sustainability of the largest river basin in the state of Pernambuco, which has the Pajeú River as its main river and is located in the Sertão region. The research was carried out in three parts: the first introduced the theme through a systematic literature review on water sustainability in river basins. The second segment focused on the analysis of water governance in 11 selected municipalities in the basin area along the course of the Pajeú River, identifying the level of compliance with environmental legislation through the analysis of institutional, planning, and financial indices. In the third segment, the current conditions of water sustainability in the Pajeú River basin are presented using the Driving Forces-Pressure-State-Response (DPSIR) model at the micro level (by municipal area and region) through spatialization in a geographic information system environment and at the macro level (in the basin as a whole). The results obtained consolidate a worrying scenario that points to a progressive depletion of water resources in all regions of the basin, simultaneously with a lack of investment and management in water-producing areas, as well as in the protection of existing water sources. Based on the data obtained, management measures were proposed to support actions by local and regional managers and studies on the subject, in order to deepen the political-administrative discussions related to the conservation and sustainable use of the Pajeú River basin.

Keywords: Indicators; Water sustainability; Water management; DPSIR.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 1 – A SUSTENTABILIDADE HÍDRICA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS.

Figura 1 – Fluxograma da etapa de seleção dos artigos.	26
Figura 2 – Análise das palavras-chaves.	30

CAPÍTULO 2 – AVALIAÇÃO DA GOVERNANÇA MUNICIPAL NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PAJEÚ – PE.

Figura 1 - Localização dos municípios selecionados	52
Figura 2 – Classificação do IPGRH dos municípios selecionados na pesquisa.	61

CAPÍTULO 3 – ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE HÍDRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PAJEÚ: APLICAÇÃO DO MODELO FORÇA MOTRIZ, PRESSÃO, ESTADO, IMPACTO E RESPOSTA.

Figura 1 – Identificação da área de estudo	78
Figura 2 – Gráfico de ordenação do indicador de pressão através da análise de PCA.....	95
Figura 3 – Mapeamento do indicador de pressão da bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE)	96
Figura 4 – Gráfico de ordenação do indicador de estado através da análise do PCA.	104
Figura 5 – Mapeamento do indicador de estado da bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE).	105
Figura 6 – Gráfico de ordenação do indicador de impacto através da análise do PCA.....	110
Figura 7 – Mapeamento do indicador de impacto da bacia hidrográfica do rio Pajeú (PE)....	111
Figura 8 – Trecho do rio Pajeú em Afogados da Ingazeira – abril de 2023.....	112
Figura 9 – Mapeamento do indicador de resposta da bacia hidrográfica do rio Pajeú (PE). ..	114

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I – A SUSTENTABILIDADE HÍDRICA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS.

Tabela 1 – Análise de publicação por país.	31
Tabela 2 – Citações da temática por país.	31

CAPÍTULO II – AVALIAÇÃO DA GOVERNANÇA MUNICIPAL NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PAJEÚ – PE.

Tabela 1 – Classificação de acordo com a capacidade de resposta dos municípios.	55
Tabela 2 – Análise do IPGRH de municípios da bacia hidrográfica do Rio Pajeú.	57
Tabela 3 – IPGRH e indicadores socioeconômico dos municípios em estudo, localizados na bacia hidrográfica do Rio Pajeú.	62
Tabela 4 – Correlação entre variáveis socioeconômicas e o IPGRH obtido para municípios da bacia hidrográfica do Rio Pajeú.	64

CAPÍTULO III – ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE HÍDRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PAJEÚ: APLICAÇÃO DO MODELO FORÇA MOTRIZ, PRESSÃO, ESTADO, IMPACTO E RESPOSTA.

Tabela 1 – Definição das escalas parciais dos indicadores.	82
Tabela 2 – Escalas globais dos indicadores.	83
Tabela 3 – Definição das vazões de permanência por subárea.	85
Tabela 4 – Definição da demanda atual.	85
Tabela 5 – Índice de abastecimento da demanda atual dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE).	86
Tabela 6 – Definição da demanda futura.	87
Tabela 7 – Índice de abastecimento da demanda futura dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE).	88
Tabela 8 – Demanda hídrica controlada com base numa redução de 20% sobre a demanda atual.	89
Tabela 9 – Índice de abastecimento da demanda controlada dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE).	89
Tabela 10 – Índice de ativação das potencialidades dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE).	91
Tabela 11 – Índice de utilização das potencialidades dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE).	92
Tabela 12 – Índice de utilização das disponibilidades dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE).	93
Tabela 13 – Índice de domicílios atendidos por poços dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE).	98
Tabela 14 – Índice de domicílios atendidos por sistema de abastecimento de água dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE).	99
Tabela 15 – Índice de ligação de esgoto dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE)*	99
Tabela 16 – Índice de tratamento de esgoto dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE).	100

Tabela 17 – Índice de tratamento de resíduos sólidos dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE).	101
Tabela 18 – Índice de perdas de água na rede dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE).	102
Tabela 19 – Índice transmissão de doenças por veiculação hídrica dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE).	106
Tabela 20 – Índice de turbidez nos pontos amostrais no período chuvoso – abril de 2023.	108
Tabela 21 – Índice de turbidez nos pontos amostrais no período seco - novembro de 2023. ...	108
Tabela 22 – Análise do indicador de resposta da bacia hidrográfica do rio Pajeú (PE).	113

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	16
2. OBJETIVOS.....	18
2.1 Objetivo geral.....	18
2.2 Objetivos específicos.....	18
REFERÊNCIAS.....	19

CAPÍTULO I - A SUSTENTABILIDADE HÍDRICA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

1. INTRODUÇÃO.....	21
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	22
2.1 A importância da gestão de recursos hídricos na busca do desenvolvimento sustentável.....	22
2.2 A sustentabilidade hídrica das bacias hidrográficas.....	23
3. METODOLOGIA.....	25
3.1 Análises bibliométricas.....	27
3.1.1 Palavras-chaves.....	27
3.1.2 Avaliações quantitativas.....	28
4. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	28
4.1 Análise bibliométrica da temática de sustentabilidade hídrica em bacias hidrográficas.....	29
4.2 Análises de produções científicas.....	31
5. CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS.....	36

CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO DA GOVERNANÇA MUNICIPAL NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PAJEÚ – PE.

1. INTRODUÇÃO.....	43
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	44
2.1 Evolução histórica da legislação brasileira de recursos hídricos.....	44
2.2 O marco evolutivo da legislação pernambucana de gestão de recursos hídricos.....	46
2.3 Integração entre as legislações de gestão de recursos hídricos e de saneamento ambiental na busca pela sustentabilidade das bacias hidrográficas.....	48
3. METODOLOGIA.....	51

3.1	Caracterização da área de estudo.....	51
3.2	Material e método	52
4.	RESULTADO E DISCUSSÃO	55
4.1	Índice do potencial de planejamento (IPP).....	58
4.2	Índice potencial institucional (IPI).....	59
4.3	Índice de potencial de financiamento (IPF).....	59
4.4	Índice do potencial de gestão de recursos hídricos (IPGRH)	60
5.	CONCLUSÃO	65
	REFERÊNCIAS	65

CAPÍTULO III - ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE HÍDRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PAJEÚ: APLICAÇÃO DO MODELO FORÇA MOTRIZ, PRESSÃO, ESTADO, IMPACTO E RESPOSTA

1.	INTRODUÇÃO	73
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	75
	2.1 Indicadores de sustentabilidade hídrica para a gestão das bacias hidrográficas.....	75
	2.2 Modelo Força Motriz Pressão-Estado-Impacto-Resposta	76
3.	MATERIAL E MÉTODO	77
	3.1 Caracterização da área de estudo.....	77
	3.2 Construção e análises dos indicadores	78
	3.2.1 Definição dos indicadores	79
	3.2.2 Definição dos índices	79
	3.2.3 Análise de componente principal	80
	3.2.4 Estabelecimento das escalas parciais dos índices	81
	3.2.5 Indicador de pressão.....	82
	3.2.6 Estabelecimento dos índices de planejamento	83
	3.2.7 Definição das escalas globais dos indicadores.....	83
	3.2.8 Definição da sustentabilidade hídrica da bacia	83
	3.3 Propostas de medidas de gestão.....	84
4.	RESULTADO E DISCUSSÃO	84
	4.1 Indicador de pressão.....	84
	4.1.1 Índice de abastecimento da demanda atual (IADA).....	84
	4.1.2 Índice de abastecimento da demanda futura (IADF).....	86
	4.1.3 Índice de abastecimento da demanda controlada (IADC).....	89
	4.1.4 Índice de ativação das potencialidades (IAP).....	90

4.1.5	Índice de utilização das potencialidades (IUP).....	92
4.1.6	Índice da utilização das disponibilidades (IUD)	93
4.1.7	Definição das escalas globais do indicador de pressão por nível de planejamento.	94
4.2	Indicador de estado	97
4.2.1	Índice de domicílios atendidos por poços (IDAP).....	97
4.2.2	Índice de domicílios atendidos por sistema de abastecimento de água tratada (IDASA)	98
4.2.3	Índice de ligação de esgotos (ILE)	99
4.2.4	Índice de tratamento de esgoto (ITE)	100
4.2.5	Índice de tratamento de resíduos sólidos (ITRS).....	101
4.2.6	Índice de perdas de água na rede de abastecimento (IPAR).....	102
4.2.7	Definição das escalas globais do indicador de estado por nível de planejamento	103
4.3	Indicador de impacto	106
4.3.1	Transmissão de doenças por veiculação hídrica.....	106
4.3.2	Parâmetros físico da qualidade da água na calha do Rio Pajeú.....	107
4.3.3	Definição das escalas globais do indicador de impacto	109
4.4	Indicador de resposta	113
4.5	Proposições de medidas de gestão	115
5.	CONCLUSÃO	115
	REFERÊNCIAS	116
	ANEXO	122

1. INTRODUÇÃO

A importância de estudar a sustentabilidade hídrica em bacias hidrográficas tem crescido à medida que os efeitos sobre a disponibilidade e qualidade da água se tornam cada vez mais evidentes (Salami, 2019). De modo que, o ser humano é visto como o principal responsável pelos processos de degradação, principalmente devido à intensificação da urbanização global. Dessarte, a crise hídrica que atinge as regiões semiáridas do Brasil é uma preocupação pertinente que tem impulsionado pesquisas na área e pressionado os governantes a buscarem alternativas de gestão sustentável voltados para a resolução, mitigação e/ou prevenção de problemáticas ligados a esta temática.

Segundo Sugahara (2022), o principal desafio enfrentado pelos gestores ambientais em todo o mundo é evitar o esgotamento e a contaminação das bacias hidrográficas, buscando garantir qualidade e quantidade para as gerações futuras por meio da preservação, conservação e manutenção dos corpos hídricos. Portanto, a legislação brasileira prevê que esse processo deve ser efetuado de maneira descentralizada, ou seja, com a participação da União, Estado, Municípios e sociedade civil no processo decisório. Neste contexto, a presente pesquisa avaliou no segundo capítulo a atuação da governança municipal de onze municípios da região do Pajeú, no sertão pernambucano, com o intuito de identificar as fragilidades e propor ações para melhorar o desempenho do processo de gestão na busca pela sustentabilidade da bacia.

Pizella (2015) afirma que para um processo de gestão hídrica adequado, deve-se haver a integração entre políticas, planos, programas e ações de planejamento em todas as esferas, de modo a levar em consideração as dimensões ambientais, sociais e econômica na identificação de problemáticas e nas articulações políticas voltadas para esta temática.

De acordo com Garcez de Oliveira *et al.* (2022) a necessidade de avaliar o sistema hídrico, visando caracterizar os aspectos da dinâmica local de onde o corpo hídrico está inserido, levou o surgimento de diversos estudos com proposta de indicadores multidimensionais. Logo, o uso de indicadores introduz abordagens eficazes na avaliação dos impactos ocorridos no sistema hídrico, a partir do embasamento de métodos estatísticos e de análises de laboratório, tendo por finalidade compreender o estado ambiental da bacia hidrográfica.

Sendo assim, a análise da sustentabilidade hídrica a partir do uso de indicadores ambientais e avaliação de índices em diferentes escalas, visa auxiliar o processo de

planejamento político institucional e proporcionar a conservação dos recursos hídricos. Partindo destes contextos, a pesquisa aqui desenvolvida apresenta no terceiro capítulo a análise da sustentabilidade hídrica por meio da aplicação do modelo Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta para o subsídio a gestão da bacia do rio Pajeú.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar a sustentabilidade hídrica da bacia hidrográfica do Pajeú por meio de um sistema de indicadores do modelo Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta (FPEIR) para subsídio à gestão dos recursos hídricos, enfatizando a análise dos serviços de saneamento básico, considerando os processos hidrológicos e a dinâmica ocupacional da Bacia Hidrográfica do Pajeú.

2.2 Objetivos específicos

- Investigar aspectos do ecossistema natural, do sistema econômico, sociocultural, político e institucional, que ajudem no processo de construção dos indicadores;
- Definir o grau de sustentabilidade hídrica da Bacia Hidrográfica do Pajeú a partir da aplicação do modelo FPEIR em nível macro;
- Definir os graus de sustentabilidade hídrica em da Bacia Hidrográfica do Pajeú em nível micro através da espacialização em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIGs) dos dados obtidos com a aplicação do modelo FPEIR;
- Analisar a aplicabilidade da legislação voltada para a gestão hídrica nos municípios com finalidade de identificar as fragilidades e propor a partir de obtidos as medidas de gestão hídrica na bacia hidrográfica do rio Pajeú.

REFERÊNCIAS

GARCEZ-DE-OLIVEIRA, V. et al. Sustainability indicators for evaluation of municipal urban water management system: The case of Volta Redonda – RJ/ Brazil; [Indicadores de sustentabilidade para avaliação de sistema de gestão hídrica municipal: o caso de Volta Redonda – RJ/Brasil]. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 60, p. 613 – 633, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v60i0.78084>.

PIZELLA, D. G. A relação entre Planos Diretores Municipais e Planos de Bacias Hidrográficas na gestão hídrica. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, p. 635-645, 2015. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1394>

SALAMI, Y. D. Impacts of sustained public education and improvised source protection on sustainable water resources in the developing world. **International Journal of Sustainable Development and Planning**, v. 14, n. 3, p. 226-236, 2019. DOI: <https://doi.org/10.2495/SDP-V14-N3-226-236>.

SUGAHARA, C. R. *et al.* INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA A SEGURANÇA HÍDRICA. **Humanidades & Inovação**, v. 27, pág. 374-388, 2022. Disponível em: <https://revista.unitins.br/index.php/humanidadesinovacao/article/view/6282>. Acesso em: 9 fev. 2024.

CAPÍTULO I

A SUSTENTABILIDADE HÍDRICA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

RESUMO

Mudança nas rotas de desenvolvimento nos mais diversos países do mundo tem tornado imperativo a busca por modelos sustentáveis e eficientes para equacionar problemas de caráter ambiental, econômico e social. Nesta perspectiva e em função dos recorrentes eventos caracterizados por longos períodos de secas, potencializados pela crise climática em curso, permanentemente alimentada pelos impactos das atividades antrópicas, consolida-se um cenário de preocupante insegurança hídrica e, conseqüentemente, alimentar em várias regiões do mundo. Este quadro tem alavancado as mais diversas motivações na busca por métodos de avaliação da sustentabilidade hídrica das bacias hidrográficas. Assim, este importante e preocupante panorama embasa o estudo aqui apresentado e fundamentado com a realização de uma revisão sistemática entre os anos de 2014 e 2023 referente a sustentabilidade hídrica em bacias hidrográficas, objetivando, portanto, a visualização de diferentes abordagens para o tema. As análises bibliométricas realizadas identificaram com maior expressividade artigos que avaliam apenas o abastecimento de água da população e a gestão hídrica na caracterização da sustentabilidade. Nesse contexto, salienta-se a necessidade de estimular aplicações de metodologias que consideram os demais aspectos de um sistema hídrico extremamente dinâmico e que possibilitem a análise de diferentes dimensões na perspectiva da sustentabilidade da bacia hidrográfica, possibilitando um melhor e mais profundo embasamento para o processo decisório de gestão hídrica.

Palavras-chaves: Sustentabilidade hídrica; Bacia hidrográfica; Revisão sistemática.

WATER SUSTAINABILITY OF WATERSHEDS

ABSTRACT

Changes in development routes in the most diverse countries of the world have made it imperative to search for sustainable and efficient models to equate character environmental, economic and social problems. In this perspective and due to the recurrent events characterized by long periods of drought, enhanced by the ongoing climate crisis, permanently fueled by the impacts of anthropogenic activities, a scenario of worrying water and, consequently, food insecurity is consolidated in several regions of the world. This framework has leveraged the most diverse motivations in the search for methods to assess the water sustainability of river basins. Thus, this important and concerning panorama underpins the study presented here, which is based on a systematic review regarding water sustainability in river basins, aiming to visualize different approaches to the topic. The bibliometric analyses carried out identified with greater expressiveness articles that evaluate only the population's water supply and water management in the characterization of sustainability. In this context, the need to stimulate applications of methodologies that consider the other aspects of an extremely dynamic water system and that allow the analysis of different dimensions from the perspective of the sustainability of the river basin is emphasized, enabling a better and deeper basis for the decision-making process of water management.

Keywords: Water Sustainability; Watershed; Systematic review.

1. INTRODUÇÃO

Os impactos da crise climática e o acelerado processo de urbanização dentro das bacias hidrográficas pressionam governos e as populações em todo o mundo a buscarem mecanismos de proteção e manutenção dos corpos hídricos, “produzindo” e armazenando água com a devida qualidade para os múltiplos usos a que se destina (Huyghe *et al.*, 2021; Wu; Giri; Qui, 2016). A crise hídrica tem como um dos principais propulsores as práticas agrícolas inadequadas, principalmente em regiões caracterizadas pelas baixas precipitações pluviométricas. Em alguns países a exemplo da china, onde há uma alta densidade populacional no território, as estatísticas apontam para uma utilização que se aproxima dos 60% da água sendo consumida em práticas agrícolas, que em sua maioria ocorrem com o uso exacerbado de fertilizantes químicos e sem controle no tocante a poluição dos corpos hídricos (Chen *et al.*, 2014).

No Brasil, os índices mais preocupantes são encontrados na região Nordeste, de acordo com os dados do relatório do Painel Brasileiro de Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos publicado em 2019, esta região detém dos piores indicadores de escassez e estresse hídrico, em razão dos baixos índices pluviométricos e da tipologia do solo (Pires *et al.*, 2020). Nesta perspectiva, a crise hídrica é considerada a principal propulsora da busca por modelos sustentáveis de gestão hídrica.

O estudo da sustentabilidade da água em bacias hidrográficas é amplamente utilizado na avaliação do desempenho da gestão em diferentes cenários políticos, de modo que, este tipo de pesquisa se enquadra em ciência sócio hidrológica que combina fatores do ambiente físico com aspectos sociais de uma região (Palop-Donat *et al.*, 2020).

A análise ocorre em sua maioria de maneira qualitativa ou quantitativa a partir do emprego de índices e indicadores que buscam sintetizar as informações com finalidade de representar a realidade do sistema no espaço e no tempo (Bega *et al.*, 2021). No entanto, destaca-se que não existe uma abordagem única para obtenção destes resultados, pois o meio ambiente faz parte de um sistema dinâmico e interligado com dimensões econômicas, governamentais e sociais. De modo que, a percepção social também é vista como fundamental neste processo de avaliação, expressando com precisão a realidade local vivenciada por uma determinada população e fornecendo maior confiabilidade aos dados (Jones *et al.*, 2019; Tan *et al.*, 2021).

A Organização das Nações Unidas (ONU) no ano de 2015, avaliou a necessidade de adaptação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) para que o modelo

reconhecesse a necessidade de os países construírem uma prosperidade econômica visando o combater a pobreza, desigualdade social e as alterações climáticas (Alexandratos *et al.*, 2019). Neste documento, ONU definiu na ODS 6 o intuito de assegurar a disponibilidade em qualidade e quantidade, assim como também a gestão integrada sustentável da água e saneamento para todas e todos em diferentes níveis até o ano de 2030.

Portanto, a sustentabilidade ambiental busca equilibrar a utilização dos recursos naturais sem comprometer o atendimento de necessidades das gerações futuras. Neste contexto, a sustentabilidade hídrica tem finalidade de conservar o equilíbrio dinâmico existente entre a oferta e demanda de água sem corromper a taxa de resiliência do manancial (Sood; Ritter, 2011).

Em virtude do que foi abordado, em diversos segmentos da sociedade têm-se fortalecido debates a respeito do desenvolvimento sustentável em relação a valorização e uso racional dos recursos naturais, de modo que, o emprego destas discussões em bacias hidrográficas possibilita uma gestão hídrica integrada e consistente (Dias *et al.*, 2018). Dessa maneira, a identificação dos graus de sustentabilidade hídrica (Regular, Bom, Ruim e Péssimo) é considerado uma estratégia para promover boa governança.

O estudo bibliométrico de diferentes análises de sustentabilidade hídrica para bacias hidrográficas possibilita a compreensão fundamental da temática e suas diferentes aplicabilidades. Sendo assim, o presente estudo avaliou as publicações de artigos científicos no período entre os anos de 2014 e 2023, possibilitando o embasamento de discussões em âmbito temporal do uso de diferentes metodologias que visam caracterizar a sustentabilidade hídrica de uma bacia.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A importância da gestão de recursos hídricos na busca do desenvolvimento sustentável

A Global Water Partnership (GWP), principal ativista mundial na defesa do uso sustentável da água, tem promovido discussões com representantes de diversos países sobre a necessidade de garantir a segurança hídrica local como garantia para alcançar o desenvolvimento sustentável (Masud *et al.*, 2017). Neste contexto, a escassez e o estresse hídrico são vistos como fatores preocupantes e limitantes na busca deste objetivo, dificultando as ações diretas ou indiretas na promoção da melhoria econômica e de qualidade de vida das populações (Ougougdal *et al.*, 2020).

Lideranças mundiais em conjunto com a ONU no ano de 2015, em busca de resolver problemáticas socioambientais definiram um plano de ação com intuito e erradicar a pobreza, proteger o planeta e garantir paz e prosperidade para todos. Foi neste cenário que surgiu a Agenda 2030 estabelecendo os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estruturados com finalidade de solucionar as crises em curso na sociedade contemporânea (Bega *et al.*, 2021).

Dentre os objetivos traçados e citados no documento, destaca-se o ODS 6 que descreve o propósito de “assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos e todas”. Ressalva-se que o atendimento desta é tido como um dos focos para obtenção da sustentabilidade e tem como princípio a análise da governança da água (Sullivan *et al.*, 2017).

Portanto, a gestão hídrica atua em diversas vertentes relacionadas ao uso racional e manutenção da qualidade da água. No âmbito do gerenciamento das bacias hidrográficas, as demandas, em sua maioria, têm o intuito de reunir os usuários do processo decisório na formulação de políticas fundamentais que buscam atingir a sustentabilidade através das aplicações de planos, metas e recursos tecnológicos de otimização de processos (Ougougdal *et al.*, 2020; Tan *et al.*, 2021).

É importante que os gestores assumam como estratégia para o enfrentamento da crise hídrica a implementação de um modelo que possibilite avaliar o desenvolvimento a partir da integração de aspectos sociais, econômicos e ambientais (Ihsane *et al.*, 2022), o que torna o planejamento hídrico mais complexo, com uma abrangência dinâmica e cooperativa, envolvendo diferentes atores na formulação de estratégias de gestão (Pouya; Turkoglu; Arpacioğlu, 2020).

Sendo assim, a ONU monitora a partir das análises dos indicadores na dimensão territorial de cada país, o cumprimento dos objetivos de desenvolvimento sustentável. No entanto, para a ocorrência de uma adequada Gestão Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) é fundamental estas avaliações em níveis regionais, estaduais e municipais, possibilitando a obtenção de dados que expressam a realidade local e auxiliam na delimitação de áreas críticas para implantação de ações de mitigação, preservação e conservação ambiental (Bega *et al.*, 2021).

2.2 Uma breve abordagem referente aos métodos de indicação da sustentabilidade hídrica em bacias hidrográficas

O conceito de sustentabilidade hídrica se encontra em evolução na literatura e em sua maioria aborda a teoria da oferta equilibrada da água com a demanda, no entanto, crescem as preocupações que também ligam este aspecto com a justiça social e a prosperidade econômica (Quay *et al.*, 2022). Dessa forma, surgiram discussões acerca da valorização deste sistema natural, acrescentando a necessidade de enxergar o meio ambiente como parte integrante do sistema, sem que este assuma o papel exclusivo de atender as necessidades humanas (Dias *et al.*, 2018).

Neste contexto, a busca pela sustentabilidade das bacias hidrográficas passou a ser avaliada de forma multidimensional conectando as interdependências entre o sistema natural, social e econômico do uso da água, de maneira que as ações para alcançar o desenvolvimento econômico sejam realizadas respeitando a preservação e a integridade do ambiente ecológico, do bem-estar e segurança social (Flint, 2004).

Partido deste fundamento, pode-se afirmar que o método de avaliação da sustentabilidade mais utilizado e conhecido atualmente inclui o emprego de indicadores (Masud *et al.*, 2017). Rocha e Lima (2020) afirmam que estes são ferramentas que tendem a expressar uma tendência das alterações ambientais ocorridas no espaço e no tempo, de modo a fornecerem respostas eficientes para a execução de ações que auxiliam o processo decisório e a gestão participativa a partir da obtenção de dados que descrevem a realidade do corpo hídrico através do monitoramento e gerenciamento dos recursos naturais.

Pesquisadores de todo o mundo vem utilizando diversos modelos para análise da sustentabilidade hídrica, com os índices escolhidos contemplando dados de cada indicador com a finalidade de expressar os níveis do estado de saúde do sistema hidrológico (Roboredo *et al.*, 2018). Enfatiza-se que estes modelos variam em relação ao objeto principal da pesquisa e podem fornecer informações que expressam a disponibilidade hídrica a partir do recorte de dados históricos climáticos e hidrológicos que tem a finalidade de encontrar tendências de seca ou cheia possibilitando o estabelecimento de estratégias sustentáveis antecipadamente (Fovargue *et al.*, 2021).

Por exemplo, o estudo desenvolvido por Ougougdal *et al.*, (2020) utilizou o sistema de avaliação e planejamento de água (WEAP) no monitoramento dos impactos das mudanças climáticas em diferentes cenários socioeconômicos de oferta e demanda de água na bacia hidrográfica de Ourika, localizada em Marrocos, que teve como finalidade obter dados que melhorem a capacidade de tomada de decisão na gestão hídrica. Os autores identificaram que dentre as limitações encontradas na aplicação desta modelagem, destaca-se o pequeno número de estações climáticas encontradas na área de

estudo, de modo que alertaram sobre a necessidade de que pesquisadores futuros utilizem modelos climáticos globais diferentes dos definidos pela National Center for Environmental Prediction (NCEP) para obtenção de uma melhor compreensão das incertezas de modelagem e simulação realizada.

Um outro tipo de metodologia de indicadores que vem sendo bastante usada na literatura é a análise de diferentes temáticas interligadas ao recurso hídrico, como exemplo a avaliação das dimensões ambientais, econômicas, populacionais e políticas. De modo que Mendes, Ferreira e Sugahara (2023) utilizaram esta metodologia para analisar diversos indicadores ligados a segurança hídrica na região metropolitana de Campinas em São Paulo, com intuito de fornecer apoio ao processo de gestão da bacia hidrográfica de Atibaia e Piracicaba. Nesta mesma conjuntura de aplicação, Mosaffaie *et al.* (2021) utilizou o método na avaliação da saúde da bacia hidrográfica de Gorganround, localizada no nordeste do Irã e identificou as perdas de água subterrânea, o potencial de inundação da região e a taxa de erosão do solo como os principais problemas para a deterioração da qualidade desta.

Portanto, é possível citar o uso da modelagem conhecida como Pressão-Estado-Resposta (PSR) originada de pesquisas da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 1993) que tem a finalidade de avaliar as pressões ocorridas no sistema hídrico resultante das atividades antrópicas, assim como também o estado que este se encontra e a resposta da população frente as questões hídricas.

Ressalta-se aqui a existência também do modelo denominado de Força Motriz Pressão-Estado-Impacto-Resposta (DPSR), em que é apresentado como uma evolução da modelagem exposta acima e tem a finalidade introduzir a avaliação do impacto ocorrido em sistemas vulneráveis as atividades antrópicas (Silva *et al.*, 2021).

Sendo assim, as áreas hidrológicas e sociais consideram imprescindível levar em conta a avaliação da sustentabilidade hídrica como base para pensar as estratégias de conservação e melhoria dos recursos hídricos em cada região do planeta, uma vez que, além da necessidade de quantificar a dinâmica da água é visto como fundamental a compreensão das interações sociais e governamentais no processo de gestão das águas (Palop-Donat *et al.*, 2020).

3. METODOLOGIA

O estudo foi executado a partir de uma revisão sistemática com a utilização de meta-análise (PRISMA) adaptada. De modo que, utilizou-se a abordagem qualitativa para

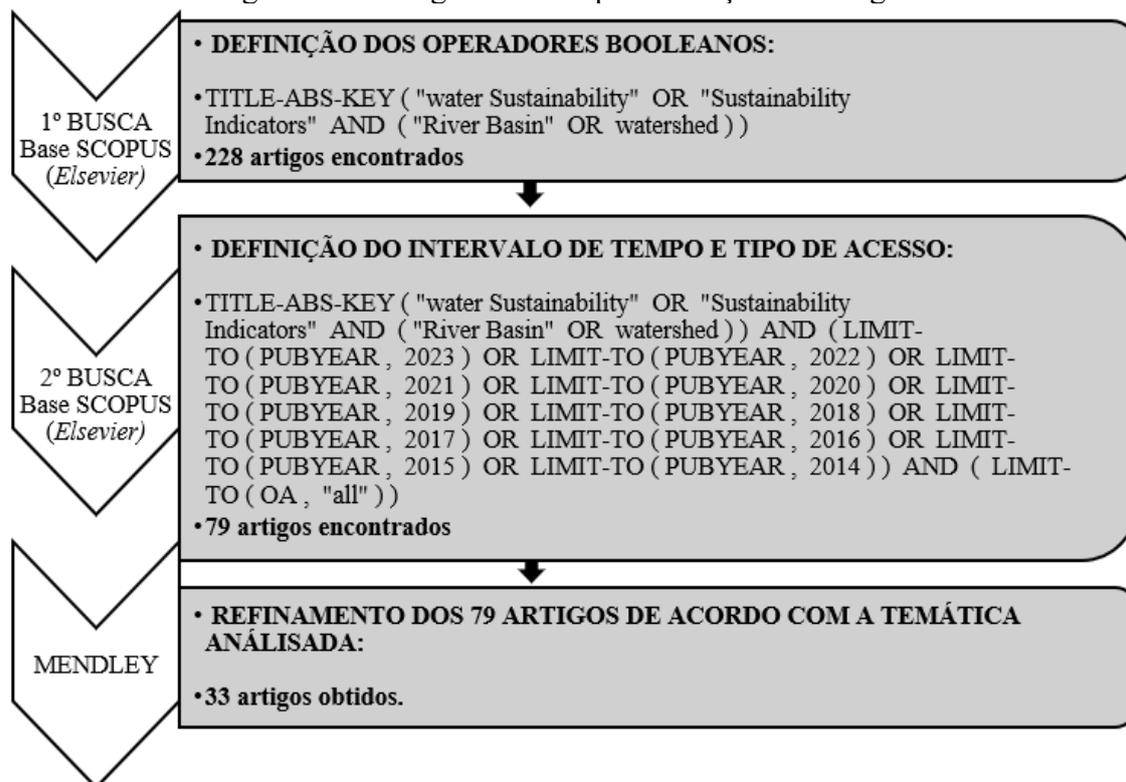
análise bibliográfica e a quantitativa com finalidade de enumerar dados dos artigos selecionados (Souza; Silva; Carvalho, 2010).

Portanto, a revisão sistemática é vista como uma síntese rigorosa, frequentemente usada como modo de mensurar as informações de um problema específico de maneira objetiva e reproduzível por meio de métodos científicos de busca, seleção, avaliação de relevância e interpretação de dados (Galvão; Sawada; Trevizan, 2004). Nessa conjuntura a meta-análise é descrita como um método estatístico que combina vários estudos com finalidade de maximizar a objetividade e validação dos artigos encontrados (Souza; Silva; Carvalho, 2010).

A bibliografia utilizada na presente pesquisa tem sua composição proveniente de artigos científicos extraídos da base de dados SCOPUS (*Elsevier*), acessados a partir do Portal de Periódicos da Capes. Estes foram obtidos a partir da definição dos operadores de busca sistematizada conforme representados na figura 1, de modo que, empregou-se palavras-chaves e combinações de operadores booleanos AND e OR com finalidade de correlacioná-los entre si, visando a localização das informações em títulos, resumos e palavras-chaves em toda base de dados.

Após a execução da primeira busca, estabeleceu-se a seleção dos artigos referentes aos últimos 10 anos, ou seja, de janeiro de 2014 a maio de 2023. O tipo de acesso definido foi o aberto, visando à extração de informações atualizadas para embasar as discussões desta avaliação.

Figura 1 – Fluxograma da etapa de seleção dos artigos.



Fonte: Autoria própria (2023).

Após a execução da etapa de busca, os artigos foram extraídos em formato *BibTex* e inseridos no software *Mendeley* para o refinamento da análise com a execução da leitura dos títulos e resumos buscando selecionar os que se encaixam na vertente de avaliação da sustentabilidade em bacias hidrográficas, obtendo, o resultado de 33 artigos que foram baixados em formato *cvs* e inserido no software *Vosviewer* versão 1.6.19 para a realização da análise bibliométrica.

A avaliação bibliométrica possibilitou observar correlações existentes entre a definição da sustentabilidade hídrica e os respectivos métodos de análise, identificação de autores e países mais relevantes dentre as publicações selecionadas. Assim, esta pesquisa teve o intuito de construir uma compreensão fundamental no embasamento de estudos voltados para bacias hidrográficas.

3.1 Análises bibliométricas

3.1.1 Palavras-chaves

Este método de avaliação foi executado no *Vosviewer* com a seleção do tipo de análise de *co-occurrence* e unidade *all Keywords*, obtendo assim, as redes de termos interligados que possibilitam discussões entre as relações das palavras chaves mais

publicadas nos artigos e os operadores de busca definidos (Sustentabilidade da Água, Indicadores de Sustentabilidade e Bacias Hidrográficas).

3.1.2 Avaliações quantitativas

Esta avaliação se fundamenta na quantificação das produções científicas a respeito da temática abordada por meio da construção de tabelas e rankings, possibilitando a verificação das quantidades de obras por país e visibilidade destas no âmbito científico.

Ainda neste contexto de avaliação, verificou-se os estudos que utilizam os indicadores como método de análise da sustentabilidade hídrica, de modo a quantificá-los e descrevê-los quanto a sua relevância na obtenção dos resultados.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados no presente trabalho foram fundamentados nas investigações dos dados dos artigos relacionados no Quadro 1, e que trazem informações a respeito do título traduzido das publicações científicas e respectivo ano de seus lançamentos. Os 33 artigos desta listagem foram publicados em inglês, considerada linguagem universal e que, conseqüentemente, atrai maior quantidade e relevância de publicações.

Quadro 1 – Identificação dos artigos avaliados.

Títulos	Ano
Robust programming for basin-level water allocation with uncertain water availability and policy-driven scenario analysis	2022
Prospective Water Balance Scenarios (2015–2035) for the Management of São Francisco River Basin, Eastern Brazil	2022
Physicochemical Characterization and Assessment of Magnitude of Pollution to Contribute to Water Sustainability	2022
Evaluating the effectiveness of land and water integrative practices for achieving water sustainability within the Colorado River Basin: perceptions and indicators	2022
Identifying the dynamic evolution and feedback process of water resources nexus system considering socioeconomic development, ecological protection, and food security: A practical tool for sustainable water use	2021
Assessment of the urban water cycle in Antwerp (BE): The City Blueprint Approach (CBA)	2021
Stochastic mathematical models to balance human and environmental water needs and select the best conservation policy for drought-prone river basins	2021
Spatial planning for water sustainability projects under climate uncertainty: Balancing human and environmental water needs	2021
Integrated assessment of the influence of climate change on current and future intra-annual water availability in the Vaal River catchment	2021
Sustainability Assessment of Sanitation Indicators in the PCJ Watersheds 2020-2035 Plan.	2021
Sustainability index in the municipal district of the Marapanim river watershed (Pará/Brazil)	2021
Navigating wicked water governance in the “solutionscape” of science, policy, practice, and participation	2021

Environmental sustainability indicators systemsized through the Pressure-State-Response (PSR) model in Alto Iguacu Hydrographic Basin, PR.	2021
Using the analytic hierarchy process to evaluate sustainability factors in watershed planning and management	2020
Assessment of futurewater demand and supply under IPCC climate change and socio-economic scenarios, using a combination of models in Ourika watershed, High Atlas, Morocco	2020
Comparing performance indicators to characterize the water supply to the demands of the Guadiana River basin (Spain)	2020
Insights into riverscape dynamics with the hydrological, ecological and social dimensions for water sustenance	2020
Stakeholders and social influence in a shadow network: Implications for transitions toward urban water sustainability in the Colorado River basin	2020
Development of a Reservoir System Operation Model for Water Sustainability in the Yaqui River Basin	2019
Exploring the role of local community perceptions in sustainability measurements	2019
The impacts of water demand and its implications for future surface water resource management: The case of Tanzania's Wami Ruvu Basin (WRB)	2019
Sustaining Water Resources: Environmental and Economic Impact	2019
Sustainability indicators: Monitoring cross-county water cooperation in the Nzoia river basin, Kenya	2019
Sustainable development ofwater resources: Spatio-temporal analysis ofwater stress in South Korea	2018
Sustainability impacts of tidal river management: Towards a conceptual framework	2018
Managements systems clustering and sustainability indicators of construction using the methodology mesmis the territory amazon portal	2018
Spatial distribution of river basin sustainability indicators in transition region of northeastern Brazil	2018
Towards water sensitive cities in the Colorado River Basin: A comparative historical analysis to inform future urban water sustainability transitions	2017
Small-scale catchment analysis of water stress in wet regions of the U.S.: An example from Louisiana	2016
Understanding the spatial distribution of hydrologic sensitive areas in the landscape using soil topographic index approach	2016
Water sustainability of large cities in the United States from the perspectives of population increase, anthropogenic activities, and climate change	2016
Linking knowledge with action in the pursuit of sustainable water-resources management	2016
China's water sustainability in the 21st century: A climate-informed water risk assessment covering multi-sector water demands	2014

Fonte: Autoria própria (2023).

4.1 Análise bibliométrica da temática de sustentabilidade hídrica em bacias hidrográficas

Com base na análise de palavras chaves (Figura 2), identifica-se como termo agregador de todas as pesquisas o termo “desenvolvimento sustentável”, cuja interação entre os temas é facilmente comprovada pela interligação desta expressão com todos os demais termos. Esta é uma condição que pode ser atribuída a notoriedade desta temática para gestão pública das águas em todas as regiões do Planeta, fato que além de fortalecer a busca pela valorização do recurso natural, é visto como modelo de desenvolvimento vital para a manutenção da vida (Dias *et al.*, 2018; Bega *et al.*, 2021).

4.2 Análises de produções científicas

A construção das Tabelas 1 e 2 possibilitou quantificar as publicações e citações no tocante aos países onde tem como área de estudo o desenvolvimento de pesquisas que abordam a temática de sustentabilidade hídrica voltados para a análise em bacias hidrográficas.

Tabela 1 – Análise de publicação por país.

PAÍSES	QUANTIDADE DE PUBLICAÇÕES
ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA - EUA	15
BRASIL	6
CHINA	3
MARROCOS	2
REINO UNIDO	2
PAÍSES BAIXOS	2

Fonte: Autoria própria (2023).

De acordo com a Tabela 1, acima, percebe-se a discrepância alcançada entre o número de publicações a respeito da temática pelos Estados Unidos da América em relação aos demais a nível mundial. Fato este atribuído as preocupações com a escassez ocorrida atualmente nas regiões sul e oeste do país, as recorrentes inundações e a existência da infraestrutura de gestão hídrica ultrapassada (Yigzaw; Hossain, 2016).

No que se refere ao Brasil, identificou-se apenas dois trabalhos publicados em 2018, três em 2021 e um em 2022, com 33,33% destas publicações direcionados para áreas de estudos no Nordeste do País, enfatizando a preocupação dos pesquisadores no tocante a taxa de insegurança hídrica nesta região.

Tabela 2 – Citações da temática por país.

RANKING	PAÍSES	QUANTIDADE DE CITAÇÕES
1º	EUA	254
2º	TAILÂNDIA	98
3	MARROCOS	37
4º	ISRAEL	34
5º	BÉLGICA	23
6º	CHINA	19
7º	BANGLADESH	18
8º	REINO UNIDO	16
9º	ÍNDIA	13
10º	PAÍSES BAIXOS	12

Fonte: Autoria própria (2023).

A visibilidade das pesquisas também foi analisada quanto a quantidade de citações dos trabalhos analisados por país, possibilitando a compreensão da relevância de cada país no âmbito de pesquisa.

De acordo com a Tabela 2, o EUA também é considerado o país em evidência na temática de sustentabilidade hídrica em bacias hidrográficas, de modo que, atribui-se ao fato das agências governamentais estarem realizando intensos estudos relacionados a gestão de água com intuito de minimizar os longos períodos de estiagem (Yigzaw; Hossain, 2016), como os que vem ocorrendo na Califórnia, um Estado de clima mediterrânico, com verões muito secos e onde foram investidos vultuosos recursos em infraestrutura para equacionar os problemas advindos da insegurança hídrica na região (Orazem, 2021). Na sequência, em segundo lugar, se encontra a Tailândia, no qual os pesquisadores são forçados a desenvolver estudos nesta temática em função da obtenção de resultados a curto e médio prazo para solucionar questões hídricas, principalmente de abastecimento, em função da alta densidade populacional e do alto desenvolvimento econômico, sendo este país considerado um dos dez maiores da Ásia nos dois aspectos aqui apresentados (Tangworachai; Wing-Keung; Fang-Yi, 2023).

4.2.1 Análise de Metodologias de Avaliação da Sustentabilidade Hídrica

A identificação dos trabalhos que utilizam indicadores como método de avaliação da sustentabilidade hídrica encontra-se no Quadro 2 a seguir. A partir desta identificação abrem-se os caminhos para a compreensão dos instrumentos e métodos utilizados que fornecem embasamento para estudos posteriores nesta temática.

Quadro 2 – Identificação dos artigos que utilizam indicadores para medição da sustentabilidade.

Autores	Títulos	Ano
Ihsane <i>et al.</i>	Physicochemical Characterization and Assessment of Magnitude of Pollution to Contribute to Water Sustainability.	2022
Huyghe <i>et al.</i>	Assessment of the urban water cycle in Antwerp (BE): The City Blueprint Approach (CBA).	2021
Bega <i>et al.</i>	Sustainability Assessment of Sanitation Indicators in the PCJ Watersheds 2020-2035 Plan.	2021
Silva <i>et al.</i>	Sustainability index in the municipal district of the Marapanim river watershed (Pará/Brazil).	2021
Rodrigues <i>et al.</i>	Environmental sustainability indicators systemsized through the Pressure-State-Response (PSR) model in Alto Iguaçu Hydrographic Basin, PR.	2021
Palop-Donat <i>et al.</i>	Comparing performance indicators to characterize the water supply to the demands of the Guadiana River basin (Spain).	2020
Jones <i>et al.</i>	Exploring the role of local community perceptions in sustainability measurements.	2019
Masud <i>et al.</i>	Sustainability impacts of tidal river management: Towards a conceptual framework.	2018
Roboredo <i>et al.</i>	Managements systems clustering and sustainability indicators of construction using the methodology mesmis the territory amazon portal.	2018
Dias <i>et al.</i>	Spatial distribution of river basin sustainability indicators in transition region of northeastern Brazil.	2018

Fonte: Autoria própria (2023).

Em relação a metodologia de avaliação da sustentabilidade hídrica em bacias hidrográficas, é importante destacar que não existe na literatura um modelo unificado. Sendo assim, a análise aqui apresentada possibilita a identificação do método mais apropriado ao objetivo do pesquisador.

Os artigos citados no Quadro 02 trazem diferentes aplicações, no entanto, dentre os trabalhos avaliados, diversos autores objetivaram a análise do desempenho da gestão hídrica, como é o caso de Masud *et al.* (2018) que analisaram os indicadores de sustentabilidade da Gestão dos Rios de Marés (TRM) e desenvolveram o Índice de Sustentabilidade de Gestão do Rio das Marés (SITRM) a partir da integração das dimensões ambientais, econômicas, sociais e institucionais na definição da sustentabilidade da água. Estes autores ressaltaram que o modelo SITRM apresenta uma vantagem por disponibilizar a sociedade um modelo sustentável que projeta a vulnerabilidade das comunidades, rios e bacias enfatizando os efeitos das mudanças climáticas.

Ainda nesta perspectiva, Palop-Donat *et al.* (2020) fundamentaram a comparação do desempenho do Indicador de Confiabilidade (RI), desenvolvido e estabelecido por lei na Espanha em 2008 como o Indicador de Sustentabilidade (SIs), a partir do qual passaram a ser avaliados a confiabilidade do abastecimento, resiliência do sistema hídrico e de vulnerabilidade da demanda de água. No entanto, os autores ressaltaram a importância da utilização do indicador de sustentabilidade em conjunto, tendo em vista que o resultado do indicador de sustentabilidade é superior em aplicações de avaliações em diferentes cenários políticos.

Destaca-se aqui que a pesquisa desenvolvida por Bega *et al.* (2021) que teve como objetivo a avaliação da sustentabilidade em bacias hidrográficas a partir da análise do atendimento do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) de número 6 da ONU (2015), mais especificamente os tópicos 6.2 e 6.3 pelo qual enfatiza respectivamente o alcance ao acesso do saneamento e de higiene adequada de modo equitativo e, a busca por melhoria na qualidade de água a partir da redução de poluição e dos despejos.

Nesta pesquisa os autores, verificando o desempenho dos níveis de efluentes captados e tratados relatados no Plano de Recursos Hídricos das Bacias do Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (CBH-PCJ), localizadas nos estados de São Paulo e Minas Gerais, utilizaram como base para a construção dos indicadores os princípios de sustentabilidade de Gibson (2006); na percepção dos autores, estes indicadores incluem aspectos relevantes baseados na percepção do bem-estar humano e ambiental, de maneira

interdependente, ou seja, uma visão onde o ser humano depende das condições ambientais e tem um papel fundamental na sua manipulação.

Dias *et al.* (2018), aplicaram em seis bacias hidrográficas do estado do Maranhão três tipos de indicadores que abrangem as vertentes socioeconômica, hidrológica e institucional, sendo estas avaliadas por 12 índices formulados a partir de relevância, aderência local, disponibilidade dos dados e capacidade de permitir comparações temporais. Diferentemente de outras metodologias, estes autores aplicaram um modelo que introduz a análise da vertente política na definição da sustentabilidade hídrica das bacias. Sendo assim, este estudo obteve resultado a respeito da necessidade de estabelecer medidas prioritárias como exemplo da redução de demandas e desperdícios de água de abastecimento e a necessidade de implementar ou melhorar o sistema de coleta e tratamento de esgoto das regiões.

Ainda segundo estes autores o estudo consolidou a necessidade de abordar como prioridade a aprimoração das políticas e dos planos de gestão das águas, de modo a fornecer também um maior apoio aos comitês de bacias instalados.

Jones *et al.* (2019), abordam a utilização de indicadores ambientais, econômicos e sociais de maneira subjetiva para caracterização da sustentabilidade do uso da água em bacias hidrográficas. Estes autores avaliaram aspectos como a qualidade da água, impactos econômicos das empresas locais usuárias da água e a percepção social da população em geral por meio de aplicação de questionários semiestruturados.

Assim, autores afirmam a partir desta pesquisa desenvolvida que os indicadores de qualidade ambiental e de vida humana são considerados os mais relevantes para a população, destacando-se a importância da introdução da percepção social em métodos de avaliação da sustentabilidade hídrica em bacias hidrográficas, gerando-se parâmetros que expressam maior confiabilidade dos dados em âmbito local

No trabalho desenvolvido por Silva *et al.* (2021) é possível verificar a aplicação de uma metodologia consistente e de fácil replicação no processo de gestão dos recursos hídricos, no qual prescreve a aplicação do índice de sustentabilidade do modelo Pressão-Estado-Resposta (PER) na avaliação de indicadores hidrológicos, ambientais, sociais e políticos, de modo que, esta aplicação possibilitou a análise centralizada no recorte territorial, fornecendo dados consistentes que auxiliam no processo e tomada de decisão.

Os aspectos abordados no estudo desenvolvido por Silva *et al.* (2021) nos credencia a afirmar que é de vital importância considerar o sistema hídrico como dinâmico e que este deve ser avaliado a partir de diferentes dimensões que permitam

caracterizá-lo a contento. Portanto, os autores afirmam que o conhecimento apenas de aspectos hidrológicos e meteorológicas não são suficientes para a compreensão da sustentabilidade de uma bacia hidrográfica, devido a influência significativa e direta de aspectos sociais e econômicos nesta análise.

Rodrigues *et al.* (2021) também utilizou como metodologia de definição da sustentabilidade o PER. No entanto, os indicadores usados na definição da sustentabilidade da bacia foram às transformações do solo, recursos hídricos, biodiversidade, agrotóxicos, uso da terra e a demografia. Neste contexto, os resultados obtidos demonstraram uma alta degradação em curso mesmo com a existência de legislações e possibilitou também a identificação dos fatores de pressão sobre a bacia, de modo que, estes dados tendem a fornecer informações necessárias para o planejamento ambiental. Sendo assim, os autores afirmam sobre a necessidade de os órgãos públicos desenvolverem sistemas de monitoramento nas bacias hidrográficas, de maneira que este venha a proporcionar melhoria da qualidade ambiental, social e econômica local e regional.

Esta questão fica evidenciada no resultado apresentado no Quadro 2, materializada pela identificação de artigos onde os autores aplicam diferentes métodos no uso de indicadores para caracterizarem a sustentabilidade hídrica de bacias hidrográficas em diferentes partes do mundo. Portanto, diante das metodologias analisadas no presente tópico, ressalta-se que as abordagens multisetoriais e interdisciplinares (Bega *et al.*, 2021; Fallon; Lankford; Weston, 2021; Palop-Donat *et al.*, 2020; Quay *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2021) fornecem contribuições significativas e mais seguras para os estudos da sustentabilidade hídrica das bacias, tendo como objetivo comum auxiliar no processo de gestão hídrica e, conseqüentemente, na promoção da melhoria da qualidade de vida da população.

5. CONCLUSÃO

Diante do que foi exposto, é visível que o tema da sustentabilidade hídrica em bacias hidrográficas se encontra em processo de construção, havendo necessidade da ampliação e amadurecimento das discussões no âmbito técnico-científico.

A partir da pesquisa bibliométrica aqui apresentada afirma-se a existência da necessidade de que o sistema hídrico de uma bacia hidrográfica deva ser considerado de maneira interligada a outras dimensões, sob pena de aspectos importantes ficarem de fora ao se analisarem questões referentes a qualidade e a disponibilidade da água, de modo

que, avaliar diferentes parâmetros nesta caracterização torna o resultado mais fiel a realidade no espaço e no tempo.

Salienta-se ainda que a análise de palavras chaves interligadas relata a importância da ocorrência de uma gestão sustentável de recurso hídrico para o alcance do desenvolvimento sustentável de uma região, sendo fundamental considerar as mais diversas vertentes como o abastecimento da água, parâmetros econômicos, sociais e políticos em análises posteriores.

Em relação aos métodos de avaliação da sustentabilidade hídrica, a pesquisa identificou o emprego de indicadores sociais, ambientais e econômicos como o mais utilizado para tal definição. Portanto, esta análise fornece conteúdo replicável e permite avaliações posteriores a respeito desta temática, permitindo a obtenção de dados que possam auxiliar no processo decisório de gestão das bacias hidrográficas.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRATOS, S. D. et al. Sustaining Water Resources: Environmental and Economic Impact. **ACS Sustainable Chemistry and Engineering**, v. 7, n. 3, p. 2879–2888, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.8b05859>.

BEGA, J. M. M. et al. Avaliação da Sustentabilidade dos Indicadores de Saneamento do Plano das Bacias PCJ 2020-2035. **Ambiente e Sociedade**, v. 24, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20200247vu2021L4DE>.

BETTENCOURT, P. et al. Prospective Water Balance Scenarios (2015–2035) for the Management of São Francisco River Basin, Eastern Brazil. **Water (Switzerland)**, v. 14, n. 15, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/w14152283>.

CHEN, X. et al. China's water sustainability in the 21st century: A climate-informed water risk assessment covering multi-sector water demands. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 18, n. 5, p. 1653–1662, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-18-1653-2014>.

RODRIGUES, L. da C. et al. Indicadores de sustentabilidade ambiental sistematizados pelo modelo Pressão-Estado-Resposta (PER) na Bacia Hidrográfica do Alto Iguaçu, PR. **RA'E GA - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 50, p. 62–83, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v50i0.67472>.

DIAS, I. C. L. et al. Spatial distribution of river basin sustainability indicators in transition region of northeastern Brazil. **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 16, n. 4, p. 3729–3754, 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1604_37293754.

ELDARDIRY, H.; HABIB, E.; BORROK, D. M. Small-scale catchment analysis of water stress in wet regions of the U.S.: An example from Louisiana. **Environmental Research Letters**, v. 11, n. 12, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/aa51dc>.

FALLON, A. L.; LANKFORD, B. A.; WESTON, D. Navigating wicked water governance in the “solutionscape” of science, policy, practice, and participation. **Ecology and Society**, v. 26, n. 2, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5751/ES-12504-260237>.

FARZANEH, M. A. et al. Stochastic mathematical models to balance human and environmental water needs and select the best conservation policy for drought-prone river basins. **Journal of Cleaner Production**, v. 291, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125230>.

FOVARGUE, R. E. et al. Spatial planning for water sustainability projects under climate uncertainty: Balancing human and environmental water needs. **Environmental Research Letters**, v. 16, n. 3, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abdd58>.

FLINT, R.W. The Sustainable Development of Water Resources. **Atualização dos recursos hídricos**, v. 127, p. 48-59, 2004. Disponível em: http://www.eeeee.net/sd_water_resources.pdf. Acesso em: 7 jun. 2023.

GALVÃO, C. M.; SAWADA, N. O.; TREVIZAN, M. A. Revisão sistemática: recurso que proporciona a incorporação das evidências na prática da enfermagem. **Revista Latino-americana de enfermagem**, v. 12, p. 549-556, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-11692004000300014>.

GIBSON, R. B. Além dos pilares: avaliação de sustentabilidade como uma estrutura para a integração efetiva de considerações sociais, econômicas e ecológicas na tomada de decisão significativa. **Journal of Environmental Assessment Policy and Management** v. 8, n. 3, pág. 259–280, 2006. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/223053/mod_resource/content/1/526_sa_gibson.pdf. Acesso em: 8 jun. 2023.

HUYGHE, W. et al. Assessment of the urban water cycle in Antwerp (BE): The City Blueprint Approach (CBA). **Cleaner Environmental Systems**, v. 2, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2021.100011>.

IHSANE, O. et al. Physicochemical Characterization and Assessment of Magnitude of Pollution to Contribute to Water Sustainability. **Sustainability (Switzerland)**, v. 14, n. 11, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14116689>.

JACOBS, K. et al. Linking knowledge with action in the pursuit of sustainable water-resources management. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 113, n. 17, p. 4591–4596, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0813125107>.

JONES, N. et al. Exploring the role of local community perceptions in sustainability measurements. **International Journal of Sustainable Development and World Ecology**, v. 26, n. 6, p. 471–483, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/13504509.2019.1638330>.

KIM, S. et al. Sustainable development of water resources: Spatio-temporal analysis of water stress in South Korea. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 10, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10103795>.

MASUD, M. M. A. et al. Sustainability impacts of tidal river management: Towards a conceptual framework. **Ecological Indicators**, v. 85, p. 451–467, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.10.022>.

MENDES, J. P.; FERREIRA, D. H. L.; SUGAHARA, C. R. Sustainability Indicators for Water Security Management in Watersheds. **Smart Innovation, Systems and Technologies**, 207 *SIST*, p. 188–197, 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-04435-9_18

MIRAJI, M.; LIU, J.; ZHENG, C. The impacts of water demand and its implications for future surface water resource management: The case of Tanzania’s Wami Ruvu Basin (WRB). **Water (Switzerland)**, v. 11, n. 6, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/w11061280>.

MOUNIR, A. *et al.* Development of a Reservoir System Operation Model for Water Sustainability in the Yaqui River Basin. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 145, n. 9, 2019. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0001098](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001098).

MOSAFFAIE, J. et al. Trend assessment of the watershed health based on DPSIR framework. **Land Use Policy**, p. 100, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104911>

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **OECD CORE SET OF INDICATORS FOR ENVIRONMENTAL PERFORMANCE REVIEWS**. Paris, 1993. Disponível em: [https://one.oecd.org/document/OCDE/GD\(93\)179/En/pdf](https://one.oecd.org/document/OCDE/GD(93)179/En/pdf). Acesso em: 20 mai. 2023.

ONENCAN, A. M.; ENSERINK, B.; DE WALLE, B. Sustainability indicators: Monitoring cross-county water cooperation in the Nzoia river basin, Kenya. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 3, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11030560>.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Nações Unidas Brasil, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel>. Acesso em: 15 mai. 2023.

ORAZEM, E. Como a Califórnia se tornou referência na gestão da crise hídrica. **CNN Brasil**, Los Angeles, 22 de jul. de 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/como-a-california-se-tornou-referencia-no-combate-a-seca/>. Acesso em: 30 jun. 2023.

OUGOUGDAL, H. A. et al. Assessment of futurewater demand and supply under IPCC climate change and socio-economic scenarios, using a combination of models in Ourika watershed, High Atlas, Morocco. **Water (Switzerland)**, v. 12, n. 6, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/w12061751>.

PALOP-DONAT, C. et al. Comparing performance indicators to characterize the water supply to the demands of the Guadiana River basin (Spain). **Hydrological Sciences Journal**, v. 65, n. 7, p. 1060–1074, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/02626667.2020.1734812>.

PIRES, A. P. F. et al. **BPBES (2020) - Relatório Temático Água: Biodiversidade, Serviços Ecossistêmicos e Bem-Estar Humano no Brasil**. 1 ed, São Carlos/São Paulo, Editora Cubo, p. 120, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4322/978-65-00-00068-9>

POUYA, S.; TURKOGLU, H.; ARPACIOGLU, U. Using the analytic hierarchy process to evaluate sustainability factors in watershed planning and management. **Urbani Izziv**, v. 31, n. 1, p. 78–88, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5379/urbani-izziv-en-2020-31-01-002>.

QUAY, R. et al. Evaluating the effectiveness of land and water integrative practices for achieving water sustainability within the Colorado River Basin: perceptions and indicators. **Water International**, v. 47, n. 2, p. 257–277, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/02508060.2022.2041281>.

RAMACHANDRA, T. V et al. Insights into riverscape dynamics with the hydrological, ecological and social dimensions for water sustenance. **Current Science**, v. 118, n. 9, p. 1379–1393, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18520/cs/v118/i9/1379-1393>.

REMILEKUN, A. T. et al. Integrated assessment of the influence of climate change on current and future intra-annual water availability in the Vaal River catchment. **Journal of Water and Climate Change**, v. 12, n. 2, p. 533–551, 2021. DOI: <https://doi.org/10.2166/wcc.2020.269>.

ROBOREDO, D. et al. Clusterização de sistemas de manejos e a construção de indicadores de sustentabilidade utilizando a metodologia mesmis no território portal da Amazônia. **RA'E GA - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 43, p. 23–42, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5380/RAEGA.V43I0.48787>.

ROCHA, N. C.V.; LIMA, A. M. M de. Sustentabilidade hídrica da bacia do rio Guamá, Amazônia Oriental/Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 32, pág. 141–160, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-45694>.

SILVA, J. C. C. da. et al. Índice de sustentabilidade nas sedes municipais da bacia hidrográfica do rio Marapanim (Pará/Brasil). **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 10, n. 1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5585/geas.v10i1.18300>.

SOOD, A.; RITTER, W. F. Desenvolver uma estrutura para medir a sustentabilidade de bacias hidrográficas usando o modelo hidrológico/qualidade da água. **Journal of Water Resource and Protection**, v. 2011, 2011. DOI: <https://doi.org/10.4236/jwarp.2011.311089>.

SOUZA, M. T. de; SILVA, M. D. da; CARVALHO, R. de. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein (São Paulo)**, v. 8, p. 102-106, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1679-45082010RW1134>.

SULLIVAN, A. et al. Towards water sensitive cities in the Colorado River Basin: A comparative historical analysis to inform future urban water sustainability transitions. **Sustainability (Switzerland)**, v. 9, n. 5, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/su9050761>.

TAN, Y. et al. Identifying the dynamic evolution and feedback process of water resources nexus system considering socioeconomic development, ecological protection, and food security: A practical tool for sustainable water use. **Hydrology and Earth System**

Sciences, v. 25, n. 12, p. 6495–6522, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-25-6495-2021>.

TANGWORACHAI, Sasipha; WONG, Wing-Keung; LO, Fang-Yi. Determinantes do consumo de água na Tailândia: desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos. **Estudos em Economia e Finanças**, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1108/SEF-06-2022-0310>.

WU, Y.; GIRI, S.; QIU, Z. Understanding the spatial distribution of hydrologic sensitive areas in the landscape using soil topographic index approach. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 4, n. 4, p. 278–283, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2016.10.002>.

WUTICH, A. et al. Stakeholders and social influence in a shadow network: Implications for transitions toward urban water sustainability in the Colorado River basin. **Ecology and Society**, v. 25, n. 1, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5751/ES-11451-250128>.

YAO, L.; SU, Z.; HOU, S. Robust programming for basin-level water allocation with uncertain water availability and policy-driven scenario analysis. **Complex and Intelligent Systems**, v. 8, n. 6, p. 4453–4473, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40747-021-00415-9>.

YIGZAW, W.; HOSSAIN, F. Water sustainability of large cities in the United States from the perspectives of population increase, anthropogenic activities, and climate change. **Earth's Future**, v. 4, n. 12, p. 603–617, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/2016EF000393>.

CAPÍTULO II

AValiação DA GOVERNANÇA MUNICIPAL NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PAJEÚ – PE.

RESUMO

Diante das mudanças climáticas, do crescimento demográfico e do atual modelo de consumo da população, os governantes em todo o mundo estão sob pressão para buscar modelos sustentáveis de gestão territorial. Assim, a governança hídrica surge para garantir a integração de métodos inovadores e sustentáveis do uso da água nesse processo. Portanto, esta pesquisa parte da premissa de que, embora a legislação brasileira defina o Estado e a União como responsáveis pela gestão da água, os municípios são os mais afetados por esse processo. Diante disto e considerando as características hidroclimáticas do semiárido brasileiro, analisou-se o modelo de governança hídrica de 11 municípios inseridos nas áreas de influência da bacia hidrográfica do Rio Pajeú no estado de Pernambuco. Tendo por objetivo identificar o potencial de gestão de recursos hídricos por meio da avaliação dos índices de planejamento, institucional e financeiro. De modo que, para construção e análise destes índices, foram utilizadas informações obtidas por meio da aplicação de questionários com os gestores municipais e dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Os resultados indicaram que os municípios dispõem de índices variando de baixo a muito baixo, destacando a falta de planos e políticas voltadas para o uso racional e sustentável da água, bem como a ausência de secretarias específicas para a área ambiental. Sendo assim, torna-se primordial a descentralização do processo de governança e a estruturação institucional e de planejamento das prefeituras, de modo que possa garantir que os municípios tenham meios para cumprir as metas de desenvolvimento sustentável.

Palavras-chaves: Governança Hídrica; Desempenho municipal; Desenvolvimento Sustentável.

EVALUATION OF MUNICIPAL GOVERNANCE IN WATER RESOURCES MANAGEMENT IN THE PAJEÚ RIVER WATERSHED – PE

ABSTRACT

In the face of climate change, population growth, and the current consumption patterns of the population, leaders worldwide are under pressure to seek sustainable models of territorial management. Thus, water governance emerges to ensure the integration of innovative and sustainable methods of water use in this process. Therefore, this research starts from the premise that, although Brazilian legislation defines the State and the Union as responsible for water management, municipalities are the most affected by this process. Given this context and considering the hydroclimatic characteristics of the Brazilian semiarid region, the water governance model of 11 municipalities located within the influence areas of the Pajeú River basin in the state of Pernambuco was analyzed. The objective is to identify the potential for water resource management through the evaluation of planning, institutional, and financial indices. For the construction and analysis of these indices, information obtained through questionnaires with municipal managers and data from the National Information System on Sanitation were used. The results indicated that municipalities have indices ranging from low to very low, highlighting the lack of plans and policies aimed at rational and sustainable water use, as

well as the absence of specific departments for environmental issues. Therefore, it becomes essential to decentralize the governance process and structure the institutional and planning frameworks of the municipalities, ensuring that they have the means to meet sustainable development goals.

Keywords: Water Governance; Municipal Performance; Sustainable Development.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural vital para manutenção do equilíbrio nos ciclos biológicos, geológicos e químicos no planeta terra, ou seja, é essencial a vida (Tavares; Araújo, 2020). Portanto, a preservação deste recurso vem sendo negligenciada e precarizada pelas alterações climáticas, crescimento demográfico sem planejamento e consumo humano desordenado e predatório, de forma que, estes fatores têm obrigado vários governantes mundiais a buscarem modelos de gestão hídrica sustentável.

O processo de governança da água integra diversos atores da sociedade em diferentes escalas geográficas e temporais, de forma que, com o aumento das pressões socioambientais sobre o sistema hídrico, a inserção da gestão hídrica e do planejamento de uso e ocupação do solo sobre as bacias hidrográficas foram sendo incorporadas nas tomadas de decisões dos gestores, tornando-se, portanto, um processo de fundamental importância no modelo de gestão sustentável (Grangeiro; Ribeiro; Miranda, 2019).

O conceito de governança hídrica surgiu historicamente quando a água deixou de ser considerada um recurso ilimitado quando destinada a satisfazer as necessidades humanas e passou a ser vista sob uma ótica econômica e política, inserindo-se, a partir daí, métodos inovadores e sustentáveis no processo de gestão (Bolson; Haonat, 2016).

No Brasil a Lei federal 9.433 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, define a bacia hidrográfica como unidade territorial para implantação desta política e atuação do sistema de governança hídrica. Schussel e Neto (2015) afirmam que a incorporação da bacia hidrográfica como recorte espacial do planejamento urbano tem por finalidade reconhecer que as ações antrópicas e degradantes produzem efeito significativo nos corpos hídricos.

Segundo Ferreira, Lima e Corrêa (2020), a implementação de regulamentações ambientais de uso sustentável do sistema hídrico acarreta o fortalecimento da governança da água e reduzem os impactos socioambientais sobre a bacia. Neste contexto, a Constituição Federal de 1988 exprime que o gerenciamento dos recursos hídricos é de domínio da União e dos Estados, de forma que, o processo de gestão influencia de maneira direta ou indireta a qualidade de vida nos municípios, tendo em vista que as condições sanitárias da água podem comprometer a saúde do meio ambiente e da população em geral (Grangeiro; Ribeiro; Miranda, 2020).

Neste contexto, a gestão hídrica municipal brasileira baseia-se prioritariamente na implantação de medidas de saneamento básico. Todavia, para melhoria da eficiência no

processo decisório sobre o manejo das bacias hidrográficas é importante que ocorra a integração de todas as políticas de recursos hídricos e saneamento.

Mediante as legislações impostas e a busca pela preservação das bacias hidrográficas, o 3º parágrafo do artigo 19 da Lei 14.026 torna imperativa a necessidade de integração entre os planos de saneamento, os planos das bacias hidrográficas e os respectivos planos diretores dos municípios em que estão inseridas, de forma a fortalecer a intersetorialidade entre as ações previstas (Brasil, 2020).

Portanto, a gestão integrada dos recursos hídricos é um tópico importante previsto na Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU Brasil, 2015), retratada nos Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS), exaltada no item 6.5 cuja meta é de alcançar a implantação deste modelo em todos os níveis até o ano de 2030. Assim, no tópico 6.5.1 institui-se a avaliação do grau de implantação do sistema como indicador para validar esta meta, exprimindo, a importância da integração de diferentes setores no processo de governança hídrica (Morais *et al.*, 2022).

Com base nestes contextos e levando-se em consideração as características hidroclimáticas do Semiárido brasileiro, entende-se como sendo de fundamental importância analisar a governança hídrica nesta região dos Estados em busca da construção de indicadores de eficiência que reflitam o grau de sustentabilidade dos processos de gestão da água.

Sendo assim, o presente estudo objetivou avaliar a aplicabilidade da legislação de recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Pajeú, localizado no Sertão do Estado de Pernambuco, possibilitando identificar o grau de aptidão dos principais municípios posicionados na área de influência da bacia em responder as pressões socioambientais em curso sobre o ecossistema.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Evolução histórica da legislação brasileira de recursos hídricos

Segundo Soares e Barbosa (2019) o contexto evolutivo dos recursos hídricos no Brasil é caracterizado por uma crescente preocupação a respeito da conservação deste importante insumo, de modo que, inicialmente, apresentavam-se nas legislações instruções normativas muito limitadas e atribuições referentes apenas a problemáticas pontuais a respeito do uso da água. Todavia, com a intensificação dos debates sociais e

políticos a respeito da busca pela sustentabilidade, passou-se a considerar então a água como um recurso natural limitado que necessita de gestão integrada e sustentável.

Neste contexto e após a segunda revolução industrial surgiu a necessidade da criação de regulamentações para o uso da água. No Brasil, promulgou-se o decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934, mais conhecido como o Código das Águas onde encontram-se estipulados os domínios e relaciona com maior ênfase o uso deste recurso na navegação e na produção de energia. Portanto, ainda no contexto desta lei, especialmente entre os artigos 96 a 101, encontra-se a primeira abordagem da legislação brasileira quanto a temática das águas subterrâneas (Brasil, 1934).

Com relação a competência da União, a Constituição Federal de 1934 estabeleceu que compete exclusivamente a esta legislar sobre “bens do domínio federal, riquezas do subsolo, mineração, metalurgia, águas, energia hidrelétrica, florestas, caça e pesca e a sua exploração”. Desse modo, a água no Brasil passou a ser considerada um bem comum da nação e essa regulamentação se tornou uma precursora para o surgimento das políticas hídricas no País (Daronco, 2013).

Posteriormente, surgiu a Lei Federal 6.938, de 31 de agosto de 1981 dispoendo sobre “a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências”. Esta regulamentação tem como um dos princípios descritos no artigo 2º, especificamente no inciso II, a racionalização da água como objeto de preservação da qualidade ambiental, desenvolvimento socioeconômico e proteção da dignidade da vida humana (Brasil, 1981).

Nesta conjuntura, a Constituição Federal de 1988 tratou de fornecer uma maior atenção ao meio ambiente, sendo possível visualizar no artigo 225 a seguinte afirmação: “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”. Daronco (2013) salienta que a partir da promulgação desta legislação, as águas no Brasil passaram a ser considerada públicas e a necessidade da garantia da proteção foi direcionada para toda a sociedade, não apenas para a União, os Estados e Municípios.

Wolkmer e Pimmel (2013) afirmam que a Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, no qual instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), introduziu o contexto de governança hídrica no Brasil. O 1º artigo, inciso V, desta Lei (9.433/1997), que trata dos

fundamentos da PNRH, defini a bacia hidrográfica como a unidade territorial a partir da sua implementação e viabilizou em definitivo o SINGREH (Brasil, 1997).

Em vista disto, é percebida no artigo 33 a importância da atuação de órgãos municipais de gestão hídrica, sendo estes integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, cabendo ao SINGREH:

Coordenar a gestão integrada das águas; arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos; implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos; planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos e promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos (Brasil, 1997).

Sendo assim, o artigo 31 define que para a implementação da PNRH cabe aos “Poderes Executivos do Distrito Federal e dos municípios promoverem a integração das políticas locais de saneamento básico, de uso, ocupação e conservação do solo e de meio ambiente com as políticas federal e estaduais de recursos hídricos” (Brasil, 1997). Portanto, Buriti e Barbosa (2014) afirmam que a instituição desta lei tornou o gerenciamento hídrico um instrumento moderno, democrático e atual que fornece subsídio para implantação de políticas de gestão hídrica em todo o território nacional.

2.2 O marco evolutivo da legislação pernambucana de gestão de recursos hídricos

Em Pernambuco, as legislações que são consideradas precursoras da gestão hídrica no estado foram estabelecidas pelas leis 11.426 e 11.427 de 17 de janeiro de 1997. A Lei 11.426 que aborda a Política Estadual de Recursos Hídricos, o manual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIGRH), foi alterada pela lei 12.984 de 30 de dezembro de 2005, que permanece em vigor até a presente data regulamentando a Política de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, além de abordar outras disposições, como a exigência de elaboração dos planos das bacias hidrográficas, a classificação dos corpos de água de acordo com o uso predominante, a concessão de direitos de uso da água, a cobrança pelo uso, o estabelecimento do sistema de informações de recursos hídricos de Pernambuco, a fiscalização e o monitoramento do uso da água (PERNAMBUCO, 1997).

A legislação de nº 11.427 aborda a conservação e a proteção das águas subterrâneas do Estado pernambucano (Pernambuco, 1997). Em seu Capítulo III esta lei direciona-se a gestão destas águas, estabelecendo a partir dos artigos da Seção I a devida atuação do órgão gestor sobre estes aquíferos, cujos destaques são apresentados a seguir.

Art. 21. A Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, através da Diretoria de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco, deverá desempenhar, como órgão gestor, dentre outras as seguintes atividades fundamentais:

- I - Avaliar as potencialidades e disponibilidades de águas subterrâneas, bem como planejar o seu aproveitamento racional;
- II - Implantar uma “base de dados” com cadastramento de todas as obras de captação de águas subterrâneas no Estado de Pernambuco, mantendo-o permanentemente atualizado;
- III - Conceder outorga para uso das águas subterrâneas;
- IV - Fiscalizar as obras de captação;
- V - Monitorar a exploração e controle dos recursos hídricos subterrâneos.

Portanto, a efetivação do órgão gestor do meio ambiente no Estado pernambucano ocorreu em 31 de janeiro de 2003 a partir da publicação da lei complementar nº 49, atribuindo, a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente (SECTMA) a competência de planejar, coordenar e implementar as políticas estaduais de proteção ambiental e hídrica, com a SECTMA, em paralelo, também englobando em suas atividades a gestão das ações de inovação e de ensino superior (SECTI, s.d.).

No ano de 2005, com a promulgação da Lei 12.984, que atualizou a Política Estadual de Recursos Hídricos e SIGRH, o Estado passou a considerar em sua legislação a água como um bem de valor não apenas econômico, mas também social e ambiental. De modo que, conforme os artigos 2º e 3º desta lei, a preservação da água passou a se tornar um dos principais fundamentos da política e objetivou a busca pela utilização racional dos recursos hídricos e o alcance do desenvolvimento sustentável das regiões (Pernambuco, 2005).

As diretrizes contidas nesta legislação atualizada propõem a integração de atividades de gestão hídrica com as de gestão ambiental, passando a reconhecer, portanto, a necessidade de avaliar os aspectos multidimensionais para o alcance da gestão sustentável de recursos hídricos, buscando articular a gestão das águas com o uso e ocupação sustentável dos solos.

Em relação aos instrumentos dispostos na primeira versão da Política Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco, publicada em 1997, pôde-se afirmar que no âmbito de gestão houve uma atualização significativa, de maneira que, consta destacado na lei 12.984/2005 a necessidade da elaboração dos planos diretores das bacias hidrográficas, planos estes posteriormente denominados e devidamente ajustados e apresentados como planos hidroambientais da bacia. O 5º artigo desta legislação apresenta ainda o enquadramento dos corpos de água em classes, a outorga do direito de uso, a cobrança, o

sistema de informações de recursos hídricos, a fiscalização do uso e o monitoramento da qualidade destes corpos hídricos como instrumentos (Silva; Silva, 2014).

Portanto, por consequência da necessidade de mão obra qualificada para que os objetivos propostos na política pudessem ser atingidos, o Estado pernambucano sancionou, em 19 de janeiro de 2007, a Lei nº 13.205 que estabeleceu uma nova estrutura de funcionamento para o poder executivo estadual, promovendo a gestão integrada dos recursos hídricos, criando-se a partir daí a Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco (Silva; Silva, 2014).

Posteriormente, em 2010, visando atender o que estabelecia a lei em vigor, foi sancionada a Lei Estadual nº 14.028, criando a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) com o objetivo de efetivar a execução da Política Estadual de Recursos Hídricos e regular o uso da água, através do fortalecimento do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIGRH) do estado de Pernambuco. Segundo Assis *et al.* (2012) dentre as competências da APAC é possível citar a análise os projetos de captação de água e emissão outorga como instrumento de regulação.

Em contrapartida, apenas em 2011 com o estabelecimento da Lei 14.264 criou-se uma secretaria própria para a gestão ambiental em Pernambuco, conhecida atualmente como Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade, a qual passou a se vincular a Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH), tendo como atribuição exercer atividades de licenciamento e fiscalização ambiental, promover trabalhos de educação ambiental, normatização, controle, regulação, proteção, conservação e recuperação dos recursos naturais (SECTI, s.d.).

Portanto, de acordo com legislação de recursos hídricos vigente em Pernambuco é possível observar que a tentativa de integração entre o planejamento ambiental e a gestão hídrica é uma estratégia que visa reorganizar as inter-relações entre os aspectos econômicos e socioambientais de maneira sistemática, buscando executar as ações diante da perspectiva do uso sustentável da água (Silva; Silva, 2014).

2.3 Integração entre as legislações de gestão de recursos hídricos e de saneamento ambiental na busca pela sustentabilidade das bacias hidrográficas

Partindo do princípio de que o saneamento é definido no 3º artigo da Lei 14.026, inciso I, como um conjunto de serviços públicos que deve contar com infraestrutura e instalações de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas (Brasil, 2020).

A integração de políticas ambientais é vista como uma alternativa para a gestão pública e para o planejamento urbano, tendo por finalidade obter múltiplos benefícios aos setores envolvidos neste processo (Ferreira; Lima; Corrêa, 2020; Grangeiro; Ribeiro; Miranda, 2020).

Desse modo, as transformações urbanas tendem a gerar pressões diretas ou indiretas nos corpos de água, é importante ressaltar que no Brasil os processos de gestão municipal hídrica encontram-se voltados prioritariamente para medidas de saneamento básico (Grangeiro; Ribeiro; Miranda, 2020). Assim, os autores alertam sobre a importância da integração entre a gestão hídrica e urbana no processo de planejamento municipal, sendo este um dos maiores desafios encontrados por ambos os setores apesar da existência de legislações que sinalizam esta necessidade. Desse modo os autores ainda citam como exemplo a elaboração dos planos de bacia, planos municipais de saneamento básico e dos planos diretores municipais que na prática são produzidos da maneira independente, acarretando falta de conexão dentre estas importantes regulamentações.

Nesta conjuntura, ao analisar o contexto histórico desta temática, se torna fundamental citar que foi diante da Constituição Federal (CF) de 1988 que ocorreu a inserção da primeira regulamentação a respeito do saneamento no Brasil, definindo as devidas competências atribuídas a União, Estados e Municípios na promoção de programas de saneamento básico (Leite; Neto; Bezerra, 2022).

O artigo 21, inciso XX, da Constituição atribui à União a jurisdição de “instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transportes urbanos”. Todavia, um eixo de competência integrada entre a União, Estados, Distrito Federal e Municípios, encontra-se estabelecido no artigo 23, inciso IX, que determina que estas instâncias promovam em conjunto a “construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico” da população local (Brasil, 1988).

Ainda neste contexto histórico, a Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento (ASSEMAE, 2020) ressalta a inserção do Sistema Único de Saúde como setor fundamental na formulação de políticas públicas e execução de ações de saneamento, conforme o artigo 200, inciso IV da Constituição.

Apesar da CF de 1988 ter implementado e tornadas obrigatórias estas abordagens na legislação brasileira, destaca-se que somente em 5 de janeiro de 2007 foram estabelecidas as diretrizes nacionais para o saneamento básico e de política pública em

âmbito federal de saneamento através da promulgação da Lei nº 11.445. Todavia, somente a partir do decreto 7.217 de 21 de junho de 2010 foram estabelecidas as regulamentações para o pleno exercício da Lei 11.445 de 2007. Portanto, Coutinho (2021) afirma que “esses atos normativos embasaram o novo plano nacional de saneamento básico PNSB, também nominado por PLANSAB”.

Todavia, os incisos e parágrafos da Lei 11.445 já foram revogados e atualizados pela Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020, que trata do novo marco legal do saneamento básico no Brasil, no qual traz em seu texto a proposição da regionalização dos serviços, a padronização dos contratos e promove a entrada do setor privado na prestação destas atividades (Nunes; Anderaos; Araujo, 2021). Portanto, o novo marco legal do saneamento traz como um dos principais objetivos estabelecer as normas de referência a universalização dos serviços (Brasil, 2020).

Segundo Pequeno *et al.* (2023), universalizar o saneamento no Brasil é um fator importante na garantia da manutenção da qualidade de vida da população que neste momento é ameaçada pela crise climática em curso, pelo lançamento de suas próprias águas residuárias nos corpos de água e pela falta de gestão dos recursos hídricos com base em políticas públicas ambientais; segundo os autores, este é um quadro que representa um dos mais sérios entraves no processo de difusão dos serviços de saneamento básico e, conseqüentemente, na busca pela sustentabilidade das bacias hidrográficas.

A Lei nº 14.026/2020 estabelece ainda prazos e metas para esta universalização dentro da temporalidade estabelecida pelos objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS), determinando que, até 31 de dezembro de 2033, 99% da população do País tenha acesso à água potável e 90% a coleta e tratamento de esgoto (Brasil, 2020). Para o alcance destas metas é visto como fundamental o acompanhamento de órgãos regulamentadores, instituições de controles e da sociedade civil organizada (Leite; Neto; Bezerra, 2022).

Entretanto, o chamado “novo marco legal do saneamento” apresenta aspectos contraditórios por permitir a privatização dos serviços de saneamento e a criação de blocos regionalizados de acordo com o art. 49, inciso XIV (Brasil, 2020).

Pequeno *et al.* (2023) afirmaram que, da forma como a lei foi aprovada, levará a um aumento na desigualdade no acesso a água e tratamento de esgotos no país, pois para as instituições privadas os municípios maiores e superavitários são mais lucrativos que as regiões menores e mais pobres, ficando estes municípios mais vulneráveis sob responsabilidade das concessões públicas.

Mediante os contextos abordados, salienta-se ainda que, na tentativa de viabilizar a integração entre infraestruturas e serviços de saneamento com a de gestão dos recursos hídricos, a lei 14.026/2020 modificou também a estrutura da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), designando a esta agência a prerrogativa de emitir as normas de referências para os sistemas hídricos e de saneamento no Brasil, de modo a possibilitar a coordenação da governança compartilhada e a regulação do acesso e uso sustentável da água (Brasil, 2020).

3. METODOLOGIA

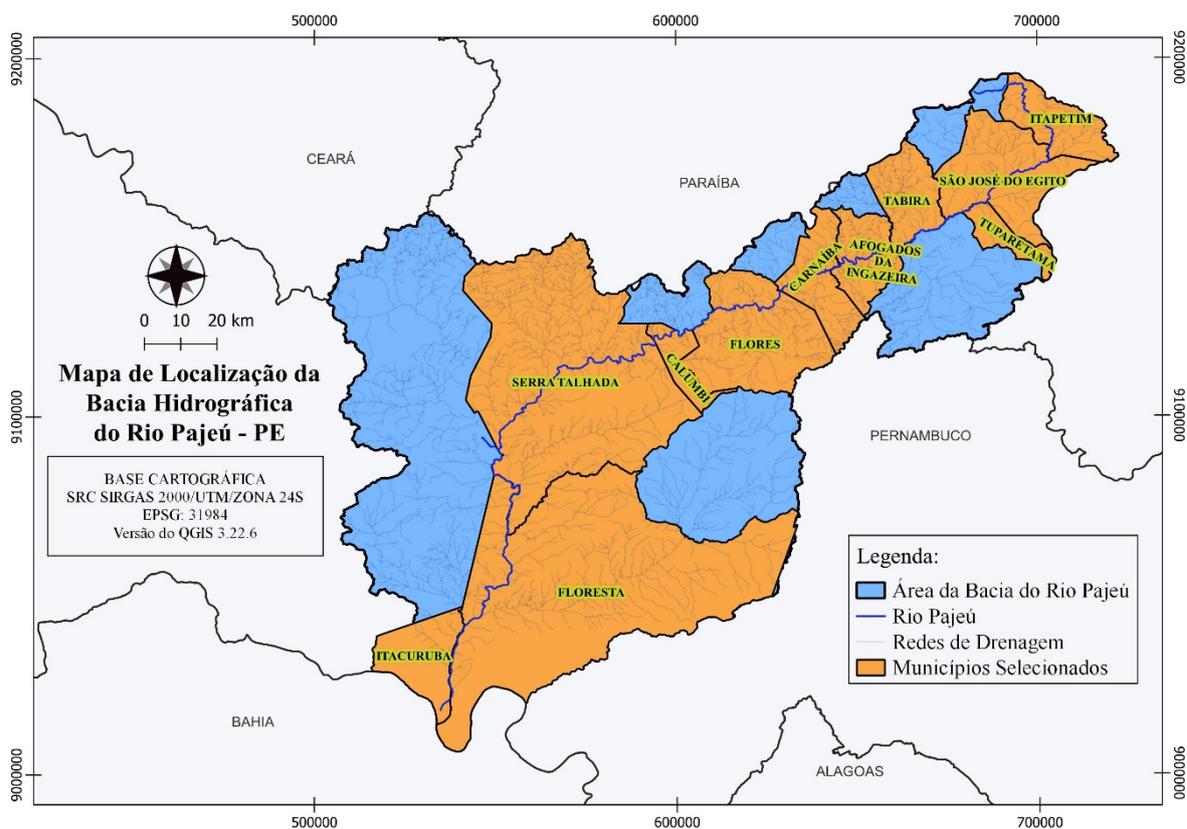
3.1 Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio Pajeú é uma das mais importantes regiões tributárias do Rio São Francisco em sua porção submédica, estando localizada no Sertão de Pernambuco, portanto, com predominância de clima semiárido e regime intermitente; também se caracteriza por ser a maior bacia hidrográfica do Estado, contemplando uma área que abrange cerca de 16,97% do território (Gonçalves *et al.*, 2022).

Na estrutura organizacional da Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos do Estado (SEINFRA) a bacia do Pajeú pertence a Unidade de Planejamento Hídrico UP-11, estabelecida em 2022 no Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco (PERNAMBUCO, 2022). Neste contexto, 27 municípios compõem a divisão político-administrativa da bacia, sendo estes: Afogados da Ingazeira, Carnaíba, Betânia, Brejinho, Itacuruba, Calumbi, Flores, Floresta, Ingazeira, Itapetim, Quixabá, Santa Cruz da Baixa Verde, Santa Terezinha, Carnaubeira da Penha, Igaraci, Mirandiba, São José do Belmonte, São José do Egito, Belém do São Francisco, Custódia, Ibimirim, Salgueiro, Serra Talhada, Solidão, Tabira, Triunfo e Tuparetama (APAC, s.d.).

Estabelecendo-se uma representatividade para os dados coletados, de forma a abranger todas as regiões de influência de captação de água e uso e ocupação dos solos (alto, médio e baixo Pajeú), bem como pela relevância sociopolítica e econômica dos pontos amostrais, foram selecionados 11 municípios (Figura 1) inseridos diretamente na calha do rio, sendo estes: Itapetim, São José do Egito, Tuparetama, Tabira, Afogados da Ingazeira, Carnaíba (alto Pajeú), Flores, Calumbi, Serra Talhada (médio Pajeú), Floresta e Itacuruba (baixo Pajeú).

Figura 1 - Localização dos municípios selecionados



Fonte: Autoria própria (2023).

3.2 Material e método

A metodologia executada na presente pesquisa se fundamentou na adaptação do método de avaliação de desempenho da governança hídrica municipal desenvolvido por Miranda (2015), que tem por finalidade formular indicadores que expressam o Índice do Potencial de Gestão de Recursos Hídricos (IPGRH) municipal.

Desta forma, a pesquisa foi desenvolvida a partir de uma análise exploratória referente a aplicabilidade da legislação hídrica direcionada para a gestão da bacia hidrográfica do Rio Pajeú, com intuito de compreender/aferir o grau em que os municípios nela inseridos estão aptos a responder as pressões antrópicas.

As informações que alimentaram o banco de dados e que foram sistematizadas originaram-se de um levantamento bibliográfico exploratório das legislações ambientais de recursos hídricos a nível nacional, bem como das respostas geradas a partir da aplicação de um questionário semiestruturado que embasou entrevistas/encontros realizados junto aos gestores dos municípios selecionados (Figura 1).

Os dados advindos da sistematização das respostas dos gestores e/ou das informações disponibilizadas pelas equipes da gestão municipal, foram confrontados com

os dados referentes aos anos de 2020 e 2021 do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS), como forma de aferição/validação das informações catalogadas e analisadas.

Para a formulação dos indicadores que são apresentados no Quadro 1 a seguir, a pesquisa baseou-se nos seguintes instrumentos legais: a) Lei Federal 9.433/97 que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos; b) Lei Estadual 12.984/2005 referente a Política Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco; c) Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos; d) Decreto Federal 7.217/2010 que regulamenta a Lei Federal 11.445/2007 que dispõem das diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências e e) a Lei Federal de 14.026/2020 que trata do novo marco legal do saneamento.

Miranda (2015) afirma que a gestão hídrica nos municípios se efetiva e passa a ser adequada somente quando instrumentos legais são acionados para nortear as ações de planejamento, seguido de uma estrutura organizacional que sistematize os trabalhos realizados e que haja disponibilidade de recursos financeiros para o custeio dos projetos a serem desenvolvidos.

Neste contexto, para a construção do Índice do Potencial de Gestão de Recursos Hídricos (IPGRH) (Miranda, 2015), foram considerados/analísados para os 11 municípios selecionados:

- a) o Índice do Potencial de Planejamento (IPP), que objetivo verificar se a administração municipal possui instrumentos legais que visam a preservação e conservação da água;
- b) o Índice do Potencial Institucional (IPI), que tem o objetivo de comprovar se os municípios possuem estrutura de gestão hídrica efetivamente implantada;
- c) o Índice do Potencial Financeiro (ICF), indicador da existência de recursos financeiros destinados a implantação de um sistema de gestão dos recursos hídricos.

Quadro 1 - Definição dos índices parciais do IPGRH.

Índices Parciais	Indicadores	Parâmetros Avaliados
Índice do Potencial de Planejamento (IPP)	Política Municipal de Recursos Hídricos	Existência de normas e diretrizes gerais que visam dar suporte a busca pela sustentabilidade, bem como a organização do sistema municipal de gestão de água a partir dos organismos de gestão.
	Inserção no Plano hidroambiental da Bacia do Rio Pajeú	Existência de um plano vigente, elaborado para orientar a execução da política municipal de recursos hídricos através de objetivos e programas.
	Lei de Proteção de Mananciais	Existência da legislação que visa regular o uso do solo tendo em vista a proteção das águas.
	Política Municipal de Saneamento Básico	Existência de normas e diretrizes gerais que buscam valorização, proteção e gestão equilibrada dos recursos hídricos.
	Plano Municipal de Saneamento Básico	Existência de plano vigente, elaborado para orientar a execução da política municipal de saneamento básico através de objetivos e programas.
	Plano de Gestão de Resíduos Sólidos	Existência de plano atualizado, elaborado de acordo com a realidade municipal. Com intuito de cumprir os objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações contidos Política Nacional de Resíduos Sólidos.
Índice do Potencial Institucional (IPI)	Secretaria Municipal de Meio Ambiente	Existência do órgão específico que visa coordenar, regular e dar suporte financeiro para o enfrentamento das questões relativas ao meio ambiente a nível local.
	Conselho Municipal de Saneamento	Existência de órgão que busca propor a ações que visa o cumprimento da Política Municipal de Recursos Hídricos e da Política Municipal de Saneamento Básico.
	Presença da companhia de saneamento estatal	Existência de órgão que visa o fornecimento dos serviços de saneamento ambiental e distribuição de água.
	Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos	Existência do tratamento adequado dos resíduos sólidos visando a redução dos impactos ambientais diretos e indiretos sobre a bacia no âmbito municipal e que seja compatível com o cumprimento das exigências da Política Nacional de Resíduos Sólidos.
Índice do Potencial de Financiamento (IPF)	Existência de lei que institui Fundo Municipal de Meio Ambiente	Existência de fonte permanente de arrecadação e suporte financeiro utilizada exclusivamente em projetos ambientais (criada a partir de uma lei).

Fonte: Adaptado de Miranda (2015)

Neste contexto, o Índice do Potencial de Gestão de Recursos Hídricos de cada município foi obtido a partir do resultado da média dos índices parciais. Para obtenção dos índices parciais atribuiu-se o valor de 1 para a existência do indicador avaliado e 0 para a ausência.

Assim, o IPGRH caracteriza as respectivas cidades em análise de acordo com a capacidade de resposta destas em lidar com as pressões socioambientais sobre a bacia

hidrográfica, optando-se, para aumentar a precisão da análise, subdividi-la em quartis entre o valor máximo (1) e mínimo (0), conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação de acordo com a capacidade de resposta dos municípios.

Intervalo	Categoria do IPGRH
0 - 0,25	Muito baixo
0,25 - 0,5	Baixo
0,50 - 0,75	Médio
0,75 - 1	Alto

Fonte: Autoria própria (2023)

Sendo assim e para uma melhor visualização e representação das informações obtidas, os dados do IPGRH dos respectivos municípios foram espacializados em ambiente de sistema de informações geográficas (SIG), utilizando-se o *software Qgis* versão 3.22.6.

A consolidação dos dados do Índice do Potencial de Gestão de Recursos Hídricos permite ainda avaliar a intensidade do grau no relacionamento deste indicador com/entre as variáveis socioeconômicas (PIB *per capita*, área, população e IDHM) retiradas do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referente aos anos de 2021, 2022 e 2010 utilizando o coeficiente de correlação de Pearson executado no *SigmaPlot 15.0*. Sendo assim, o resultado pode variar de 1 (indicando que a relação linear é perfeitamente positiva) a -1 (relação linear perfeitamente negativa).

Para o enquadramento, compreensão e discussão dos dados adquiridos, seguimos o que propõe Dancy e Reidy (2005 *apud* Filho; Júnior, 2009), os quais afirmam que valores entre 0,1 e 0,3 indicam correlação fraca; resultados variando de 0,4 a 0,6 são vistos como moderados e as apurações acima de 0,7 passam a ser considerados de forte correlação.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

As entrevistas foram conduzidas entre os meses de abril e agosto, utilizando tanto modalidades presenciais quanto remotas. No caso das entrevistas remotas, foi disponibilizado um questionário (ANEXO 1) para os gestores municipais ligados à área ambiental em cada cidade.

Os gestores de Itacuruba e São José do Egito optaram por fornecer as informações pessoalmente, enquanto os demais gestores as disponibilizaram remotamente. No entanto, os gestores do município de Tabira foram contatados várias vezes sem sucesso, resultando

na extração de todas as informações desse município exposta nesta pesquisa advinda da base de dados do SNIS.

Quanto a aplicação do questionário, observou-se uma dificuldade dos gestores na compreensão das informações requeridas, de modo que atribui este fato à falta de familiaridade ou formação na área. Pois, muitos deles não tinham conhecimentos aprofundados sobre as competências municipais na gestão hídrica.

Deste modo, é importante ressaltar a falta de conformidade entre a base de dados e os questionários. Para corrigir essa discrepância, foi utilizado como fator de correção os dados do SNIS, o que aumentou a confiabilidade dos dados na análise.

O detalhamento dos elementos que permitiram a construção do Índice do Potencial de Gestão dos Recursos Hídricos (IPGRH) para cada município considerado na presente pesquisa, encontra-se na Tabela 02 a seguir. O cruzamento dos resultados obtidos no conjunto das análises, constitui-se num importante elemento que expressa a existência e a qualidade das instituições e dos instrumentos que devem garantir a gestão sustentável da bacia hidrográfica em estudo.

Tabela 2 – Análise do IPGRH de municípios da bacia hidrográfica do Rio Pajeú.

REGIÕES	MUNICÍPIOS	Índice do Potencial de Planejamento (IPP)						Índice do Potencial Institucional (IPI)				Índice do Potencial de Financiamento (IPF)
		Política Municipal de Recursos Hídricos	Plano da Bacia do Rio Pajeú	Lei de proteção Proteção de Mananciais	Política Municipal de Saneamento Básico	Plano Municipal de Saneamento Básico	Plano de Gestão de Resíduos Sólidos	Secretaria Municipal de Meio Ambiente	Conselho Municipal de Saneamento	Presença da companhia de saneamento estatal	Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos	Existência de lei que institui Fundo Municipal de Meio Ambiente
ALTO PAJEÚ	AFOGADOS DA INGAZEIRA	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
	ITAPETIM	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
	SÃO JOSÉ DO EGITO	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
	TABIRA	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
	TUPARETAMA	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
MÉDIO PAJEÚ	CALUMBI	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	CARNAIBA	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
	FLORES	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0
	SERRA TALHADA	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
BAIXO PAJEÚ	FLORESTA	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1
	ITACURUBA	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0

Fonte: Autoria própria (2023).

4.1 Índice do potencial de planejamento (IPP)

A análise do IPP permite verificar que a ausência de um Plano Hidroambiental para a Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú tende a estimular a desarticulação da gestão e, conseqüentemente, trazer malefícios aos corpos hídricos existentes e a qualidade da água neles armazenada. Esta é uma situação que contraria o Artigo 6 da Política Nacional de Recursos Hídricos que considera a existência do Plano Hidroambiental como um documento norteador do gerenciamento dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas do país (Brasil, 1997).

Este quadro é ainda mais agravado quando se constata que nenhum dos 11 municípios avaliados possui instrumentos de Política Municipal de Recursos Hídricos, considerado como um instrumento que objetiva sustentar o funcionamento da gestão hídrica na região em que o município está inserido, mesmo não havendo obrigatoriedade da elaboração prevista na legislação (Miranda, 2015).

No que se refere aos Planos Municipais de Saneamento (PMSB) e de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), constatou-se que apenas 45,5% dos municípios possuem os respectivos planos, o que caracteriza uma baixa adesão, mesmo constando-se nos artigos 18 e 49, das leis 12.305/2010 e 11.445/2007 respectivamente, que a existência destes instrumentos está entre as exigências legais para acesso e obtenção de recursos federais para o financiamento de projetos voltados para a área de saneamento nos municípios (Almeida *et al.*, 2022).

A maioria dos municípios informaram que não elaboraram os planos PMSB e PGRS por falta de recursos, segundo afirmativa dos gestores; a esta debilidade soma-se outra, pelo fato de que, aproximadamente 81,8% dos municípios não possuem “fundo municipal de meio ambiente”, instrumento fundamental para o financiamento de projetos e obras nesta área (Brasil, 2010; Brasil, 2007).

Dentro deste cenário, 63,64% dos gestores dos municípios, que participaram da dinâmica nesta pesquisa, alegaram que a estadualização do saneamento é um entrave significativo para o atraso ou falta dos planos e políticas a nível municipal, uma vez que o Estado continua sendo a instância designada para o gerenciamento desta pauta no Brasil, e é evidente o déficit no repasse de recursos financeiros (Lisboa; Heller; Silveira, 2013).

Na conjuntura atual, segundo os gestores, os municípios enfrentam dificuldades pela ausência ou insignificância dos subsídios financeiros repassados por parte do Governo Estadual para os municípios da bacia hidrográfica do Pajeú, de modo que, isto é um dos fatores relevantes que impede a implementação e gestão de políticas internas,

principalmente as ligadas a pauta ambiental, pois em municípios menores, como exemplo destes avaliados na presente pesquisa, observa-se uma baixa capacidade de autofinanciamento de políticas públicas voltados para área de saneamento e recursos hídricos (Neto, 2021).

É importante enfatizar que os indicadores que constam no IPP são de fundamental importância para o alcance do desenvolvimento sustentável em cada região e que integram, no que estabelece o art. 31 da Política Nacional de Recursos Hídricos, a explícita responsabilidade dos municípios em promoverem a integração entre as políticas de saneamento, de uso e ocupação do solo e de meio ambiente no âmbito de sua área de abrangência por estarem inseridos diretamente na bacia hidrográfica (Brasil, 1997).

4.2 Índice potencial institucional (IPI)

Em relação ao IPI, constatou-se que é o índice parcial que apresenta maior quantidade de indicadores em consonância com os parâmetros avaliados, ou seja, os municípios apresentam na sua composição institucional órgãos essenciais para o correto funcionamento da governança hídrica. Nesse sentido, a presença dessas estruturas tende a possibilitar uma maior efetivação das políticas, planos e ações, devido otimizar o tempo e minimizar os efeitos das burocracias na gestão municipal, como destacado por Miranda (2017).

Dentre os municípios que possuem uma estrutura de Secretaria de meio ambiente (03 unidades no Pajeú), é possível afirmar que apenas Serra Talhada dispõe de infraestrutura adequada para executar e otimizar a gestão dos recursos ambientais. A Constituição Federal de 1988 estabelece como competência municipal legislar sobre os assuntos de interesse local, inclusive sobre o meio ambiente. Neste sentido, os municípios têm o direito de criar estruturas específicas para gerir os assuntos relacionados a emenda ambiental, como o exemplo de secretarias, diretorias, órgãos e departamentos. Assim, Miranda (2017) reforça que a presença destas estruturas exclusivas revela que determinadas políticas ambientais têm espaço na agenda municipal.

4.3 Índice de potencial de financiamento (IPF)

Os dados do IPF desta análise, mostram que apenas 18,2% dos municípios apresentam leis que instituem fundo municipal de meio ambiente (FMMA). Dessa maneira, Ávila e Malheiros (2012) afirmam que o FMMA tem o objetivo de financiar planos, programas, projetos e ações de iniciativas públicas e privadas voltadas para o uso racional e sustentável dos recursos naturais, proteção, conservação e monitoramento do

meio ambiente em nível local. Os autores declaram ainda que este fundo é um incentivo econômico na implantação de uma estrutura institucional e de planejamento que possibilita, de maneira autônoma, o estabelecimento de estratégias para as ações voltadas para a área ambiental de um respectivo município.

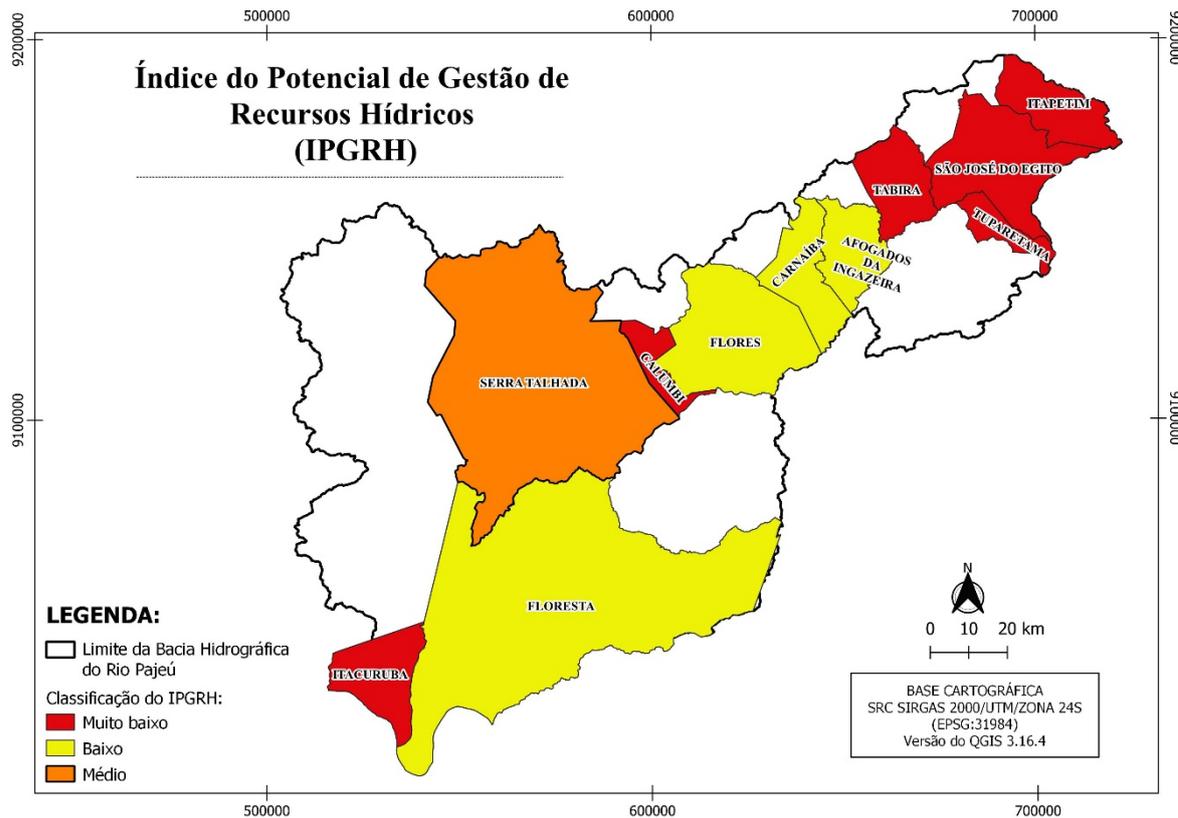
Assim, diante da análise realizada na presente pesquisa, pode-se inferir que há um déficit financeiro significativo em todas as regiões do Pajeú, no qual impacta diretamente a capacidade de implementação de medidas e projetos voltados para a preservação e recuperação desta importante bacia hidrográfica.

4.4 Índice do potencial de gestão de recursos hídricos (IPGRH)

A evolução da análise interrelacionadas do IPP, IPI e IPF e a construção dos índices parciais para cada um destes indicadores, é possível classificar os municípios de acordo com a capacidade de resposta em lidar com as pressões socioambientais impostas a bacia hidrográfica em seus respectivos territórios, de modo que, a Figura 2 expressa os dados IPGRH municipal.

Neste contexto, Mendes e Guandique (2020), afirmam que a utilização do método aqui empregado permite analisar a eficiência e aplicabilidade dos instrumentos e estruturas voltados para governança da água na área de abrangência dos 11 municípios investigados dentro da bacia.

Figura 2 – Classificação do IPGRH dos municípios selecionados na pesquisa.



Conforme constatou-se na análise do IPG, IPI e IPF, análise da Figura 2 apresenta o IPGRH e apurou que a região do alto Pajeú dispõem de um desempenho muito baixo para governança hídrica, resultado este que se associa aos fatos dos municípios não dispor de estrutura institucional ligadas as questões ambientais e pelo fato dos órgãos estaduais e federais não priorizarem o repasse orçamentário para a resolução de problemáticas ambientais em municípios considerados como menores (Nicollier; Bernardes; Kiperstok, 2022). Destaca-se aqui Afogados da Ingazeira, município que também pertence a região do alto Pajeú, mas que, apesar do seu enquadramento num faixa ainda de baixo desempenho, diferentemente das demais cidades de sua região, possui uma representatividade (média) bem mais significativa no que se refere aos indicadores do potencial institucional (Miranda, 2015).

Na porção média do Pajeú, os municípios ali localizados, alcançaram diferentes índices, com Serra Talhada incluída num desempenho médio, Carnaíba e Flores apresentando baixo potencial de gestão hídrica, ficando a situação ainda mais precária em Calumbi que detêm uma performance muito baixa.

Aqui é importante ressaltar que Serra Talhada se sobressaiu entre os demais municípios pela existência de um potencial institucional de máxima potência (100%),

contudo, no que se refere ao item planejamento, verifica-se um mínimo de comprometimento dos gestores deste município na elaboração das políticas e planos.

Na região do baixo Pajeú, aqui representados pelos municípios de Floresta e Itacuruba, os índices alcançados são, respectivamente, de baixo a muito baixo. Estes índices ganham projeção principalmente pela ausência nestes municípios de uma secretária específica para as questões ambientais, que acarreta consequente em falhas no planejamento estratégico e dificulta o processo de gestão hídrica local (Ávila; Malheiros, 2012). Mendes e Guandique (2020) afirmam que a existência de uma secretária municipal de meio ambiente em um município tem por objetivo viabilizar o suporte técnico aos conselhos de meio ambiente, analisar pedidos de outorgas para o uso sustentável da água e embasar licenciamentos de atividades potencialmente poluidoras ao meio ambiente.

A análise da Figura 2 permite firmar que os municípios em análise necessitam de consideráveis investimentos voltados para a área hídrica, especialmente na implantação das políticas e planos previstos na legislação.

É importante ressaltar que, apesar da maioria dos municípios de menor extensão dentro da bacia hidrográfica, apresentar desempenho para governança da água que varia de baixo a muito baixo, são os que menos impactam os corpos hídricos devido ao lento processo de urbanização de suas áreas urbanas, corroborando com que afirmam Conand, Randria e Le Borgne (2021), que concluíram em suas pesquisas sobre o uso de indicadores ambientais voltados para análise das cidades sustentáveis, que quanto maior for a cidade, maior será o processo de poluição imposto no meio ambiente.

Portanto, com a finalidade de aprofundar/compreender como se dá a configuração socioeconômica das áreas antropizadas dentro da Bacia Hidrográfica, a Tabela 3, apresentada a seguir, traz o IPGRH obtidos no presente estudo e sua correlação com indicadores socioeconômicos captados no banco de dados oficial do IBGE referente aos anos de 2010, 2020 e 2022 e relacionados aos municípios da região do Pajeú.

Tabela 3 – IPGRH e indicadores socioeconômico dos municípios em estudo, localizados na bacia hidrográfica do Rio Pajeú.

REGIÕES	MUNICÍPIOS	IPGRH	ÁREA (km ²)	POPULAÇÃO (habitantes)	PIB per capita (R\$)	IDHM*
ALTO PAJEÚ	AFOGADOS DA INGAZEIRA	0,36	377,70	40.241	12.528,31	0,69
	ITAPETIM	0,18	411,90	13.791	8.732,97	0,62
	SÃO JOSÉ DO EGITO	0,18	774,04	31.004	11.549,47	0,66
	TABIRA	0,18	390,43	27.681	9.900,06	0,63

	TUPARETAMA	0,09	189,51	8.005	9.582,62	0,66
MÉDIO PAJEÚ	CALUMBI	0,18	179,31	5.228	9.125,74	0,60
	CARNAIBA	0,27	427,80	18.644	8.900,39	0,61
	FLORES	0,36	995,56	20.347	8.125,68	0,58
	SERRA TALHADA	0,55	2.980,01	92.228	18.214,14	0,69
BAIXO PAJEÚ	FLORESTA	0,36	3.604,95	30.137	12.362,54	0,65
	ITACURUBA	0,18	430,04	4.284	13.284,79	0,62

*Dados ajustados, com base no IDHM de 2010 (IBGE) e IDH's para o Estado de Pernambuco dos anos de 2012 e 2021. Fonte: Autoria própria (2023).

Municípios como Serra Talhada que concentram um maior número de habitantes segundo dados do censo do IBGE (2022), com reflexo no PIB per capita e no IDHM, tendem a estabelecer processos de governança municipal mais bem estruturados, influenciando na obtenção de melhores índices, como é o caso do IPGRH. Assim, Lucas e Smith (2019) afirmam que municípios maiores possuem melhores estruturas por possuir mais recursos financeiros e humanos a sua disposição, permitindo a criação de departamentos específicos para cada área e refletindo na eficácia da elaboração de políticas e planos.

Segundo Carlo (2006) torna-se relevante analisar a interligação das variáveis socioeconômicas com o desempenho da gestão municipal, centrado na premissa de que em regiões mais desenvolvidas, a população tende a apresentar uma maior consciência ambiental para exigir políticas públicas.

Para Pereira e Neto (2018), quanto melhor for a economia e o desenvolvimento de um município, mais probabilidade de estes terem recursos financeiros para investir na conservação ambiental e, por consequência, na gestão de recursos hídricos.

Em contrapartida, ao avaliar o tamanho das populações e PIB per capita abaixo de 10 mil reais, considera-se as cidades de Itapetim, Tabira, Carnaíba e Flores com um índice baixo em relação a variável econômica, refletindo isto sobre o IPGRH que varia de baixo a muito baixo. Fato este que também embasado com os dados do IDHM, que segundo a classificação de Richard (2013) pode-se afirmar que os municípios do Pajeú dispõem de uma média escala de desenvolvimento. Entretanto, ao confrontar os dados de todas as cidades analisadas e o cenário dos municípios citados acima, pode-se afirmar que Itapetim, Tabira, Carnaíba e Flores dispõem dos piores índices de desenvolvimento na região.

Diante deste quadro é certo afirmar que a falta de recursos financeiros impacta diretamente no processo decisório da gestão hídrica municipal, de modo que, “a ausência

desse fundo indica que os valores para custeio de ações no meio ambiente tornam-se em conjunto com outras políticas de Estado, resultando em intervenções mais tardias” (Mendes; Guandique, 2020).

Sendo assim e com intuito de validar a análise cruzada do IPGRH com os indicadores socioeconômicos apresentados na Tabela 3, correlacionou-se os dados dos índices obtidos para os 11 municípios em estudo com os respectivos indicadores sociais e econômicos a partir do coeficiente de Pearson (Tabela 4).

Tabela 4 – Correlação entre variáveis socioeconômicas e o IPGRH obtido para municípios da bacia hidrográfica do Rio Pajeú.

VARIÁVEIS	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO
Área do município	0,725
População	0,829
PIB per capita	0,637
IDHM	0,327

Fonte: Autoria própria (2023)

A partir da análise estabelecida (Tabela 4) constata-se um elevado coeficiente de correlação existente entre o índice e as variáveis área e população. Entretanto, pode-se afirmar diante dos dados expostos que apenas as relações destas duas variáveis não são suficientes para traduzir o real desempenho da governança hídrica municipal, sendo necessário levar em conta a análise das variáveis de maior impacto, como por exemplo, o fator econômico e o índice de qualidade de vida da população que habita e trabalha na região da bacia (Pozzoli *et al.*, 2014).

Aos analisarmos os valores de correlação obtidos para os parâmetros do PIB per capita (acumulação de riquezas) e IDHM (renda/saúde/educação) estes são classificados como moderado e fraco, respectivamente, evidenciando que existem prefeituras que, apesar de possuírem uma estrutura institucional adequada para o estabelecimento da gestão de recursos hídricos, no entanto, não há uma efetivação desta política pública em prol de uma governança hídrica eficaz e sustentável (Miranda, 2015); logo, pode-se afirmar que para melhorar os resultados da performance da governança hídrica municipal, deve ser promovido o crescimento econômico sustentável na região, melhorar a qualidade institucional, promover a coesão social e garantir a liberdade política, de modo que, as instituições públicas em conjunto com a população local possam trabalhar a fim de alcançar o desenvolvimento sustentável (Madni; Anwar; Ahmad, 2022).

Neste sentido, Macedo *et al.* (2022) afirmam que cidades com baixo IDH e infraestrutura sanitária inadequada apresentam índices de menor expectativa de vida para

população em função do comprometimento da saúde causado pela falta de saneamento básico.

5. CONCLUSÃO

Nos municípios avaliados na bacia do Rio Pajeú a gestão hídrica municipal é falha ou inexistente por falta ou inadequação de verbas para efetivação de uma política pública de governança hídrica, segundo declaração dos gestores municipais.

O IPGRH indicou, para todos os municípios, a existência de pendências relacionadas a elaboração de políticas públicas e planos para gestão da água. Dentre estas pendências destaca-se como prioridade a criação de secretarias de meio ambiente, de maneira que, estas tenham competências necessárias para gerir as diversas demandas, inclusive aquelas atreladas ao gerenciamento dos recursos hídricos.

A partir do cenário aqui descrito e para que a bacia hidrográfica retome o caminho para um desenvolvimento sustentável, vê-se como fundamental a descentralização do poder no gerenciamento dos recursos naturais e a inserção efetiva dos gestores ambientais do serviço público nas tomadas de decisões direcionadas ao processo de gestão hídrica.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I. R. DE *et al.* REVISÃO PARTICIPATIVA DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE IJUÍ-RS: PARTICIPATORY REVIEW OF THE IJUÍ-RS MUNICIPAL SANITATION PLAN. **Revista Gestão e Conhecimento**, v. 16, n. 3, p. 1226-1240, 2022. DOI: <https://doi.org/10.55908/RGCV16N3-012>

ASSIS, A. A. A. de. *et al.* AÇÕES DA AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA (APAC) NA GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS VOLTADA PARA A OUTORGA NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], 2012. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/27548>. Acesso em: 5 set. 2023.

ASSEMAE. O Panorama das últimas décadas do saneamento básico brasileiro. Brasília, 2020. Disponível em: <https://assemae.org.br/artigos/item/5822-assemae-publica-artigo-com-panorama-do-saneamento-nas-ultimas-decadas>. Acesso em: 10 set. 2023.

ÁVILA, R. D.; MALHEIROS, T. F. O sistema municipal de meio ambiente no Brasil: avanços e desafios. **Saúde e Sociedade**, v. 21, p. 33-47, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-12902012000700004>.

Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC. **Bacia do Rio Pajeú**. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/169-bacias-hidrograficas-rio-pajeu/202-bacia-do-rio-pajeu>. Acesso em: 05 abr. 2023.

Brasil. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 jul. 2020.

BRASIL. Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 21 jun. 2010.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 5 jan. 2007.

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 nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 8 jan. 1997. Seção 1, p. 579.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2 set. 1981.

BRASIL. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o código de águas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 jul. 1934. Seção 1, p. 1287.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

BRASIL. Constituição (1934). **Constituição da República dos Estados Unidos do Brasil**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1934.

BOLSON, S. H.; HAONAT, Â. I. A governança da água, a vulnerabilidade hídrica e os impactos das mudanças climáticas no Brasil. **Veredas do Direito**, v. 13, n. 25, p. 223-248, 2016.

BURITI, C. de O.; BARBOSA, E. M. Políticas públicas de recursos hídricos no Brasil: olhares sob uma perspectiva jurídica e histórico-ambiental. **Veredas do Direito**, v. 11, p. 225, 2014. DOI: <https://doi.org/10.18623/rvd.v11i22.431>.

CARLO, S. de. **Gestão ambiental nos municípios brasileiros: impasses e heterogeneidade**. 2006. 329 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de desenvolvimento sustentável, Universidade de Brasília - UNB, Brasília, 2006. Disponível em: <http://www.realp.unb.br/jspui/handle/10482/2982>. Acesso em: 10 dez. 2023.

CONAND, C.; RANDRIA, E.; LE BORGNE, A. New Environmental Indicators for sustainable cities of varying size scale: The use case of France. In: **International Summit Smart City 360º**. Cham: Springer International Publishing, 2021. p. 381-391. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-06371-8_25.

COUTINHO, R. P. A. Trajetória político-institucional do saneamento básico no Brasil: do PLANASA à Lei 14.026/2020. **Revista de Direito da Administração Pública**, v. 1, n. 3, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.47096/redap.v1i3.225>.

DARONCO, G. C. Evolução histórica da legislação brasileira no tratamento dos recursos hídricos: das primeiras legislações até a Constituição Federal de 1988. **Porto Alegre: [sn]**,

2013. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/155/2138e9424748a787dc20c5aec625a25c_49028a51492e0183072f8d38ac42dbc6.pdf. Acesso em: 10 jul. 2023.

DALCIN, A. P.; MARQUES, G. F. Coordination of sanitation investment decisions with broader water resources management. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, [S. l.], v. 24, p. e14, 2022. DOI: 10.5902/2236117062686. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/62686>. Acesso em: 28 nov. 2023.

FERREIRA, S. C. G.; DE LIMA, A. M. M.; CORRÊA, J. A. M. Indicadores de sustentabilidade hidrológica, governança e regulação de recursos hídricos na bacia do rio Moju (PA) – Amazônia Oriental. **Revista de Gestão Ambiental**, v. 263, pág. 110354, 2020.

FILHO, D. B. F.; JÚNIOR, J. A. S. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, p. 115-146, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/politica hoje/article/view/3852>. Acesso em: 10 set. 2023.

GRANGEIRO, E. L. de A.; RIBEIRO, M. M. R.; MIRANDA, L. I. B. de. Integração de políticas públicas no Brasil: o caso dos setores de recursos hídricos, urbano e saneamento. **Cadernos Metrópole**, v. 22, p. 417-434, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2020-4804>.

GRANGEIRO, E. L. de A.; RIBEIRO, M. M. R.; MIRANDA, L. I. B. de. Análise da governança dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Paraíba. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 5, p. 314-330, 2019.

GOUVEIA, R. L.; PEDROSA, I. V. Gestão das políticas governamentais para os recursos hídricos, Recife, Pernambuco, Brasil. **Desenvolvimento em Questão**, v. 13, n. 32, p. 103-126, 2015. DOI: <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2015.32.103-126>.

GONÇALVES, B. D. F. *et al.* Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú - PE: uso de recursos naturais, mudanças e questões ambientais de 1991 a 2022. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 15, pág. e186111537031, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i15.37031. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/37031>. Acesso em: 20 ago. 2023.

LEITE, C. H. P.; NETO, J. M. M.; BEZERRA, A. K. L. Novo marco legal do saneamento básico: altera es e perspectivas. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 27, p. 1041-1047, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220210311>.

LISBOA, S. S.; HELLER, L.; SILVEIRA, R. B. Desafios do planejamento municipal de saneamento básico em municípios de pequeno porte: a percep o dos gestores. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 18, p. 341-348, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000400006>.

LUCAS, J.; SMITH, A. Which policy issues matter in Canadian municipalities? A survey of municipal politicians. **A Survey of Municipal Politicians (March 6, 2019)**. The

School of Public Policy Publications, v. 12, 2019. DOI: <https://doi.org/10.11575/sppp.v12i0.56964>

MACEDO, K. Go. *et al.* Relationship between the Municipal Human Development Index and Basic Sanitation. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, p. e156111435-e156111435956, 2022. DOI: [10.33448/rsd-v11i14.35956](https://doi.org/10.33448/rsd-v11i14.35956).

MADNI, G. R.; ANWAR, M. A.; AHMAD, N. Socio-economic determinants of environmental performance in developing countries. **Journal of the Knowledge Economy**, v. 13, n. 2, p. 1157-1168, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13132-021-00775-0>.

MENDES, J. J.; GUANDIQUE, M. E. G. Índices de gestão municipal dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Munim–MA. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 36907-36923, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n6-288>.

MIRANDA, L. I. B. de. A Crise Hídrica e a Gestão das Águas Urbanas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba. **Anais ENANPUR**, v. 17, n. 1, 2017. Disponível em: <https://anais.anpur.org.br/index.php/anaisenanpur/article/view/2227>. Acesso em: 15 dez. 2023.

MIRANDA, G. M. Potencial da Gestão Municipal de Recursos Hídricos nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, SP. **Geografia (Londrina)**, v. 24, n. 1, p. 05-17, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5433/2447-1747.2015v24n1p05>.

MIRANDA, G. M.; BRAGA, R. Indicadores de desempenho na gestão dos recursos hídricos nos municípios das bacias hidrográficas Piracicaba, Capivari e Jundiá. **Revista GeoNordeste**, n. 2, p. 96-113, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufs.br/geonordeste/article/view/2417>. Acesso em: 28 nov. 2023.

MORAIS, L. P. R. de. *et al.* Gestão Integrada de Recursos Hídricos: Efeitos da Governança local na Segurança Hídrica dos Municípios Brasileiros. **Encontro Brasileiro de Administração Pública**, 2022. Disponível em: <https://www.sbap.org.br/ebap/index.php/home/article/view/738>. Acesso em: 10 dez. 2023.

NETO, J. M. R. O desafio do federalismo brasileiro no saneamento básico. **Interações (Campo Grande)**, v. 23, p. 441-456, 2021. DOI: <https://doi.org/10.20435/inter.v23i2.2998>.

NICOLLIER, V.; BERNARDES, M. E., C.; KIPERSTOK, A. What Governance Failures Reveal about Water Resources Management in a Municipality of Brazil. **Sustainability**, v. 14, n. 4, p. 2144, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14042144>.

NUNES, C. M.; ANDERAOS, A. A.; LEAL, M. de A. C. The 2020 Reform of the Water and Sanitation Services Sector in Brazil. **BRICS Law Journal**, v. 8, n. 2, p. 66-88, 2021. DOI: <https://doi.org/10.21684/2412-2343-2021-8-2-66-88>.

ONU Brasil. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 20 ago. 2023.

PEQUENO, L. A. B. *et al.* O saneamento como mercadoria: Uma análise da Lei 14.026 e sua aplicabilidade no estado da Paraíba – Brasil. **Revista AIDIS de Ingeniería y**

SECTI – Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado de Pernambuco. História. Recife, PE, [s.d]. Disponível em: <https://www.secti.pe.gov.br/secti-2/historia/>. Acesso em: 15 set. 2023.

SILVA, A. P.; SILVA, C. M. Planejamento ambiental para bacias hidrográficas: Convergências e desafios na bacia do rio Capibaribe, em Pernambuco-Brasil. **HOLOS**, [S. l.], v. 1, p. 20–40, 2014. DOI: 10.15628/holos.2014.1734. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1734>. Acesso em: 13 set. 2023.

SOARES, J. A. S.; BARBOSA, E. M. Políticas de acesso à água no Brasil: pensando a evolução das políticas de combate à seca no semiárido. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 8, n. 4, p. 443-467, 2019. DOI: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v8e42019443-467>

TAVARES, J. M.; ARAÚJO, W. J. S. Consumo e Escassez de Água Potável em Salvador-Bahia. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 70909-70925, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-513>

WOLKMER, M. de F. S.; PIMMEL, N. F. Política Nacional de Recursos Hídricos: governança da água e cidadania ambiental. **Sequência (Florianópolis)**, p. 165-198, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5007/2177-7055.2013v34n67p165>.

CAPÍTULO III

ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE HÍDRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PAJEÚ: APLICAÇÃO DO MODELO FORÇA MOTRIZ, PRESSÃO, ESTADO, IMPACTO E RESPOSTA (FPEIR)

RESUMO

A conservação das bacias hidrográficas do sertão nordestino é considerada um desafio crucial para assegurar a qualidade e a quantidade de água necessárias ao desenvolvimento das futuras gerações. Este fato é acentuado pela significativa variabilidade hidrológica da região, somada aos aspectos socioeconômicos, como o exemplo da carência de saneamento básico. De modo que, a presente pesquisa teve por objetivo definir os graus de sustentabilidade hídrica da bacia hidrográfica do rio Pajeú em níveis micro (por município e região) com espacialização dos dados em ambiente de sistema de informações geográficas (SIGs) e em nível macro (a bacia como um todo) a partir da aplicação do modelo Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta e execução da análise estatística de componente principal (PCA). Assim, os indicadores aplicados permitiram analisar as pressões socioeconômicas sobre a bacia, o estado de conservação, os impactos resultantes destes fatores pressão e a avaliação da eficácia das medidas de resposta adotadas. A aplicação dessa metodologia permite fornecer através da identificação das fragilidades ambientais e do mapeamento realizado, dados que auxiliam no desenvolvimento de estratégias de gestão e conservação. Neste contexto, em relação aos resultados obtidos, pode-se afirmar que é necessário a implantação de medidas de conscientização com finalidade de reduzir a demanda hídrica na nesta região, bem como de alcançar as metas de universalização do saneamento conforme consta estabelecido na lei 14.026/2020, que trata do novo marco legal do saneamento. Além disso, é fundamental também a instalação de redes de monitoramento dos aspectos de quantidade e qualidade, de modo que estas ações permitirão um acompanhamento regular do estado. Sendo assim, os dados expostos na presente pesquisa tendem a fornecer subsídio para discussões acerca da necessidade da atuação incisiva da gestão hídrica sustentável no semiárido brasileiro.

Palavras-chaves: Indicadores de Sustentabilidade; FPEIR; Saneamento.

WATER SUSTAINABILITY ANALYSIS IN THE PAJEÚ RIVER WATERSHED: APPLICATION OF THE MODEL DRIVING FORCE, PRESSURE, STATE, IMPACT, RESPONSE (DPSIR)

ABSTRACT

The conservation of the watersheds in the northeastern backlands is considered a crucial challenge to ensure the quality and quantity of water necessary for the development of future generations. This fact is accentuated by the significant hydrological variability of the region, coupled with socioeconomic aspects, such as the lack of basic sanitation, for example. Thus, the present research aimed to define the degrees of water sustainability of the Pajeú River basin at micro levels (by municipality and region) with data spatialization in a Geographic Information System (GIS) environment and at a macro level (the basin as a whole) through the application of the Driving Forces-Pressure-State-Impact-Response model and the execution of Principal Component Analysis (PCA). The

indicators applied allowed analyzing the socioeconomic pressures on the basin, the state of conservation, the impacts resulting from these pressure factors, and the evaluation of the effectiveness of the response measures adopted. The application of this methodology allows providing, through the identification of environmental vulnerabilities and the mapping carried out, data that assist in the development of management and conservation strategies. In this context, regarding the results obtained, it can be stated that it is necessary to implement awareness measures aimed at reducing water demand in this region, as well as achieving the goals of universal sanitation as established in Law 14,026/2020, which deals with the new legal framework for sanitation. Furthermore, it is also fundamental to install monitoring networks for quantity and quality aspects so that these actions will allow regular monitoring of the situation. Therefore, the data presented in this research tend to provide support for discussions about the need for decisive action in sustainable water management in the Brazilian semi-arid region.

Keywords: Sustainability Indicators; FPEIR; Sanitation.

1. INTRODUÇÃO

As regiões semiáridas brasileiras estão cada vez mais pressionadas por um quadro de insegurança hídrica. Este é um problema que se inicia com a gestão inadequada de seus recursos hídricos e que se agrava com a crise nas condições climáticas da região.

O aumento progressivo da degradação dos recursos naturais (cobertura vegetal, solo e água) intensificada pelo processo de urbanização acelerada e pela ação descontrolada das atividades agropecuárias, impactam e potencializam o esgotamento dos corpos hídricos, tornando imperativo a implantação de ações emergenciais de gestão nas bacias hidrográficas.

Dada a importância das bacias hidrográficas para a vida na terra, Duan *et al.* (2021) afirmam que os processos de transporte de contaminantes e poluentes nos rios tendem a contribuir para deteriorar a qualidade da água e, conseqüentemente da vida, sob influência direta das forças motriz ocasionadas pelas intensificações e descontrolado das atividades antrópicas.

Segundo Gonçalves (2019) “a gestão das águas é uma discussão que vem avançando tanto no âmbito interno dos países, como em conferências, fóruns e outros eventos internacionais”. No entanto, quando se trata da atuação da gestão descentralizada de recursos hídricos no Brasil, pode-se afirmar que não há universalização e tem foco prioritário voltado para a implantação de medidas de saneamento básico.

Esta fragilidade compromete a qualidade e disponibilidade de água nos corpos hídricos, fatores fundamentais para a promoção do bem-estar da população. Neste sentido, a Agenda 2030 estabelecida pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015, propôs ações efetivas de melhoria da qualidade de vida da população, explicitando nos objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) a necessidade de assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e do saneamento para todos.

Sendo assim, os ODS divergem da realidade atual do Brasil, que embora apresente legislações avançadas, quando se trata das políticas ambientais, estas são pensadas e aplicadas de maneira independente, como se o meio ambiente não fosse um sistema integrado.

Desta forma se faz necessário que haja articulações das políticas de saneamento e de recursos hídricos para que sejam instrumentos integrados de uma estratégia que vise promover a boa governança e a priorizar as responsabilidades nas tomadas de decisão e na adoção de medidas que minimizem as pressões sociais e ambientais dentro das bacias

hidrográficas, de modo que seja possível direcionar o uso da água de cada manancial para os fins mais adequados e prioritários (Grangeiro; Ribeiro; Miranda, 2020).

Neste sentido, a utilização de indicadores de sustentabilidade é uma ferramenta estratégica fundamental para a gestão dos recursos hídricos, tendo por finalidade expressar o real estado ambiental das bacias hidrográficas a partir da avaliação de diferentes índices.

Nesta perspectiva, enfatiza-se o uso do modelo Força Motriz Pressão-Estado-Impacto-Resposta (FPEIR), proposto pela *European Environment Agency* (EEA, 1999), para o reconhecimento de áreas estratégicas com melhor ou pior desempenho, identificando fatores que influenciam neste desempenho, apontando caminhos estratégicos para a proposição das devidas correções a partir das informações levantadas e sistematizadas.

Dentro destes contextos, Montenegro (2021) afirma ainda que o Estado de Pernambuco tem a menor disponibilidade hídrica per capita para o abastecimento e dessedentação animal entre os estados do Nordeste, fato este que potencializa a importância de estudos capazes de identificar o grau de sustentabilidade, proporcionar a integração entre políticas e embasar tomadas de decisões cruciais na busca em garantir a proposição de ações de saneamento e recursos hídricos, de modo a considerar a realidade de cada município inserido na bacia e assim garantir disponibilidade de água em qualidade e quantidade adequadas para a população.

Neste contexto, a presente pesquisa foi realizada na Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú, localizada no Sertão do Estado e que se destaca por ser a maior em Pernambuco, ser tributária da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e está totalmente inclusa no Semiárido brasileiro, o que lhe confere o status quo de apresentar alta vulnerabilidade e suscetibilidade aos efeitos da crise climática em curso, acarretando respectivamente em impactos econômicos e socioambientais na região (Gonçalves, 2019).

Em sua essência o presente estudo teve como objetivo aplicar um sistema de indicadores de sustentabilidade hídrica por meio do modelo Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta (FPEIR) para subsídio à gestão dos recursos hídricos, enfatizando a análise dos serviços de saneamento básico, considerando os processos hidrológicos e a dinâmica ocupacional da Bacia Hidrográfica do Pajeú, investigando-se assim, aspectos do ecossistema natural, do sistema econômico, sociocultural, político e institucional, que embasam o processo de construção dos indicadores.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Indicadores de sustentabilidade hídrica para a gestão das bacias hidrográficas

A generalização de que no Brasil existe uma abundância hídrica é um fator que influencia na falta de envolvimento dos diferentes atores da sociedade no processo de gestão integrada dos recursos hídricos, de modo que, isto impulsiona o surgimento de diversos problemas associados a demanda e disponibilidade da água (Ferreira; Lima; Corrêa, 2020).

Neste contexto, com objetivo de preservar e proteger os recursos hídricos, diversas medidas de gerenciamento foram sendo implantadas em todo mundo com intuito de mitigar a degradação em curso e os impactos a qualidade e quantidade da água (Duan *et al.*, 2021). Também passou a ser consenso de que o uso de indicadores para analisar o desempenho hidroambiental de uma bacia é fundamental para assegurar quais as ações de melhoria devem ser implantadas a curto, médio e longo prazo (Gonçalves, 2019).

Assim, a avaliação da sustentabilidade por meio de indicadores tende a fornecer aos atores responsáveis pela gestão, direcionamento e mapeamento para monitorar o progresso na busca de atender aos objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS), identificando as barreiras e reconhecendo as vantagens e desvantagens do estabelecimento de diferentes políticas públicas em uma região, município ou país (Berger *et al.*, 2023).

Portanto, o desenvolvimento de metodologias de indicação da qualidade ambiental vem se concretizando como fundamental no auxílio aos governos locais, sendo indispensável para alcançar a sustentabilidade urbana (Michael; Noor; Figueroa, 2015).

Garcez de Oliveira *et al.* (2022) afirmam que os indicadores de sustentabilidade oferecem um competente diagnóstico ao permitir o reconhecimento dos pontos fortes e fracos da bacia hidrográfica, destacando quais áreas devem ser priorizadas, ao mesmo tempo que mede o progresso das ações de resposta implementadas na busca em atender as metas de desenvolvimento sustentável. Portanto, o uso destas ferramentas é primordial para o apoio no monitoramento da operacionalização dos sistemas de gestão de recursos hídricos e saneamento (Bega *et al.*, 2021).

Historicamente a intensificação de discussões acerca da utilização de indicadores e índices para avaliar a sustentabilidade ocorre desde a Cúpula da Terra de 1992, no Rio de Janeiro, de modo que favoreceu o surgimento de diferentes abordagens (Michael; Noor; Figueroa, 2015). Dessarte, ressalta-se que não existe na literatura um consenso

sobre quais e a quantidade de indicadores devem ser selecionados para esta avaliação, pois estes devem ser estabelecidos a partir da realidade local (Barreto, 2017).

Geralmente os indicadores de sustentabilidade são formados por um conjunto de índices que se baseiam no fornecimento de dados a partir da avaliação de elementos e fenômenos da realidade local, tendo como base os padrões de referência previamente estabelecidos, tornando os resultados mais visíveis e facilitando a tomada de decisão dos gestores responsáveis (OCDE, 1987). Portanto, esta ferramenta de análise pode ser executada em nível local, regional, nacional e global (Almeida; Nunes, 2014).

Sendo assim, no âmbito da gestão hídrica a inserção de indicadores na avaliação da qualidade ambiental é fundamental, pois associa as relações existentes entre as diferentes dimensões na escala escolhida pelo pesquisador, tendo o intuito de obter dados que venha a subsidiar as discussões acerca da necessidade de implementação de ações de prevenção, recuperação e ou mitigação dos impactos em curso (Silva et al., 2020).

2.2 Modelo Força Motriz Pressão-Estado-Impacto-Resposta

O modelo Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta (FPEIR), deriva do termo em inglês Driver-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR), sendo atualmente o mais usado para sistematizar problemas ambientais, baseando-se na primeira modelagem conhecida como Estresse-Response (ER) criado por Anthony Friend e David Rapport em 1979 (Adhitama *et al.*, 2022; Felinto; Ribeiro; Braga, 2019; Mendes; Ferreira; Sugahara, 2023; Mosaffaie *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2022).

O desenvolvimento deste modelo, ocorreu de uma derivação da modelagem Pressão-Estado-Resposta (PER) elaborado pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), frente a necessidade de aplicabilidade e interação das análises de múltiplas variáveis a fim de se alcançar um mecanismo de fácil replicação no processo de gestão (Salehpour Jam; Mosaffaie; Tabatabaei, 2021; Silva *et al.*, 2021).

Portanto, a modelagem FPEIR foi criada em 1999 pela Agência Europeia de Meio Ambiente (EEA) com objetivo de apresentar de forma integrada as “conexões existentes entre as causas dos problemas ambientais, impactos e as respectivas respostas da sociedade” (Felinto; Ribeiro; Braga, 2019).

Este é um modelo que contempla os seguintes indicadores: a) Força Motriz que avalia as mudanças ocorridas no meio ambiente provocadas pelas atividades antrópicas; b) Pressão que expõe as variáveis no qual modificam efetivamente o meio ambiente; c) Estado que corresponde as condições atuais do sistema ambiental; d) Impacto que busca

identificar a partir das variáveis os problemas ocorridos que resultaram em mudanças no meio e a dimensão alcançada; e) Resposta que apresenta as ações tomadas para a preservação e mitigação das pressões ambientais (Branchi; Ferreira, 2020).

Salehpour Jam; Mosaffaie; Tabatabaei (2021) usando este método para avaliar as respostas de gerenciamento na melhoria da qualidade ambiental da bacia hidrográfica de Chehel-Chay na província de Golestan, no Irã, afirmaram que é fundamental a aplicação de ações de gestão hídrica voltadas para a realidade local a partir do reconhecimento dos fatores de pressão, estado e impacto, partindo do princípio que estes influenciam diretamente e indiretamente a qualidade e quantidade da água.

Portanto, a utilização dos modelos permite analisar diferentes dimensões em conjunto, norteando a busca pelo desenvolvimento sustentável e considerando diversos tipos de dados que comunicam diferentes planos, seja na esfera local, regional, nacional ou internacional (Maynard; Cruz; Gomes, 2017). Sendo assim, o objetivo de analisar a sustentabilidade em várias escalas, está fundamentada em fornecer subsídio para as atividades de monitoramento, planejamento e formulação de futuras políticas públicas em diferentes esferas do governo (Juwana *et al.*, 2012).

Assim, em busca da melhoria da qualidade ambiental nas bacias hidrográficas se faz necessário a efetividade de respostas gerenciais voltadas para que os fatores de pressão, estado e impacto sejam identificados e enfrentados em tempo real. Portanto, diante desta perspectiva tem-se consolidado a utilização do modelo FPEIR para identificar as condições ambientais, com reflexo na qualidade de vida e na economia das bacias hidrográficas, visualizando-se assim as mudanças ocorridas no sistema em tempo hábil, permitindo comparar/aféir/intervir ao longo do tempo nos diversos afluentes que compõe a bacia hidrográfica (Maynard; Cruz; Gomes, 2017).

3. MATERIAL E MÉTODO

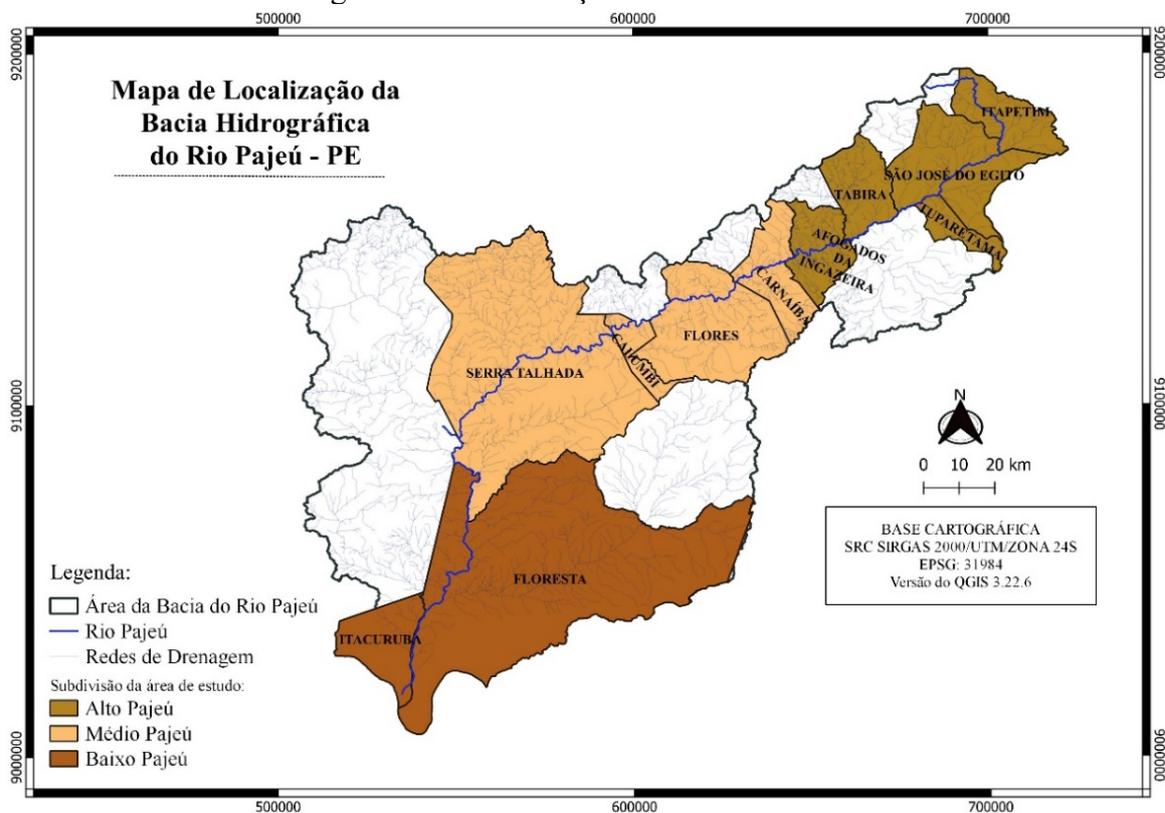
3.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do Rio Pajeú localizada na região semiárida de Pernambuco, mais especificamente na região do submédio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. As redes hidrográficas desta bacia, incluindo o rio principal, apresenta um regime de sazonalidade, com interrupção do curso de água no período de estiagem, característica típica dos rios do semiárido (Lacerda; Melo; Soares, 2009).

O regime pluviométrico preponderante na bacia do Rio Pajeú segue o padrão para o Semiárido brasileiro apresentando um curto período chuvoso, entre os meses de janeiro a maio (Silva et al., 2016). A infraestrutura hídrica da bacia é destinada prioritariamente para o abastecimento humano, dessedentação animal e pequenas áreas de irrigação.

No presente estudo a área da bacia hidrográfica foi subdividida em alto, médio e baixo Pajeú (Figura 1) de maneira a facilitar a compreensão dos resultados obtidos e melhor relacionar as potencialidades e fragilidades diagnosticadas em função das características distintas destas regiões ao longo dos 353 km de extensão da calha principal do Rio Pajeú.

Figura 1 – Identificação da área de estudo



Fonte: Própria autoria (2023)

3.2 Construção e análises dos indicadores

Utilizou-se como base para construção dos indicadores a metodologia adotada por Campos, Ribeiro e Vieira (2014), que subdividem as etapas em: escolha dos indicadores; escolha dos índices; estabelecimento das escalas parciais dos índices; estabelecimento dos índices de planejamento; definição das escalas globais dos indicadores e definição da sustentabilidade hídrica da bacia.

É importante frisar que o estudo contou com consultas a base secundários de informações advinda de pesquisas em trabalhos científicos, documentos e relatórios de órgãos públicos federais, estaduais e municipais, entrevistas semiestruturadas, além de coletas de amostras de água *in loco* em diferentes pontos ao longo da calha do rio principal no alto, médio e baixo Pajeú, de forma a avaliar parâmetros que possibilitassem uma análise mínima da presença ou não de contaminantes por lançamento de esgoto.

3.2.1 Definição dos indicadores

A escolha dos indicadores foi realizada a partir da aplicação do modelo Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta (FPEIR), de modo que permitiu a avaliação das condições de sustentabilidade hídrica da bacia hidrográfica diante do que preconiza os indicadores de Pressão, Estado, Impacto e Resposta, conforme descrito por Costa *et al.* (2017), e apresentados a seguir:

- a) Indicadores de Pressão: reflete os processos antrópicos capazes de transformar os processos naturais gerando problemas ambientais;
- b) Indicadores de Estado: descreve o estado em que a bacia hidrográfica se encontra, sendo resultado direto das atividades antrópicas;
- c) Indicadores de Impacto: traduzem as mudanças nas condições ambientais da bacia hidrográfica, acarretada pelos impactos que as alterações no estado da bacia produzem;
- d) Indicadores de Resposta: manifestam as ações e projetos gerados com a finalidade de minimizar os problemas ambientais e aumentar a sustentabilidade ambiental e hídrica na bacia.

3.2.2 Definição dos índices

Os índices seguiram os critérios de relevância, aderência a realidade local, disponibilidade e capacidade de permitir comparações temporais definidos por Braga, Freitas e Duarte (2004), tornando possível a construção dos dados contidos no quadro 1, os quais foram analisados para os principais mananciais e municípios inseridos na área de estudo, possibilitando a realização de uma análise da sustentabilidade hídrica.

Quadro 1 – Definição dos índices a partir do modelo FPEIR

MODELO FPEIR	TIPO DE INDICADOR	ÍNDICES	DESCRIÇÃO
Indicador de Pressão	Indicador de Potencialidade, Disponibilidade e Demanda (IPDD)	Abastecimento da Demanda Atual (IADA)	Relação entre a disponibilidade (garantia de 90%) e a demanda atual.
		Abastecimento da Demanda Futura (IADF)	Relação entre a disponibilidade (garantia de 90%) e a demanda futura.
		Abastecimento da Demanda Controlada (IADC)	Relação entre a disponibilidade (garantia de 90%) e a demanda atual, reduzida em 20%.
		Ativação das Potencialidades (IAP)	Relação entre a disponibilidade (garantia de 90%) e a potencialidade
		Utilização das Potencialidades (IUP)	Relação entre a demanda atual e a potencialidade.
		Utilização das Disponibilidades (IUD)	Relação entre a demanda atual e a disponibilidade (garantia de 90%).
Indicador de Estado	Indicador de Eficiência do Uso da Água (IEUA)	Domicílios Atendidos por Poços (IDAP)	Percentual de domicílios atendidos por poços em relação ao número total de domicílios.
		Domicílios Atendidos por Sistema de Abastecimento de Água Tratada (IDASA)	Percentual de domicílios atendidos por sistema de abastecimento em relação ao número total de domicílios.
		Ligação de Esgoto (ILE)	Percentual de domicílios atendidos por rede de esgotos ou fossa séptica em relação ao número total de domicílios.
		Tratamento de Esgoto (ITE)	Percentual de domicílios atendidos por tratamento de esgotos em relação ao número total de domicílios.
		Tratamento de Resíduos Sólidos (ITRS)	Percentual de domicílios com lixo coletado em relação ao número total de domicílios.
		Perdas de Água na Rede (IPAR)	Média percentual das perdas físicas (vazamentos) e faturadas (ligações clandestinas).
Indicador de Impacto	Indicador de impacto a saúde ambiental e da população	Turbidez	Índice de turbidez de amostras avaliadas no período seco.
			Índice de turbidez de amostras avaliadas no período chuvoso.
		Transmissão de Doenças por veiculação Hídrica	Porcentagem de internações por doenças de veiculação hídrica no período de 5 anos.
Indicador de Resposta	IGRH- Indicador de Desempenho do Sistema de Gestão de Recursos Hídricos)	Comitês de Bacia Hidrográfica (ICBH)	Existência e nível de atuação do Comitê
		Plano Estadual de Recursos Hídricos	Existência, conteúdo e articulação
		Plano Hidroambiental da bacia do Pajeú	Existência, conteúdo e articulação
		Outorga (IO)	Nível de implantação da outorga
		Cobrança (IC)	Nível de implantação da cobrança
		Enquadramento	Existência e nível de enquadramento pela lei.
Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos	Existência, produção e divulgação dos dados.		

Fonte: Adaptado de Campos, Ribeiro e Vieira (2014); Gottstein (2020).

3.2.3 Análise de componente principal

A análise de componente principal ou PCA (*Principal Component Analysis*) é uma modelagem fatorial que se baseia na variância total das amostras. Esta foi utilizada

após a obtenção dos dados de cada índice com finalidade de identificar as variáveis mais representativas para a definição da sustentabilidade hídrica.

Finkler *et al.* (2015) afirma que o PCA se trata de “uma técnica estatística multivariada que transforma o conjunto de dados em um novo sistema de variáveis”. Este método é bastante utilizado, pois interpreta os dados com maior eficiência ao reduzir o número de correlações entre as variáveis sem que ocorra perda da significância dos resultados obtidos. Para a execução deste estudo foi utilizado o *software* Past na versão 4.03.

Ressalta-se que os dados do indicador de resposta não foram submetidos a esta ferramenta estatística, uma vez que não houve análise por município.

3.2.4 Estabelecimento das escalas parciais dos índices

Tomando como base as considerações da tipologia dos índices definidos no Quadro 1, definiu-se as escalas parciais descritas na Tabela 1.

Ressalta-se ainda que, os índices definidos para o indicador de pressão foram linearizados em valores que variam de 0 a 1, conforme a Equação 1. Todavia, com relação aos demais indicadores (Impacto e Resposta) que apresentam viés de aspecto qualitativo, a interpretação do resultado ficou condicionada a uma classificação que varia de muito alto a muito baixo (Campos; Ribeiro; Vieira, 2014).

$$Ei = \frac{(Imaior - Icalculado)}{(Imaior - Imenor)} \quad (1)$$

Onde:

Ei - Valor (para classificação na escala parcial) para o índice *i*;

Imaior - É o maior valor possível para o índice *i*;

Icalculado - Valor calculado para o índice *i* com base nas condições da bacia hidrográfica;

Imenor - É o menor valor possível para o índice *i*.

No que diz respeito ao indicador de impacto, estes são determinados qualitativamente e, neste estudo em particular, foram estabelecidos por meio de escalas de porcentagem. O resultado máximo de qualidade ambiental foi definido como 100%, o médio como 50%, e o mínimo como 0%. Essa padronização teve como objetivo uniformizar a tipologia de dados empregados nos outros índices de impacto avaliados.

Tabela 1 – Definição das escalas parciais dos indicadores.

INDICADOR	ÍNDICE	ESCALAS PARCIAIS	CLASSIFICAÇÃO
PRESSÃO	<ul style="list-style-type: none"> Abastecimento da Demanda Atual (IADA) Abastecimento da Demanda Futura (IADF) Abastecimento da Demanda Controlada (IADC) 	I = 1 I > 0 I = 0	Crítica Limite Satisfatória
	<ul style="list-style-type: none"> Ativação das Potencialidades (IAP) Utilização das Potencialidades (IUP) Utilização das Disponibilidades (IUP) 	I = 1 I > 0 I = 0	Satisfatória Limite Crítica
ESTADO	<ul style="list-style-type: none"> Domicílios Atendidos por Poços (IDAP) Domicílios Atendidos por Sistema de Abastecimento de Água Tratada (IDASA) Ligação de Esgoto (ILE) Tratamento de Esgoto (ITE) Tratamento de Resíduos Sólidos (ITRS) Perdas de Água na Rede (IPAR) 	80 a 100 (%) 60 a 80 (%) 40 a 60 (%) 20 a 40 (%) 0 a 20 (%)	Muito alto Alto Médio Baixo Muito baixo
	<ul style="list-style-type: none"> Turbidez 	100% 50% 0%	Bom Médio Ruim
IMPACTO	<ul style="list-style-type: none"> Transmissão de Doenças por veiculação Hídrica 	80 a 100 (%) 60 a 80 (%) 40 a 60 (%) 20 a 40 (%) 0 a 20 (%)	Muito alto Alto Médio Baixo Muito baixo
	<ul style="list-style-type: none"> Plano Estadual de Recursos Hídricos Plano Hidroambiental da bacia do Pajeú Cobrança Enquadramento 	< 1,2 0,9 a 1,2 0,6 a 0,9 0,3 a 0,6 0 a 0,3	Muito alto Alto Médio Baixo Muito baixo
RESPOSTA	<ul style="list-style-type: none"> Comitê de Bacia Hidrográfica Outorga Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos 	< 1,0 0,75 a 1 0,5 a 0,75 0,25 a 0,5 0 a 0,25	Muito alto Alto Médio Baixo Muito baixo

Fonte: Adaptado de Campos, Ribeiro e Vieira (2014); Gottstein (2020).

3.2.5 Indicador de pressão

Para a identificação do Indicador de Pressão, analisou-se em cada trecho da bacia, através do estudo do indicador de potencialidades, disponibilidades e demandas hídrica

(IPDD) açudes localizados na calha do rio e para quais existem disponíveis dados de vazões explicitados no Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco de 2022, de forma que os subitens apresentados na discussão (ITEM 4 do presente documento) transcrevem uma avaliação detalhada dos índices que compõe este indicador.

3.2.6 Estabelecimento dos índices de planejamento

Os índices foram calculados com base em dois níveis de planejamento: a nível macro, onde considerou-se a bacia hidrográfica como um todo, e a nível micro, no qual foi considerando separadamente os afluentes, reservatórios e municípios inseridos na bacia hidrográfica (Campos; Ribeiro; Vieira, 2014).

3.2.7 Definição das escalas globais dos indicadores

Nesta etapa, determinou-se as escalas globais dos indicadores (Tabela 2) a partir do agrupamento dos índices avaliados, permitindo assim a obtenção do grau de sustentabilidade hídrica para cada indicador e a real compreensão do valor obtido (Campos; Ribeiro; Vieira, 2014).

Tabela 2 – Escalas globais dos indicadores.

GRAU	PRESSÃO	ESTADO	IMPACTO	RESPOSTA
	SOMATÓRIO (Σ)	Média (M %)	Média (M %)	Média
Muito alto	$3,0 \leq \Sigma$	$M > 90$	$M \leq 25$	$1,0 \leq M$
Alto	$2,5 \leq \Sigma < 3,0$	$70 < M \leq 90$	$25 < M \leq 50$	$0,6 < M \leq 0,8$
Médio	$2,0 \leq \Sigma < 2,5$	$50 < M \leq 70$	$50 < M \leq 70$	$0,4 < M \leq 0,6$
Baixo	$1,5 \leq \Sigma < 2,0$	$25 < M \leq 50$	$70 < M \leq 90$	$0,2 < M \leq 0,4$
Muito baixo	$\Sigma < 1,5$	$M \leq 25$	$M > 90$	$M \leq 0,2$

Fonte: Adaptado de Campos, Ribeiro e Vieira (2014); Gottstein (2020).

3.2.8 Definição da sustentabilidade hídrica da bacia

A sustentabilidade hídrica da bacia foi definida a partir da obtenção dos resultados dos indicadores avaliados e do nível de planejamento em função dos graus obtidos nas respectivas escalas globais, de forma que, cada indicador gera um conceito global para as respectivas dimensões da sustentabilidade hídrica avaliada (Campos; Ribeiro; Vieira, 2014).

Sendo assim, os resultados obtidos para nível micro foram espacializados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIGs), de modo a facilitar a

identificação das áreas críticas e fornecer base para as discussões estratégica acerca das medidas de gestão.

3.3 Propostas de medidas de gestão

Por fim, na última etapa do trabalho foram estabelecidas propostas de gestão a partir dos resultados de sustentabilidade hídrica encontrados, com a finalidade de subsidiar as tomadas de decisões de gestores públicos e da sociedade civil organizada no tocante a implementação de ações de conservação, manutenção e reversão de impactos negativos em curso nos afluentes e rio principal da bacia hidrográfica do Pajeú.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados aqui apresentados expõem o indicador de sustentabilidade da bacia hidrográfica do Rio Pajeú através da análise dos dados captados ao longo da pesquisa e de seus respectivos índices, de modo que, as avaliações aqui realizadas permitiram identificar as fragilidades por região da Bacia (alto, médio e baixo Pajeú), possibilitando aprofundar as discussões acerca das problemáticas encontradas, subsidiando a realização de ações de apoio na gestão de recursos hídricos em toda a região de abrangência da Bacia Hidrográfica do Pajeú no Sertão pernambucano.

A partir da aplicação do modelo FPEIR (Rapport; Friend, 1979) empregado, foi possível apontar o atual modelo de desenvolvimento econômico adotado pela sociedade como força motriz, que impulsiona consequentemente a intensificação da expansão urbana na área de estudo. Nesse contexto, a afirmação é corroborada por Vitriana (2020), que argumenta que os fatores econômicos não apenas moldam o crescimento urbano, mas também influenciam as decisões e estratégias dos atores privados no desenvolvimento municipal.

4.1 Indicador de pressão

4.1.1 Índice de abastecimento da demanda atual (IADA)

Calculou-se o IADA a partir da relação entre o somatório da disponibilidade hídrica a 90% dos açudes/reservatórios por subárea (Alto, Médio e Baixo Pajeú) e demanda atual, conforme equação 2, a partir das informações fornecidas pelo Plano Estadual de Recursos hídricos e pela gerência de recursos hídricos da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) na região.

$$IADA = \frac{\text{Disponibilidade } 90\%}{\text{Demanda Atual}} \quad (2)$$

Para análise da disponibilidade hídrica encontrada (Tabela 3) empregou-se as vazões de permanência a 90% em litros por segundo (L/s) dos açudes de Serrinha 2 (localizado a 50 km da sede do município de Serra Talhada e próximo ao limite com o município de Floresta) e Barra do Juá (Floresta) que apresentam como área de influência o baixo Pajeú; Chinelo (Carnaíba), Cachoeira 2, Jazigo e Saco (todos na proximidade da zona urbana de Serra Talhada) que influenciam fortemente a região do médio Pajeú e os dados de Brotas (Afogados da Ingazeira) e São Jose 2 (São José do Egito) que estão localizados no alto Pajeú.

Tabela 3 – Definição das vazões de permanência por subárea.

DISPONIBILIDADE HÍDRICA A 90% (L/s)		
BAIXO PAJEÚ	MÉDIO PAJEÚ	ALTO PAJEÚ
3.996	851	869

Fonte: Autoria própria (2023).

Em relação aos dados de demanda atual (Tabela 4), estes foram obtidos através do cálculo do consumo médio per capita em função da população urbana de cada município avaliado, dados estes disponibilizadas pelos gestores regionais do Pajeú da Companhia Pernambucana de Saneamento (ANEXO 2).

Tabela 4 – Definição da demanda atual.

REGIÃO	MUNICÍPIO	POPULAÇÃO URBANA - Dez/23 (Habitantes)	DEMANDA ATUAL (L/s)
ALTO	AFOGADOS DA INGAZEIRA	31.332	37,07
	ITAPETIM	8.190	8,59
	SÃO JOSÉ DO EGITO	18.803	18,10
	TABIRA	19.916	19,95
	TUPARETAMA	6.426	6,46
MÉDIO	CALUMBI	2.023	2,26
	CARNAÍBA	6.426	6,36
	FLORES	4.560	8,45
	SERRA TALHADA	69.855	80,77
BAIXO	FLORESTA	20.134	21,26
	ITACURUBA	3.729	4,93

Fonte: Adaptado COMPESA (2023).

A partir das informações da Tabela 5, obteve-se o índice de abastecimento da demanda atual, caracterizando-se o quadro de que, onde quanto maior a população, maior a demanda hídrica (Massa-Sánchez *et al.*, 2018; Ryeshak *et al.*, 2015). Tem-se aqui uma excepcionalidade para o município de Flores, que apresenta uma alta demanda em relação

ao tamanho populacional, fato associado as perdas na regulação e distribuição da água, que somando-se chega a 60,8% (ANEXO 2).

Assim, após calculada a relação, o IADA foi linearizado para uniformização e obtenção das escalas parciais (Tabela 5).

Tabela 5 – Índice de abastecimento da demanda atual dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE).

REGIÃO	MUNICÍPIO	IADA	IADA (Linearizado)	CLASSIFICAÇÃO
ALTO	AFOGADOS DA INGAZEIRA	23,44	1,0	Crítica
	ITAPETIM	101,15	0,9	Limite
	SÃO JOSÉ DO EGITO	48,01	1,0	Crítica
	TABIRA	43,55	1,0	Crítica
	TUPARETAMA	134,39	0,8	Limite
MÉDIO	CALUMBI	375,35	0,5	Limite
	CARNAÍBA	133,68	0,8	Limite
	FLORES	100,68	0,9	Limite
	SERRA TALHADA	10,53	1,0	Crítica
BAIXO	FLORESTA	187,90	0,8	Limite
	ITACURUBA	810,46	0	Satisfatória

Fonte: Autoria própria (2023).

Em relação a tabela 5, identificou-se que 36,4% dos municípios estudados apresentam cenário crítico e 54,5% dispõem de situação no limite, ou seja, a demanda hídrica destes é muito próxima ou ultrapassa a disponibilidade na região. Portanto, por se tratar de uma bacia com regime hidrológico intermitente, este é um parâmetro da maior importância para o monitoramento, pois a carência destes dados tende a gerar incertezas que pode comprometer o processo de gestão dos recursos hídricos da bacia (Monte-Mor, 2012).

Ainda no contexto da avaliação, identificou-se Itacuruba como o único município, dentre os estudados na bacia, que exhibe condição favorável de abastecimento, associando-se este resultado ao fato deste município está localizado no baixo Pajeú, região da bacia que dispõe da melhor disponibilidade hídrica (3.996 L/s), com a cidade apresentando uma demanda hídrica de apenas 4,931 L/s e guarnecer a foz do Rio Pajeú na desembocadura do reservatório de Itaparica localizada no trecho submédio da bacia do Rio São Francisco (Rossiter *et al.*, 2021).

4.1.2 Índice de abastecimento da demanda futura (IADF)

Para construção do IADF realizou-se uma projeção populacional para o ano de 2032 a partir das informações disponibilizadas pela COMPESA (Anexo 2) referente a

população urbana, tomando como base os dados do IBGE referente a 2000, 2010 e 2022. Esta estimativa foi realizada usando o método aritmético que se fundamenta “na ideia de que o crescimento populacional é linear, sendo assim verifica-se a relação da variação da população pela variação de tempo no mesmo período estudado” (Barcelo; Alves, 2019).

Vale salientar que o IADF é uma extensão do IADA e tem as mesmas métricas quanto a classificação das escalas parciais (Campos, Ribeiro; Vieira, 2014). Portanto, a Tabela 6 expressa a tendência futura da demanda hídrica por município levando em consideração o atual modelo de consumo alcançado por estes.

Tabela 6 – Definição da demanda futura.

REGIÃO	MUNICÍPIO	POPULAÇÃO URBANA PROJETADA PARA 2032 (Habitantes)	DEMANDA FUTURA (L/s)
ALTO	AFOGADOS DA INGAZEIRA	34.026	40.264
	ITAPETIM	8.102	8.499
	SÃO JOSÉ DO EGITO	20.878	20.097
	TABIRA	21.935	21.978
	TUPARETAMA	6.502	6.543
MÉDIO	CALUMBI	1.693	1.897
	CARNAÍBA	7.828	7.755
	FLORES	8.503	15.761
	SERRA TALHADA	78.822	91.138
BAIXO	FLORESTA	32.008	33.808
	ITACURUBA	3.873	5.121

Fonte: Adaptado COMPESA (2023).

De acordo com a Tabela 6, se não houver alterações no modelo de consumo atual, a demanda hídrica projetada índices ainda mais elevados para a região e o suporte hídrico da bacia tende a um colapso ainda maior devido à baixa disponibilidade hídrica (Sánchez-Román, 2009).

Esta é uma constatação de alerta para os gestores públicos do Pajeú, o semiárido dispõe no cenário atual do pior déficit hídrico dentre as demais regiões localizadas no Brasil, motivado tanto pela disponibilidade de recursos hídricos, quanto pela exploração inadequada (Pereira *et al.*, 2020). De modo os autores ainda reforçam sobre a intensa necessidade de atividades de gestão hídrica e investimentos voltados para a conscientização sobre estes fatores junto a população e, principalmente, de controle e proteção dos mananciais de água, de forma a, pelo menos, melhorar a quantidade e a qualidade da água ofertada à população.

A partir dos dados gerados na Tabela 6, também foi possível calcular o índice de abastecimento da demanda futura conforme a equação 3.

$$IADF = \frac{\text{Disponibilidade 90\%}}{\text{Demanda Futura}} \quad (3)$$

Após o cálculo, os dados foram linearizados e classificados para melhor compreensão da tendência futura entre a relação da disponibilidade a 90% e a demanda conforme apresentado na Tabela 7 a seguir.

Tabela 7 – Índice de abastecimento da demanda futura dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE).

REGIÃO	MUNICÍPIO	IADF	IADF (Linearizado)	CLASSIFICAÇÃO
ALTO	AFOGADOS DA INGAZEIRA	21,58	1,0	Crítica
	ITAPETIM	102,25	0,9	Limite
	SÃO JOSÉ DO EGITO	43,24	1,0	Crítica
	TABIRA	39,54	1,0	Crítica
	TUPARETAMA	132,82	0,8	Limite
MÉDIO	CALUMBI	448,51	0,4	Limite
	CARNAÍBA	109,74	0,9	Limite
	FLORES	53,99	0,9	Limite
	SERRA TALHADA	9,34	1,0	Crítica
BAIXO	FLORESTA	118,19	0,9	Limite
	ITACURUBA	780,32	0	Satisfatória

Fonte: Autoria própria (2023).

Nos dados apresentados na Tabela 7, mantem-se a tendência de aumento populacional nos municípios. No entanto, vale ressaltar a situação de Calumbi que mesmo apresentando situação limite, dispõem de um menor índice de abastecimento da demanda futura dentre os demais municípios avaliados que obtiveram a mesma classificação. Logo, relaciona-se este fato ao motivo de sua sede contar com poucos aparelhos e equipamentos essenciais para o atendimento da população local, o que tem provocado a emigração de seus membros da população urbana para cidades maiores localizadas nas proximidades, como é o caso de Serra Talhada, situada a 17,2 quilômetros de distância.

As boas condições no tocante ao aporte hídrico em Itacuruba classifica a condição futura de abastecimento destes municípios como satisfatória, o que não ocorre com os demais, sendo assim, os resultados encontrados para o IADF devem ser vistos como um alerta para os gestores públicos municipais e estadual, enfatizando a necessidade de regulamentações eficientes e medidas concretas para reduzir o consumo ou melhorar a oferta hídrica nos demais municípios da região, de modo que, a projeção deste cenário visa antecipar uma possível dinâmica entre a disponibilidade e demanda de água e,

fornecer dados que auxiliem os gestores na formulação de estratégias para administrar o recurso hídrico de maneira sustentável e eficiente (Saleem *et al.*, 2021).

4.1.3 Índice de abastecimento da demanda controlada (IADC)

Para construção deste índice parte-se do princípio de que, havendo uma adequação dos instrumentos de gestão hídrica em busca da sustentabilidade dos recursos hídricos na bacia (Garcez-de-Oliveira *et al.*, 2022), ocorrerá respectivamente uma diminuição projetada/desejável de cerca de 20% na demanda de água na região (Campos, 2005), de forma a permitir um quadro de estabilidade futura para o uso dos recurso hídricos de forma transversal e que atenda aos mais diversos públicos e demandas pela água (Hamling *et al.*, 2018).

Com base nesta premissa, a demanda reduzida foi estipulada tendo como base os dados apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Demanda hídrica controlada com base numa redução de 20% sobre a demanda atual.

REGIÃO	MUNICÍPIO	POPULAÇÃO URBANA ATUAL (Habitantes)	DEMANDA REDUZIDA (20%) (L/s)
ALTO	AFOGADOS DA INGAZEIRA	31.332	37,07
	ITAPETIM	8.190	8,59
	SÃO JOSÉ DO EGITO	18.803	18,10
	TABIRA	19.916	19,95
	TUPARETAMA	6.426	6,46
MÉDIO	CALUMBI	2.023	2,26
	CARNAÍBA	6.426	6,36
	FLORES	4.560	8,45
	SERRA TALHADA	69.855	80,77
BAIXO	FLORESTA	20.134	21,26
	ITACURUBA	3.729	4,93

Fonte: Adaptado COMPESA (2023).

Com a estimativa de redução da demanda em 20%, executou-se os cálculos do IADC conforme a equação 4, de maneira que, adquiriu-se os índices linearizados e classificou-se com base nas escalas parciais (Tabela 9).

$$IADC = \frac{\text{Disponibilidade } 90\%}{\text{Demanda Reduzida (20\%)}} \quad (4)$$

Tabela 9 – Índice de abastecimento da demanda controlada dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE).

REGIÃO	MUNICÍPIO	IADC	IADC (Linearizado)	CLASSIFICAÇÃO
--------	-----------	------	--------------------	---------------

ALTO	AFOGADOS DA INGAZEIRA	29,2978	1,0	Crítica
	ITAPETIM	126,4409	0,9	Limite
	SÃO JOSÉ DO EGITO	60,0136	1,0	Crítica
	TUPARETAMA	167,9899	0,8	Limite
	TABIRA	54,4345	1,0	Crítica
MÉDIO	CALUMBI	469,1887	0,5	Limite
	CARNAÍBA	167,1050	0,8	Limite
	FLORES	125,8524	0,9	Limite
	SERRA TALHADA	13,1701	1,0	Crítica
BAIXO	FLORESTA	234,8760	0,8	Limite
	ITACURUBA	1013,0681	0,0	Satisfatória

Fonte: Autoria própria (2023).

Com a formação do índice de demanda controlada (Tabela 9), a partir de uma redução projetada de 20% no consumo com base na demanda atual, pode-se afirmar que mesmo com esta projeção de redução na demanda, os municípios, com exceção de Itacuruba, ainda enfrentaram uma situação variando de limite a crítica em relação ao abastecimento populacional.

O percentual de redução aplicado (Campos; Ribeiro; Vieira, 2014) não atende a um cenário desejado de equilíbrio no abastecimento, provavelmente pelo fato de que os açudes e barragens, bem como todos os demais potenciais de vazões disponíveis na bacia, já estarem sob grande pressão em função do consumo demandado pelas atividades humanas e a falta de eficácia na gestão hídrica a nível municipal e estadual (Felinto; Ribeiro; Braga, 2019).

Desse modo, pode-se afirmar que a população destes municípios continuará a depender de abastecimento de água com qualidade a partir de mananciais externos à bacia, como já ocorre na atualidade, onde o abastecimento de toda a região vem sendo realizado pela adutora do Pajeú, cuja captação de água se dá no Lago de Itaparica no Rio São Francisco, em uma ação que visa minimizar os impactos ocasionados pela falta de água em diversos trechos da bacia desde o ano de 2013 (Ministério das Cidades, 2014).

Atesta-se aqui que a situação crítica do abastecimento de água proveniente dos açudes e barragens da região enfrenta um quadro de colapso no tocante ao atendimento à população em geral e com tendência a piorar na persistência de uma gestão pública ineficiente e ineficaz dos recursos hídricos, como se apresente no cenário atual (Gonçalves, 2019).

4.1.4 Índice de ativação das potencialidades (IAP)

No que concerne as potencialidades, este índice considera como resultado a vazão média disponível para uma determinada área. Todavia, na presente pesquisa utilizou-se como valor base das potencialidades o registro de uma vazão média de 14.200 L/s para o Pajeú definido por Rossiter *et al.* (2021), em função da falta de informações precisas e localizadas por município.

Desta forma, o IAP foi obtido pela realização dos cálculos da equação 5.

$$IAP = \frac{\text{Disponibilidade } 90\%}{\text{Potencialidade}} \quad (5)$$

Por conseguinte, obteve-se os resultados dispostos na Tabela 10. Vale ressaltar que os resultados abaixo são iguais para todos os municípios por região da bacia, uma vez que a análise tomou como base os valores de disponibilidade para cada uma destas regiões da bacia e o mesmo valor do potencial hídrico para a bacia do Pajeú como um todo.

Tabela 10 – Índice de ativação das potencialidades dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE).

REGIÃO	MUNICÍPIO	IAP	IAP (Linearizado)	CLASSIFICAÇÃO
ALTO	AFOGADOS DA INGAZEIRA	0,0612	1,0	Satisfatória
	ITAPETIM			
	SÃO JOSÉ DO EGITO			
	TABIRA			
	TUPARETAMA			
MÉDIO	CALUMBI	0,0599	1,0	Satisfatória
	CARNAÍBA			
	FLORES			
	SERRA TALHADA			
BAIXO	FLORESTA	0,2814	0	Crítica
	ITACURUBA			

Fonte: Autoria própria (2023).

Campos (2005) afirma que a escala satisfatória do IAP tende a expressar indicações de quais municípios apresentam condições favoráveis para a mudança de cenário, mesmo com disponibilidade muito inferior a potencialidade, indicando a existência de um elevado potencial hídrico a ser ativado. Esta mesma autora ainda afirma que resultados de disponibilidade e potencialidade próximos, significa que estamos num quadro não desejável, pois é possível que o potencial da bacia se encontre totalmente ativado e não comporte mais construções de barramentos em rio ou abertura de poços.

Seguindo este contexto, constatou-se que os municípios de Floresta e Itacuruba localizados no baixo Pajeú, mesmo tendo a maior disponibilidade hídrica (3.996 L/s)

entre as regiões de subdivisão do Pajeú, não apresentam condições favoráveis para modificar a sua capacidade futura de atendimento por uma maior demanda hídrica.

Portanto, por mais que haja no baixo Pajeú áreas em condições satisfatórias de abastecimento da demanda (Itacuruba, por exemplo), este serviço talvez não possa ser maximizado caso ocorra um aumento desenfreado da população, pois esta região não apresentará eficácia na ativação de suas potencialidades (Damerau; Patt; Van Vliet, 2016; Ryeshak *et al*, 2015).

4.1.5 Índice de utilização das potencialidades (IUP)

A avaliação do IUP é dada pela Equação 6 a seguir:

$$IUP = \frac{\text{Demanda Atual}}{\text{Potencialidade}} \quad (6)$$

Campos (2005) afirma que resultados encontrados mais próximos a 1, menos a demanda por recursos hídricos utiliza do potencial hídrico da região e quanto mais perto de 0, o uso é considerado extremo. Assim, identificar os índices de utilização das potencialidades tem por intuito atender o objetivo 6.4 do desenvolvimento sustentável (ONU Brasil, 2015) que visa aumentar a eficiência do uso da água, assegurando investidas sustentáveis e diminuindo o número de pessoas que sofrem com a escassez de água.

Neste sentido a Tabela 11 exibe os resultados da análise do IUP e as respectivas linearizações.

Tabela 11 – Índice de utilização das potencialidades dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE).

REGIÃO	MUNICÍPIO	IUP	IUP (Linearizado)	CLASSIFICAÇÃO
ALTO	AFOGADOS DA INGAZEIRA	0,0026	0,6	Limite
	ITAPETIM	0,0006	0,9	Limite
	SÃO JOSÉ DO EGITO	0,0013	0,8	Limite
	TABIRA	0,0014	0,8	Limite
	TUPARETAMA	0,0005	0,9	Limite
MÉDIO	CALUMBI	0,0002	1,0	Satisfatória
	CARNAÍBA	0,0004	0,9	Limite
	FLORES	0,0006	0,9	Limite
	SERRA TALHADA	0,0057	0,0	Crítica
BAIXO	FLORESTA	0,0015	0,8	Limite
	ITACURUBA	0,0003	1,0	Satisfatória

Fonte: Autoria própria (2023).

Com exceção dos demais municípios, apenas Serra Talhada apresenta um IUP crítico, provavelmente por este município apresentar uma demanda atual alta (80,770 L/s) em relação a potencialidade estimada para a bacia (14.200 L/s) (Rossiter *et al.*, 2021), o que nos leva a constatar um quadro de total utilização do potencial hídrico existente na região deste município.

Este é considerado um parâmetro de grande relevância a ser monitorado por ser um fator importante em regiões como a do Semiárido brasileiro, em função das grandes vulnerabilidades hidrológicas face a conhecida variação espacial e temporal das precipitações na região (Crioni *et al.*, 2023).

4.1.6 Índice da utilização das disponibilidades (IUD)

Para obtenção do IUD por município, realizou-se os cálculos conforme explicitado na equação 7 a seguir.

$$IUD = \frac{\text{Demanda Atual}}{\text{Disponibilidade 90\%}} \quad (7)$$

Na aplicação deste índice tem-se uma interpretação de que, quanto mais próximo de “1” for o resultado, a demanda por água será menor em relação a disponibilidade hídrica, ocorrendo o inverso para valores mais perto de “0”, num cenário onde a demanda hídrica tende a utilizar toda disponibilidade existente. Na Tabela 12 a seguir, são apresentados os dados após tratamento para IUD na bacia do Pajeú.

Tabela 12 – Índice de utilização das disponibilidades dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE).

REGIÃO	MUNICÍPIO	IUD	IUD (Linearizado)	CLASSIFICAÇÃO
ALTO	AFOGADOS DA INGAZEIRA	0,0427	1	Satisfatória
	ITAPETIM	0,0099	0,9	
	SÃO JOSÉ DO EGITO	0,0208	0,8	
	TABIRA	0,0230	0,8	
	TUPARETAMA	0,0074	0,9	
MÉDIO	CALUMBI	0,0027	1,0	Satisfatória
	CARNAÍBA	0,0075	0,9	Satisfatória
	FLORES	0,0099	1	Satisfatória
	SERRA TALHADA	0,0949	0,0	Crítica
BAIXO	FLORESTA	0,0053	1,0	Satisfatória
	ITACURUBA	0,0012	1,0	

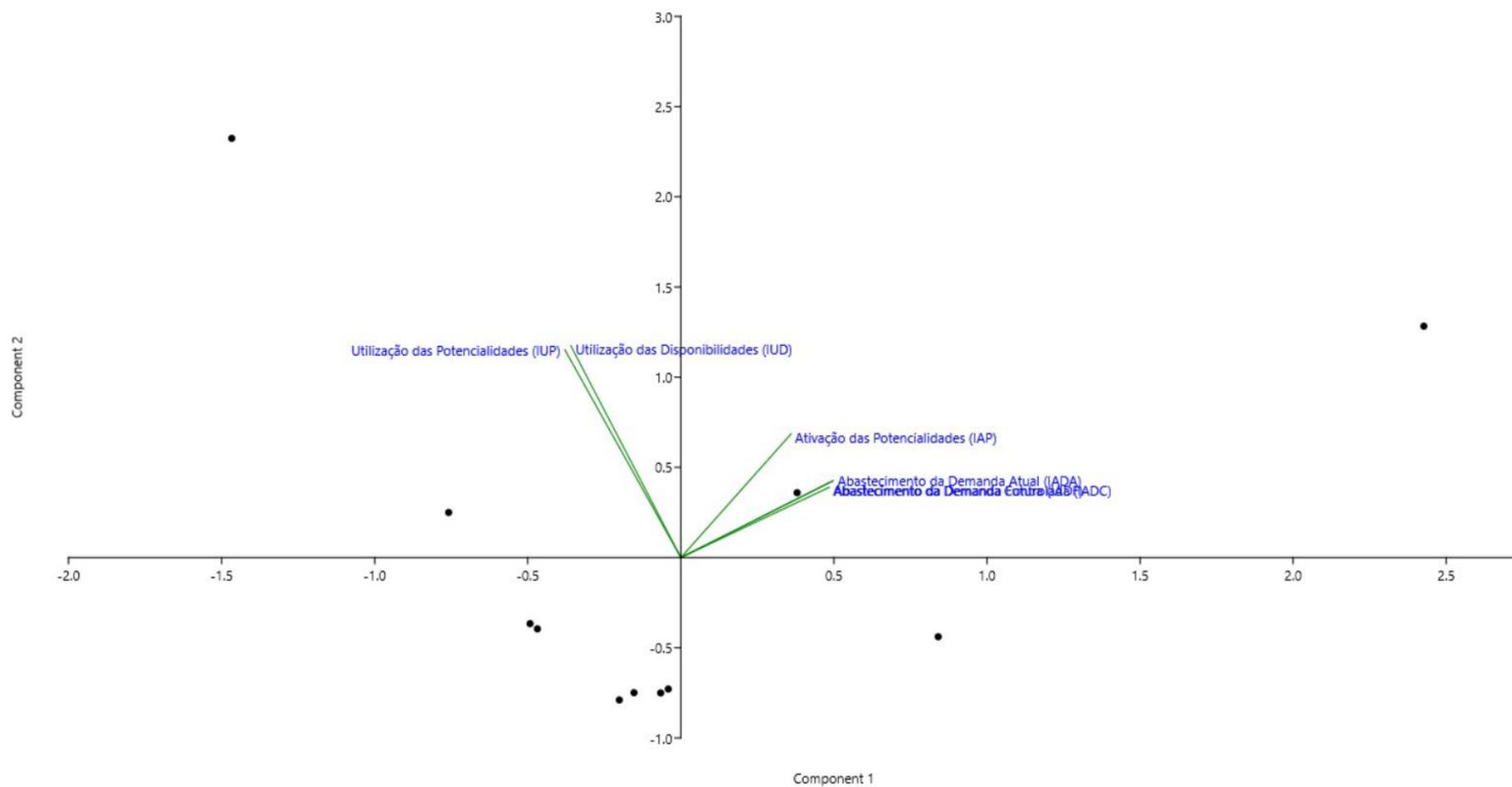
Fonte: Autoria própria (2023).

Os resultados apresentados na Tabela 12 apresentam consonância com os resultados encontrados para o índice de utilização das potencialidades, em que, de todos os municípios amostrados, apenas Serra Talhada apresenta-se em situação crítica, podendo-se afirmar que este município já consome toda disponibilidade hídrica disponível (Campos, 2005). Diante deste cenário é possível afirmar que este município necessita com urgência a implantação de processos que venha otimizar o abastecimento de água, de forma a assegurar a disponibilidade deste recurso natural para as futuras gerações (Gonçalves, 2019).

4.1.7 Definição das escalas globais do indicador de pressão por nível de planejamento.

Com a obtenção dos índices e as respectivas escalas parciais que compõem o Indicador de Potencialidade, Disponibilidade e Demanda (IPDD), conforme explicitado nos tópicos anteriores, realizou-se a análise de componente principal (PCA) a partir dos dados obtidos para cada índice e selecionou-se os mais representativos, ou seja, aqueles que mais traduzem os fatores de pressão da bacia hidrográfica do rio Pajeú, conforme explicitado na Figura 2 a seguir.

Figura 2 – Gráfico de ordenação do indicador de pressão através da análise de PCA

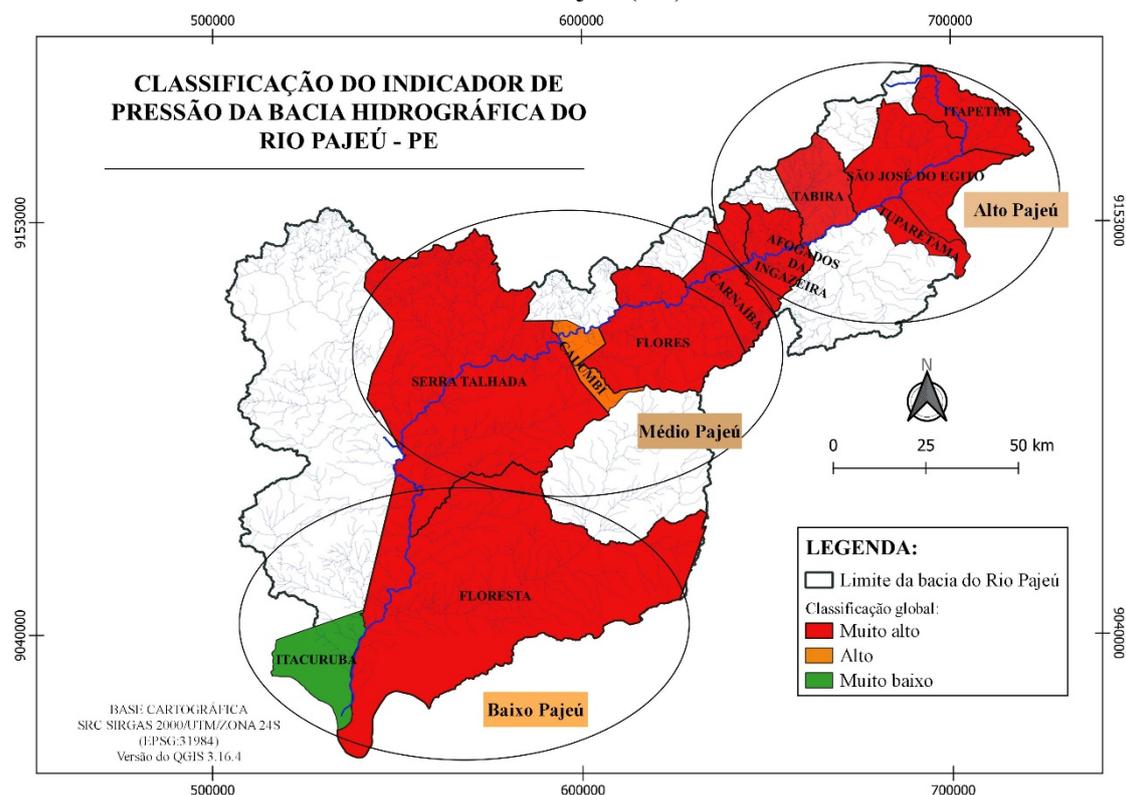


Fonte: Autoria própria (2024).

A análise da Figura 2 permite constatar que o IADA, IADF e IADC se encontram no eixo principal e se correlacionam com mais de 90% da variância da amostra. Assim, conforme prescrito neste método estatístico, estes índices identificados apresentam menor dispersão entre os dados avaliados e são considerados mais representativos para definição da escala global do indicador de pressão. Destaca-se que, embora o IAP também esteja presente no primeiro eixo, não foi considerado na definição da escala global devido à defasagem dos dados de potencialidade, os quais foram estabelecidos apenas para a bacia e não por região.

A partir destas constatações foi possível elaborar e apresenta a Figura 3 a seguir, onde são explicitadas a definição das escalas globais do indicador de pressão em nível micro dentro da bacia do Pajeú, ou seja, por município e região.

Figura 3 – Mapeamento do indicador de pressão da bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE)



Fonte: Autoria própria (2024).

A análise da Figura 3 permite constatar que os municípios do alto e médio Pajeú estão submetidos em média a índices de pressão muito alto, em que a variável predominantemente pelas transformações na bacia é a atual demanda hídrica (ANEXO 2).

Diante da figura 3, é importante ressaltar que mesmo a região do baixo Pajeú apresentou a melhor disponibilidade hídrica a 90% (3.996 L/s) dentre as demais áreas, quando alguma município dispõem de uma demanda alta há uma maior contribuição para o aumento da escala de pressão (Bozorg-Haddad *et al.*, 2020), que passa a variar de alto a muito alto, caso aqui representado pelo município de Floresta que dispõe de demanda hídrica de 21,267 L/s para uma população de 20.134 habitantes, situação contrária a de Itacuruba.

Logo, ao avaliarmos a bacia hidrográfica do Pajeú em nível macro pode-se afirmar que esta dispõe de um índice muito alto quanto a classificação do indicador de pressão, apontando a necessidade de uma maior e mais urgente atuação da governança hídrica por parte do Estado em conjunto com os municípios para enfrentar os desafios e garantir a gestão sustentável (Akhmouch; Clavreul; Glas, 2018), de modo que, a realidade local possa ser considerada na proposição de ações com intuito de redução do consumo per capita da água em toda a região da bacia.

4.2 Indicador de estado

Esta frente de trabalho se deu através do estudo do indicador de eficiência do uso da água (IEUA), refletindo-se neste índice a condição dos recursos hídricos existentes na bacia hidrográfica do Pajeú, por meio da avaliação dos dados de atuação dos serviços de saneamento básico existentes nos municípios.

4.2.1 Índice de domicílios atendidos por poços (IDAP)

A frequente problemática associada ao abastecimento urbano de água nas médias e pequenas cidades dentro das bacias hidrográficas, aponta para uma solução imediatista que é a perfuração de poços (Foster *et al.*, 2010; Hirata; Foster; Oliveira, 2015). No entanto, essa resolução não leva em consideração a crescente demanda populacional e que, a longo prazo, os poços abertos sem monitoramento e controle, além de não atender plenamente as demandas, podem exaurir o recurso hídrico existente no subterrâneo da bacia (Foster *et al.*, 2010).

A avaliação do IDAP aqui apresentado fundamenta-se na porcentagem da relação entre o número de domicílio atendido por poços e o número total de domicílios de um determinado município. Para o estabelecimento do IDAP, os dados sobre a exploração dos aquíferos subterrâneos na Bacia do Pajeú foram captados no site da Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH) do Estado de Pernambuco em outubro de 2023 para, em

seguida, serem cruzados com as informações fornecidas pela COMPESA no tocante ao abastecimento de municípios da bacia com água advinda destes poços subterrâneos.

Tabela 13 – Índice de domicílios atendidos por poços dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE).

REGIÃO	MUNICÍPIO	IDAP	CLASSIFICAÇÃO
ALTO	AFOGADOS DA INGAZEIRA	0,01%	Muito baixo
	ITAPETIM	0,05%	
	SÃO JOSÉ DO EGITO	0,03%	
	TABIRA	0,02%	
	TUPARETAMA	0,15%	
MÉDIO	CALUMBI	0,47%	Muito baixo
	CARNAÍBA	0,06%	
	FLORES	0,92%	
	SERRA TALHADA	0,21%	
	FLORESTA	0,03%	
ITACURUBA	0,19%		

Fonte: Autoria própria (2023).

A classificação muito baixa para o IDAP apresentado na Tabela 13, origina-se do baixo número de poços registrados pelos órgãos reguladores dentro do Estado de Pernambuco (CPHR) em relação ao número total de domicílios registrados pela COMPESA na área urbana dos 11 municípios avaliados (ANEXO, 2).

Ao longo da realização da pesquisa e, particularmente no período de formulação do IDAP, ficou claro a falta de sincronia entre os três órgãos públicos [COMPESA, CPRH e o Serviço Geológico do Brasil (CPRM)] que são responsáveis pelo cadastro e acompanhamento destes mananciais, dificultando assim o controle e monitoramento da água retirada do subterrâneo no Rio Pajeú.

4.2.2 Índice de domicílios atendidos por sistema de abastecimento de água tratada (IDASA)

Os municípios inseridos na bacia do Rio Pajeú têm como órgão operador do sistema de abastecimento a COMPESA, amparada quase que totalmente pela Adutora do Pajeú, uma obra federal que capta água na parte baixa da Bacia do Pajeú, mais precisamente no espelho d'água do Lago de Itaparica. Assim, os dados utilizados na construção deste índice (Tabela 14) tomaram como base o quantitativo de domicílios abastecidos pelo sistema de água tratada em relação ao número total de casas, a partir da correlação dos dados disponibilizados no anexo 2 pela COMPESA (2023).

Tabela 14 – Índice de domicílios atendidos por sistema de abastecimento de água dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE).

REGIÃO	MUNICÍPIO	IDASA	CLASSIFICAÇÃO
ALTO	AFOGADOS DA INGAZEIRA	100%	Muito alto
	ITAPETIM	85,04%	
	SÃO JOSÉ DO EGITO	99,05%	
	TABIRA	100%	
	TUPARETAMA	100%	
MÉDIO	CALUMBI	58,79%	Média
	CARNAÍBA	78,43%	Alto
	FLORES	73,85%	Alto
	SERRA TALHADA	100%	Muito alto
BAIXO	FLORESTA	100%	Muito alto
	ITACURUBA	100%	

Fonte: Autoria própria (2023).

O IDASA informado por município na Tabela 14 indicam que 72,7% dos municípios apresentam um indicativo muito alto em relação ao abastecimento, ou seja, apresentam boa cobertura. Dentre os municípios investigado, apenas Calumbi enquadra-se numa situação de precariedade no tocante aos serviços de abastecimento público, evidenciando uma necessidade premente de ampliação deste serviço.

4.2.3 Índice de ligação de esgotos (ILE)

O ILE fornece informações acerca das condições mínimas de esgotamento sanitário dos municípios alocados dentro da bacia do Pajeú. Assim, os dados utilizados para formação deste índice (Tabela 15) foram disponibilizados pela COMPESA e foram atualizados para o ano de 2023.

Tabela 15 – Índice de ligação de esgoto dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE)*.

REGIÃO	MUNICÍPIO	ILE	CLASSIFICAÇÃO
ALTO	AFOGADOS DA INGAZEIRA	16,48%	Muito baixo
	ITAPETIM	16,48%	
	SÃO JOSÉ DO EGITO	0%	
	TUPARETAMA	0%	
	TABIRA	0%	
MÉDIO	CALUMBI	0%	Muito baixo
	CARNAÍBA	0%	
	FLORES	0%	
	SERRA TALHADA	0%	
BAIXO	FLORESTA	0%	Muito baixo
	ITACURUBA	0%	

Fonte: Autoria própria (2023). *Informação prestada pela COMPESA, ANEXO 2 (2023).

Este índice é extremamente relevante, pois tende a retratar a porcentagem de conectividade do sistema de esgotamento sanitário nos municípios, de modo que, resultados baixos e muito baixos de conexão tendem a influenciar diretamente o surgimento de vetores de doença (Sachet; Bilotta, 2019). Assim, Puspitasari *et al.* (2020) concluiu em sua pesquisa sobre riscos ambientais no Rio Bedadung, localizado em Java Oriental na Indonésia, que os dejetos humanos são fatores de influência na redução da qualidade da água e, conseqüentemente, impactam na qualidade de vida da população residente no entorno do rio.

De acordo com a Tabela 15, pode-se afirmar com ênfase que existe uma precariedade nas condições de esgotamento sanitário em todos os municípios da bacia, sabendo-se que, mesmo nos municípios de Afogados da Ingazeira e Itapetim que dispõem de uma estrutura mínima de esgotamento, este não é suficiente para atender a população, sendo de fundamental importância a construção de estruturas que visem adequar as condições de despejos dos efluentes urbanos aos padrões estabelecidos para os corpos d'água do Brasil, pelo CONAMA na resolução nº 430, de 13 de maio de 2011.

Ressalta-se aqui que na construção deste índice não se aprofunda no diagnóstico se há esgoto exposto a céu aberto ou se as residências de uma determinada área, mesmo carecendo da infraestrutura de esgoto adequada, possuem fossas secas, que apesar de não ser uma solução ambientalmente ideal é uma prática que visa reduzir os efeitos impactantes e negativos da ausência de esgotamento sanitário na qualidade de vida das pessoas (Swaminathan; Binu, 2012).

4.2.4 Índice de tratamento de esgoto (ITE)

O ITE corresponde a porcentagem do esgoto tratado e destinado a calha do Rio Pajeú em cada município, de modo que, ao destinar este efluente direto para o rio, se torna imprescindível analisar o desempenho da implantação dos serviços de tratamento de esgoto na região, pois este tem ligação direta com a segurança sanitária e a promoção da saúde e do bem-estar para toda população (Zou; Lu, 2022).

Tabela 16 – Índice de tratamento de esgoto dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE).

REGIÃO	MUNICÍPIO	ITE	CLASSIFICAÇÃO
	AFOGADOS DA INGAZEIRA	16,48%	Muito baixo
	ITAPETIM	16,48%	
	SÃO JOSÉ DO EGITO	0%	

ALTO	TUPARETAMA	0%	
	TABIRA	0%	
MÉDIO	CALUMBI	0%	Muito baixo
	CARNAÍBA	0%	
	FLORES	0%	
	SERRA TALHADA	0%	
BAIXO	FLORESTA	0%	Muito baixo
	ITACURUBA	0%	

Fonte: Autoria própria (2023).

Os valores de ITE (Tabela 16) trazem uma correlação muito próxima aos valores de ILE (Tabela 15), reforçando que a falta de estrutura sanitária nos municípios e que estes estão muito atrasados no tocante ao atingimento da meta 6.2 do Desenvolvimento Sustentável proposta pela ONU, que preconiza “alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos, e acabar com a presença de dejetos humanos a céu aberto, com especial atenção para as necessidades das mulheres e meninas e daqueles em situação de vulnerabilidade” (ONU Brasil, 2015).

4.2.5 Índice de tratamento de resíduos sólidos (ITRS)

Na formulação deste índice foi construída a Tabela 17 apresentada a seguir e que expressa a porcentagem de resíduos sólidos tratados nas respectivas cidades avaliadas, de modo que, os dados utilizados para a construção e análise aqui apresentada foram extraídos em novembro de 2023 do *site* Painel de Saneamento, que dispõem da base do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2021) de modo interativo por município.

Tabela 17 – Índice de tratamento de resíduos sólidos dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE).

REGIÃO	MUNICÍPIO	ITRS	CLASSIFICAÇÃO
ALTO	AFOGADOS DA INGAZEIRA	95,49%	Muito alto
	ITAPETIM	98,69%	
	SÃO JOSÉ DO EGITO	88,78%	
	TABIRA	88,01%	
	TUPARETAMA	93,9%	
MÉDIO	CALUMBI	100%	Muito alto
	CARNAÍBA	94,77%	
	FLORES	99,92%	
	SERRA TALHADA	100%	
BAIXO	FLORESTA	100%	Muito alto
	ITACURUBA	100%	

Fonte: Autoria própria (2023).

A análise da Tabela 17 reflete o cumprimento satisfatório da legislação nº 12.305/10 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e regulamenta o tratamento (Brasil, 2010) nas diferentes regiões da bacia do Pajeú, com a maioria dos municípios sendo atendidos pelo aterro sanitário de Afogados da Ingazeira, de forma que, com exceção de pontos difusos de descarte irregular do resíduo domiciliar, principalmente nas margens dos tributário e da calha do rio principal, o resíduo produzido nos centros urbanos não impacta, em tese, de forma direta a qualidade e o volume da água armazenada em diferentes pontos da bacia.

4.2.6 Índice de perdas de água na rede de abastecimento (IPAR)

A construção do IPAR aqui apresentado (Tabela 18) baseia-se nos dados das médias percentuais de perdas por vazamento na rede de distribuição de água tratada à população, bem como na média das ligações clandestinas informados pela COMPESA.

Tabela 18 – Índice de perdas de água na rede dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE).

REGIÃO	MUNICÍPIO	IPAR	CLASSIFICAÇÃO
ALTO	AFOGADOS DA INGAZEIRA	32,42%	Baixo
	ITAPETIM	24,47%	Baixo
	SÃO JOSÉ DO EGITO	28,79%	Baixo
	TABIRA	40,15%	Médio
	TUPARETAMA	29,21%	Baixo
MÉDIO	CALUMBI	26,86%	Baixo
	CARNAÍBA	35,87%	
	FLORES	29,03%	
	SERRA TALHADA	19,31%	
BAIXO	FLORESTA	32,04%	Baixo
	ITACURUBA	5,41%	Muito baixo

Fonte: Autoria própria (2023).

A análise da Tabela 18 permite constatar que, com exceção de Itacuruba no baixo Pajeú, todos os demais municípios apresentam um índice de perda de água já durante a distribuição próximo ou acima de 20 %.

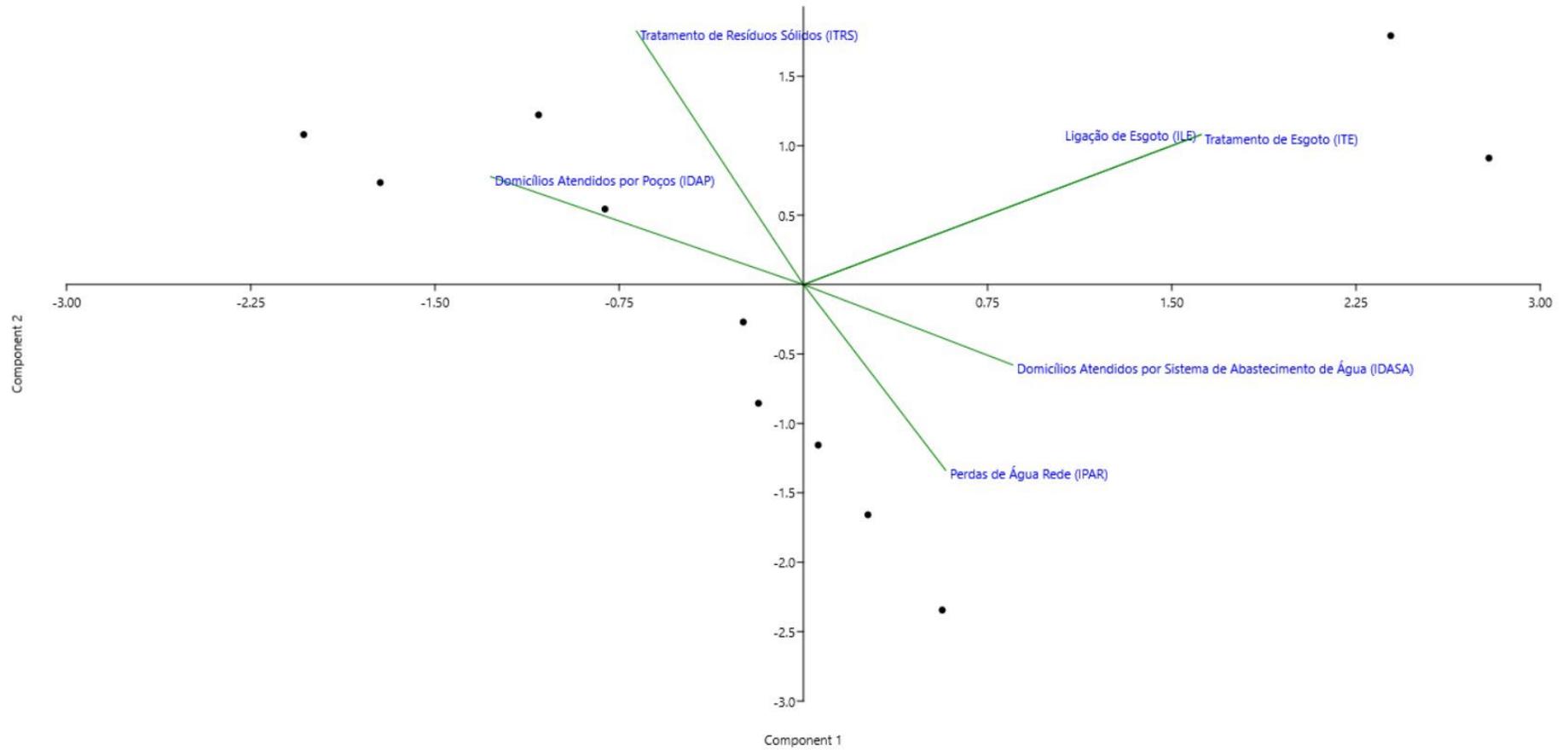
Apesar de no geral o IPAR obtido ser considerado baixo na presente pesquisa, os valores mensurados acendem um alerta em função da inclusão total da bacia do Pajeú no clima semiárido, onde os índices no Brasil variam entre 30% e 60% e são considerados

uma preocupação pertinente (Claudino *et al.*, 2021), devido esta região reconhecidamente pressionada pelas irregularidades espacial e temporal das chuvas (Gonçalves, 2019), o que torna este índice bastante significativo no cenário do Pajeú.

4.2.7 Definição das escalas globais do indicador de estado por nível de planejamento

A partir dos dados obtidos para cada índice, realizou-se a análise estatística do componente principal conforme apresentado na Figura 4 a seguir.

Figura 4 – Gráfico de ordenação do indicador de estado através da análise do PCA.



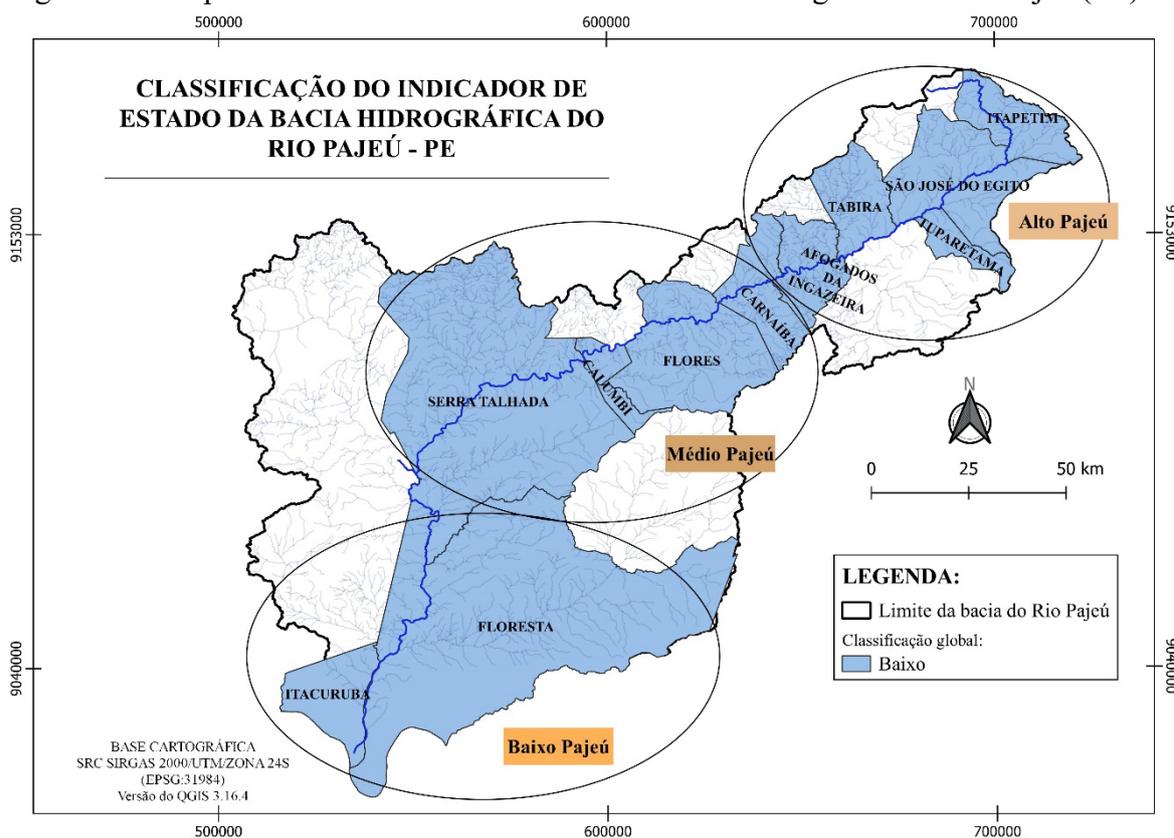
Fonte: Autoria própria (2024).

Após análise da Figura 4 é possível identificar os índices principais para a definição do estado de conservação da bacia, sendo estes: a) ligação das residências urbanas a rede de esgoto; b) tratamento do esgoto coletado antes de sua devolução ao ambiente natural; c) domicílios atendidos por sistema de abastecimento de água tratada e, d) perdas na rede de distribuição de água tratada.

Ressalta-se aqui que, em função dos dados relacionados aos esgotos se sobreporem (ILE e ITE) e de que eles se equivalem, selecionou-se apenas o índice de tratamento de esgoto, juntamente com o IDASA e o IPAR que também foram identificados como mais significativos para a definição deste indicador na bacia do Pajeú, pois os dados apresentados nestes respectivos índices contêm uma menor dispersão.

Em sequência, com a definição das escalas parciais, analisou-se os índices globais através do mapeamento do estado de conservação da bacia do rio Pajeú conforme apresentado na figura 5.

Figura 5 – Mapeamento do indicador de estado da bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE).



Fonte: Autoria própria (2024).

O mapeamento exibido na Figura 5, permite constatar que a nível micro (municípios) e a nível macro (regiões do alto, médio e baixo) o estado de conservação da

bacia, indicando baixo nível de qualidade, pesando aqui o descaso da gestão pública em relação a implementação do sistema de esgotamento sanitário.

Neste sentido alerta-se para a necessidade de uma atuação mais eficaz de uma gestão hídrica descentralizada na região da Bacia Hidrográfica do Pajeú, com a inclusão de todas as esferas públicas conforme se encontra sinalizada na Lei das Águas (Brasil, 1997), além de ser imperativo que os órgãos vinculados a União passem a fiscalizar com mais rigor o atingimento das metas de universalização imposta pela legislação 14.026/2020 que atualiza o marco legal de saneamento (Brasil, 2020).

4.3 Indicador de impacto

Para a definição deste indicador, utilizou-se dois métodos de seleção de dados. O primeiro se baseou em informações disponibilizadas pelo Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS, 2023/Anexo 3) a respeito das transmissões de doenças de veiculação hídrica e o segundo no resultado das análises de amostras de água coletas no leito do Rio Pajeú nos 11 municípios que compõem a área de estudo.

4.3.1 Transmissão de doenças por veiculação hídrica

Esta análise baseia-se no percentual de internações ocorridas por doenças de veiculação hídrica em relação ao número total de internação em cada município nos últimos 5 anos (Tabela 19), sendo considerados os dados das seguintes notificações por acometimento de cólera, febres tifóide e paratifóide, shigelose, amebíase, diarréias e gastroenterites de origem infecpresumível, leptospirose, poliomielite aguda, dengue, febre hemorrágica devida ao vírus da dengue e esquistossomose.

Tabela 19 – Índice transmissão de doenças por veiculação hídrica dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Pajeú (PE).

REGIÃO	MUNICÍPIO	DOENÇAS DE VINCULAÇÃO HÍDRICA	CLASSIFICAÇÃO
ALTO	AFOGADOS DA INGAZEIRA	2,50%	Muito baixo
	ITAPETIM	0,55%	
	SÃO JOSÉ DO EGITO	1,07%	
	TUPARETAMA	0,36%	
	TABIRA	1,20%	
MÉDIO	CALUMBI	3,40%	Muito baixo
	CARNAÍBA	1,35%	
	FLORES	1,20%	
	SERRA TALHADA	2,91%	

BAIXO	FLORESTA	2,01%	Muito baixo
	ITACURUBA	0,86%	

Fonte: Autoria própria (2023).

Apesar da base de dados do DATASUS apresentar informações de que entre os anos de 2018 e 2023 os municípios do Pajeú apresentaram um índice muito baixo de internações por doenças de veiculação hídrica, tem se aqui que ressaltar que esse indicativo depende inteiramente da qualidade e da integralização precisa destas informações no sistema (Zapata *et al.*, 2016). Desta forma, segundo Frishammar *et al.* (2019), sugere-se considerar possíveis fragilidades nas análises dos dados do DATASUS, devido problemas enraizados em quatro tipos de conhecimento: incerteza, complexidade, equivocidade e ambiguidade, pelo qual pode ocasionar na falta de ligação entre os impactos provocados pelas águas contaminadas nos trechos do Pajeú e o surgimento de doenças.

Felinto, Ribeiro e Braga (2019) afirmam que a importância em analisar este índice se baseia “na baixa eficiência do sistema de abastecimento de água” que obriga aos usuários buscarem por outras fontes de água de qualidade duvidosa.

4.3.2 Parâmetros físico da qualidade da água na calha do Rio Pajeú

Para a construção deste índice, analisou-se a turbidez nos períodos seco e chuvoso do ano de 2023, com as coletas sendo realizadas em pontos localizados a jusante das áreas urbanas dos 11 municípios investigados, de forma a garantir maior representatividade da amostra e qualificar a possível influência das descargas de efluentes no processo de deterioração da qualidade da água na calha principal do Rio Pajeú.

Para a mensuração e interpretação dos resultados, foram consideradas as legislações em vigor. Os resultados da análise deste parâmetro foram padronizados de acordo com os demais índices avaliados no indicador de impacto. Dessa forma, os resultados da turbidez foram qualitativamente categorizados em porcentagens, refletindo os seguintes índices parciais: ruim (0%), médio (50%) e bom (100%).

No que concerne à avaliação da turbidez, está é considerada um parâmetro físico de medida de resistência a passagem da luz (Santos *et al.*, 2023). Segundo a resolução nº 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) a faixa de tolerância deve ser de até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT). Nas Tabela 20 e 21 a seguir, são apresentados os resultados das análises das amostras de água realizadas em laboratório para o período chuvoso e seco, respectivamente.

Tabela 20 – Índice de turbidez nos pontos amostrais no período chuvoso – abril de 2023.

REGIÃO	MUNICÍPIO	TURBIDEZ (UNT)	CLASSIFICAÇÃO
ALTO	AFOGADOS DA INGAZEIRA	17,88	Bom
	ITAPETIM	21,78	
	SÃO JOSÉ DO EGITO	5,88	
	TABIRA	13,32	
	TUPARETAMA	9,4	
MÉDIO	CALUMBI	1,32	Bom
	CARNAÍBA	27,24	
	FLORES	7,44	
	SERRA TALHADA	0,36	
BAIXO	FLORESTA	7,32	Bom
	ITACURUBA	2,88	

Fonte: Autoria própria (2023).

Tabela 21 – Índice de turbidez nos pontos amostrais no período seco - novembro de 2023.

REGIÃO	MUNICÍPIO	TURBIDEZ (UNT)	CLASSIFICAÇÃO
ALTO	AFOGADOS DA INGAZEIRA	13,56	Bom
	ITAPETIM	51,42	Médio
	SÃO JOSÉ DO EGITO	118,92	Ruim
	TABIRA	17,78	Médio
	TUPARETAMA	16,32	Bom
MÉDIO	CALUMBI	6,0	Bom
	CARNAÍBA	149,52	Ruim
	FLORES	54,12	Ruim
	SERRA TALHADA	51,36	Ruim
BAIXO	FLORESTA	2,16	Bom
	ITACURUBA	10,20	

Fonte: Autoria própria (2023).

Analisando-se os resultados entre o período chuvoso e o seco para o parâmetro de turbidez (Tabelas 20 e 21) constata-se um quadro que evolui drasticamente, provavelmente pelo aumento da matéria orgânica depositada no rio e o baixo volume de água circulando no período seco (Freire; Costa; Neto, 2021). Este é um dado que reforça a existência de lançamentos de efluentes e contaminantes em massa e que são despejados permanentemente na calha do rio Pajeú, de modo que, Freire, Costa e Neto (2021) afirmam que as descargas de águas residuárias desempenham papel fundamental para

obtenção de índices ruins de turbidez na maioria das bacias hidrográficas do nordeste brasileiro.

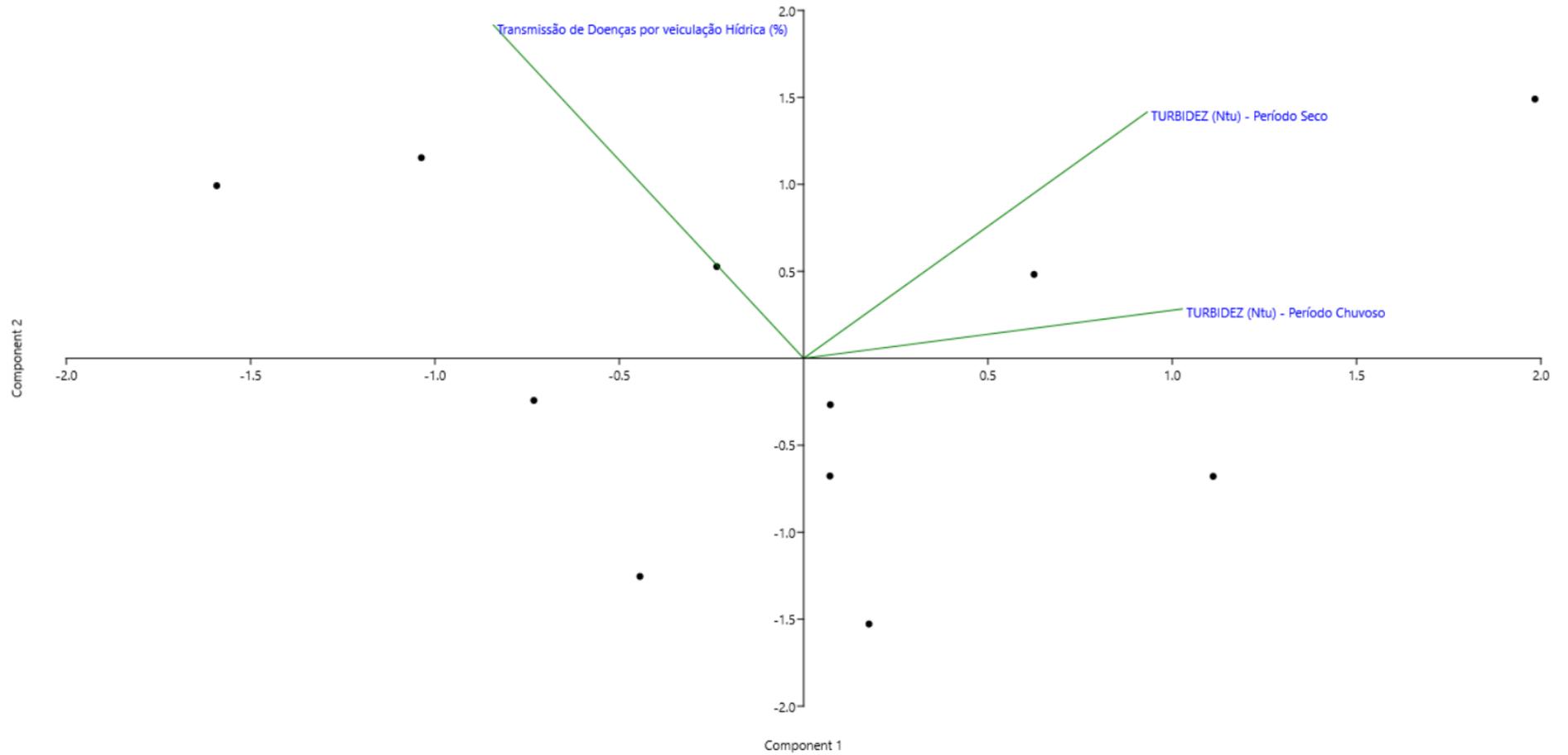
Resultado semelhante foi obtido no estudo conduzido por Silva e Carvalho (2023), os quais investigaram as relações entre as atividades humanas e os níveis de turbidez na bacia do Rio Maracujá, em Amarantina, Minas Gerais. Em uma das áreas avaliadas pelos autores, observou-se um aumento nos níveis de turbidez também durante o período de estiagem, fato este associado pelos autores ao lançamento de efluentes, de forma que estes autores afirmam que durante a estiagem há uma menor diluição, o que pode levar à eutrofização da água.

A análise deste parâmetro deve ser relevante nas tomadas de decisões pelos gestores hídricos da bacia do Pajeú, pois a turbidez além de fornecer informações dos qualitativas da água superficial, pode ser usada também para embasar a análise de risco e a proposição de estratégias de mitigação da degradação da qualidade da água (Szpak; Tchórzewska-Cieślak; Pietrucha-Urbanik, 2019).

4.3.3 Definição das escalas globais do indicador de impacto

A partir dos resultados encontrados foi possível analisar e construir o indicador de impacto, executando-se a análise estatística conforme demonstrado na Figura 6 a seguir.

Figura 6 – Gráfico de ordenação do indicador de impacto através da análise do PCA.

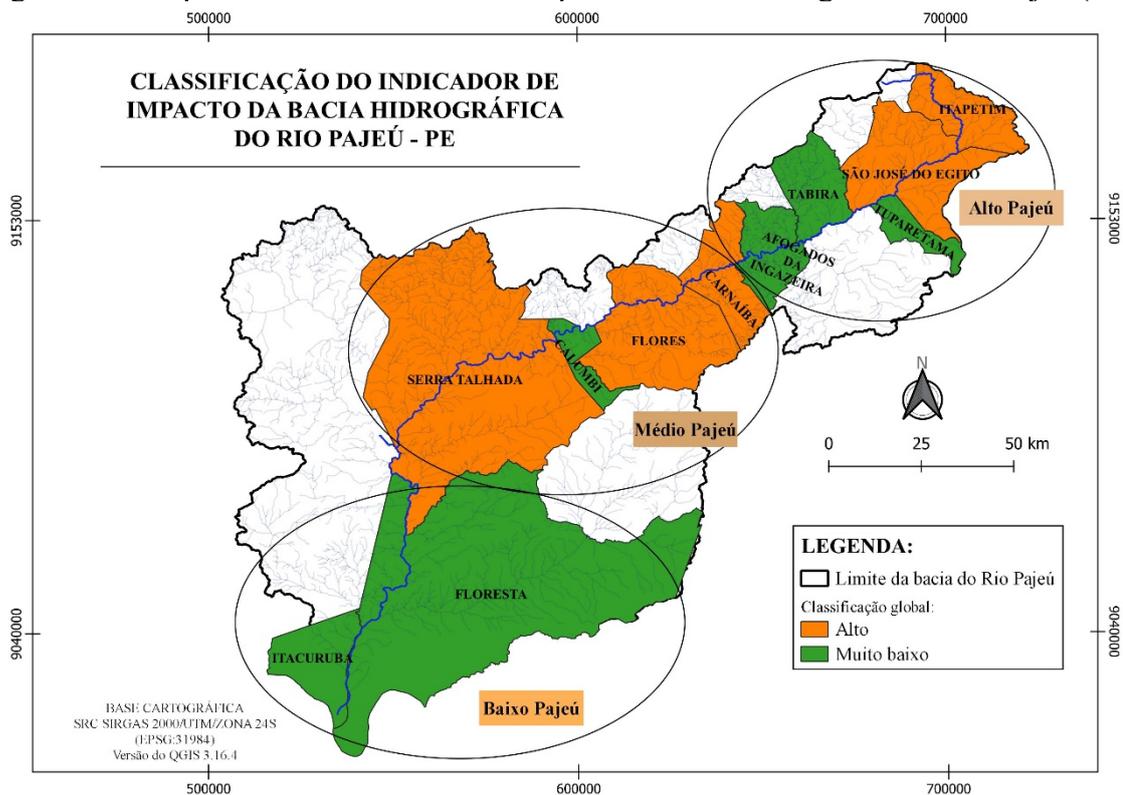


Fonte: Autoria própria (2023).

Os resultados da análise estatística definiram como componentes principais os parâmetros físicos da qualidade da água, ou seja, a turbidez nas diferentes variabilidades temporais avaliadas. Logo, estes índices escolhidos exibem a maior variação dos dados (82,3%) e exprime uma menor dispersão (Finkler *et al.*, 2015).

Assim o estabelecimento da escala global do indicador de impacto se deu a partir do cálculo da média dos índices de turbidez, de modo que, a figura 7 representa as respectivas escalas em nível micro, possibilitando a identificação das regiões mais afetadas pelos fatores de pressão.

Figura 7 – Mapeamento do indicador de impacto da bacia hidrográfica do rio Pajeú (PE).



Fonte: Autoria própria (2023).

Ao considerar a classificação global (Figura 7), observou-se que em diversos trechos do alto e médio Pajeú há presença evidente de um impacto alto devido a influência das pressões exercidas sobre o estado atual da bacia, como exemplo o modo de uso da terra e de desenvolvimento utilizado pelos municípios (Couto *et al.*, 2020). No Pajeú constatou que esses impactos são causados por diversos fatores, entre eles pode-se citar os despejos dos efluentes sem tratamento na calha do rio.

No que diz respeito ao baixo Pajeú, pode-se afirmar que sua influência é mínima em função do índice populacional se apresentar significativamente menor em comparação com outras regiões da bacia e por estar localizado na parte final da bacia, onde a maior

disponibilidade de água e respectivamente maior potencial de diluição dos poluentes (Farhadian *et al.*, 2015).

No que diz respeito à definição do indicador em um nível macro, que considera a bacia como um todo, a média dos índices revelou que a bacia do rio Pajeú tem um impacto global classificado como baixo, apesar da presença de despejos de esgotos urbanos em diversas partes do rio e da existência de vários ambientes eutrofizados (Figura 8). Portanto, as análises apresentadas aqui não nos permitem concluir que a qualidade da água ao longo da calha principal do rio seja inadequada em todos os seus pontos; de modo que se vê como essencial a avaliação de outros parâmetros, especialmente microbiológicos, pois tendem a fornecer uma compreensão abrangente da saúde local e das condições do sistema hídrico (Ioan, 2011).

Figura 8 – Trecho do rio Pajeú em Afogados da Ingazeira – abril de 2023.



Fonte: Autoria própria (2023).

Diante da análise realizada, pode-se afirmar que é visto como fundamental a implementação de ações voltadas para o monitoramento periódico da qualidade da água na área de estudo, com intuito de identificar as constantes variações ocasionadas pelos intensos processos de degradação em curso.

4.4 Indicador de resposta

Para determinação deste indicador, considerou-se a avaliação do indicador de desempenho do sistema de gestão de recursos hídricos (IGRH) utilizando-se informações fornecidas pelo secretário executivo do Comitê da Bacia do rio Pajeú e a análise da implementação dos instrumentos legais da Política Nacional de Recursos Hídricos (Gottstein, 2020).

Ao contrário dos demais indicadores avaliados, este examinou apenas o nível macro de planejamento, pois as informações aqui apresentadas se referem à bacia como um todo. Em relação a captura dos dados, esta foi realizada por meio de entrevista semiestruturada a partir da aplicação de um barema de pontuação (ANEXO 4), que por sua vez se baseou na legislação voltada para recursos hídricos (Brasil, 1997; Pernambuco, 2005).

Sendo assim, a Tabela 22 a seguir exhibe os índices e as respectivas classificação das escalas parciais para definição do indicador de resposta da bacia do rio Pajeú.

Tabela 22 – Análise do indicador de resposta da bacia hidrográfica do rio Pajeú (PE).

INDICADOR	ÍNDICES	RESULTADO	CLASSIFICAÇÃO
IGRH	ENQUADRAMENTO	0	MUITO BAIXO
	COBRANÇA	0	MUITO BAIXO
	COMITÊ DA BACIA	0,95	ALTO
	OUTORGA	0,60	MÉDIO
	PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS	0,90	ALTO
	PLANO HIDROAMBIENTAL DA BACIA	0,20	MUITO BAIXO
	SISTEMA DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS	0,60	MÉDIO

Fonte: Autoria própria (2023).

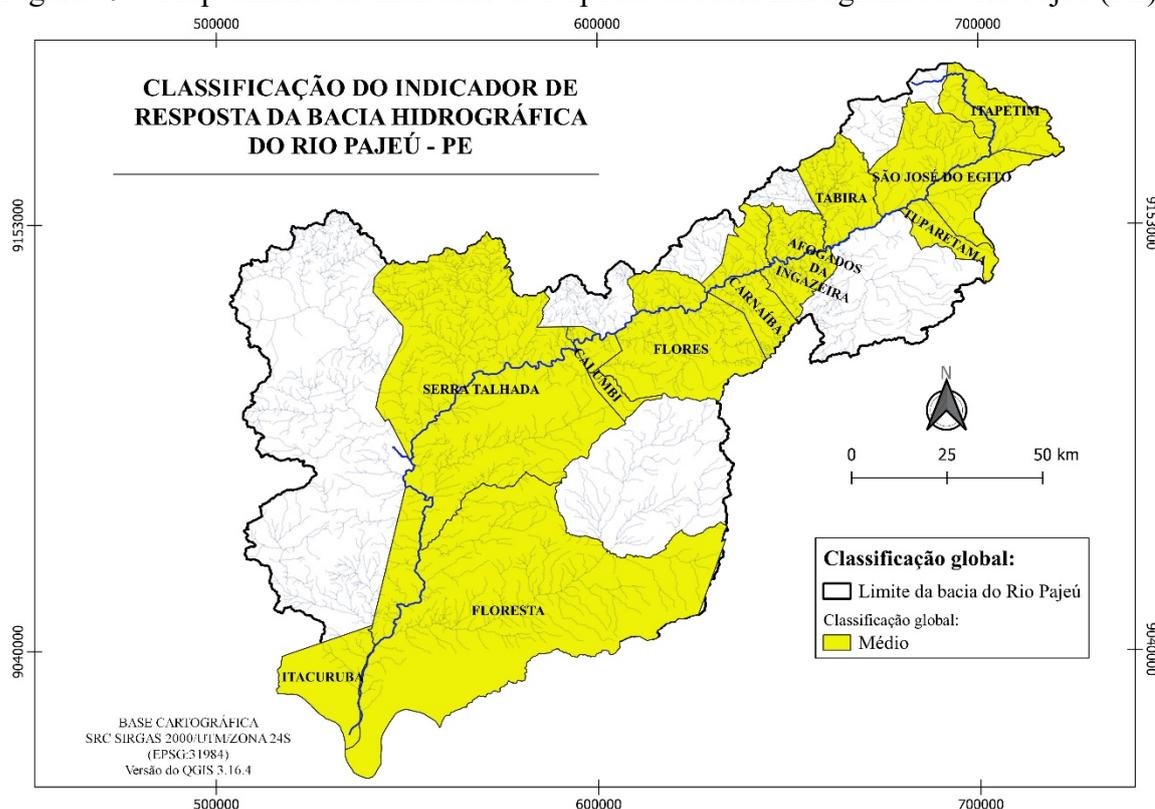
Na avaliação da Tabela 22 duas classificações aparecem como de elevada capacidade de resposta, sendo elas: a) a dinâmica do Comitê da Bacia, embasada no quantitativo de reuniões ordinárias e extraordinárias realizadas, na presença de representantes eleitos para as três categorias previstas na legislação (usuários, poder público e sociedade civil organizada) (Gonçalves, 2019) e pela existência de propostas de ações voltadas tanto para o rio principal quanto para os tributários; b) a vigência de um Plano Estadual de Recursos Hídricos, atualizado em 2022, que abrange todos os critérios estabelecidos no artigo 7º da Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997.

Em relação as respostas classificadas em escala média, é importante afirmar que, na direção do que preconiza a legislação federal nº 9.433/97 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e a lei pernambucana nº 12.984 de 30 de dezembro de 2005 que

estabeleceu Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do estado, existem critérios normativos e de outorga pré-estabelecidos pela APAC para controle do uso efetivo da água na bacia, da mesma forma, que é posto em prática um sistema de informação, que no entanto, em ambas as situações, não são realizadas de forma adequada, apontando para ajustes importantes em busca de uma aplicabilidade que se apresente como eficaz e eficiente na gestão de recursos hídricos na bacia do rio Pajeú.

Para os demais índices avaliados pode-se afirmar que, apesar de haver estruturas legais e factíveis para o funcionamento da gestão de recursos hídricos, estas não são aplicadas, o que compromete as ações e a efetiva capacidade de resposta da Bacia aos seus problemas já elencados ao longo da presente pesquisa.

Figura 9 – Mapeamento do indicador de resposta da bacia hidrográfica do rio Pajeú (PE).



Fonte: Autoria própria (2023).

A partir da análise dos índices aqui levantados, a bacia hidrográfica do rio Pajeú apresenta uma escala global média (Figura 9) em relação ao indicador de resposta, em função das fragilidades evidentes no que se refere aos instrumentos que são exclusivamente voltados para a gestão da bacia, indicando um baixo, ou até mesmo falta de investimentos significativos por parte do Estado na maior bacia hidrográfica da região.

4.5 Proposições de medidas de gestão

As ações elencadas a seguir, originam-se das análises, dos respectivos índices obtidos e dos indicadores construídos ao longo da pesquisa aqui apresentada e são primordiais para a recuperação imediata da bacia hidrográfica do Rio Pajeú:

- a) A bacia hidrográfica do Pajeú necessita de planos e ações efetivas que melhorem o seu estado de conservação;
- b) É urgente a reativação da rede de monitoramento fluviométrico, uma vez que nos seus 353 km de Rio não se tem instrumentação alguma para o monitoramento da disponibilidade hídrica no alto, médio ou baixo Pajeú;
- c) Remoção imediata da vegetação, principalmente de plantas invasoras, dos ambientes eutrofizados dentro e fora da calha principal do rio, visando melhorar o fluxo natural de água e aumentar a capacidade de recarga dos lençóis subterrâneos;
- d) Implantação de um monitoramento mensal dos parâmetros que indiquem em tempo real a qualidade da água em circulação na calha principal do rio, publicando-se em tempo real as informações para conhecimento da população;
- e) Os municípios devem, em caráter de urgência, elaborar os planos de saneamento e junto com o Governo do Estado, devem implementar as estruturas de saneamento para direcionar os efluentes a um processo prévio de tratamento antes de descarregá-los no rio,
- f) Elaboração de planos de comunicação/educação para elevar o nível de conscientização da população, no intuito de diminuir a pressão da ação antrópica sobre a calha principal do rio e suas estruturas de armazenamento de água.

5. CONCLUSÃO

A ausência de uma efetiva gestão hídrica descentralizada na Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú, no Sertão pernambucano, reflete-se nos índices negativos evidenciados na construção da modelagem aqui apresentada, caracterizando-se ainda como fator que potencializa a ausência de um ambiente sustentável.

As pressões antrópicas identificadas e que atuam sobre a bacia do Rio Pajeú, reduz tanto a disponibilidade dos recursos hídricos quanto a deteriora a qualidade da água. A detecção de índice de pressão elevado tem base principalmente nas altas demandas hídricas em curso e na ausência de planos municipais voltados para a gestão da bacia hidrográfica e na conscientização da população.

O indicador de baixo impacto, em nível macro aqui detectado, demonstra que existe possibilidade de execução de medidas locais factíveis que visem a promoção da saúde e do bem-estar da população, principalmente aquelas relacionadas ao tratamento do efluente lançados de forma direta na calha principal do rio. É fato que, além de poluir as águas superficiais e subterrâneas, muitos usuários ao longo do rio utilizam a água contaminada do Pajeú para produção de alimentos, e que são direcionados a comercialização nas feiras livres da própria região, tornando-se um fator grave ameaça à saúde pública.

Em relação as respostas que atualmente os atores do processo de gestão tem implementado na bacia, esta é considerada baixa e ineficaz. Necessitando de uma maior intervenção de órgãos da união na fiscalização das normas vigentes que deveriam ter uma atuação incisiva do estado em conjunto com os municípios.

- a. É fundamental que, em conjunto com as comunidades em todo Pajeú, sejam delineados planos de ação para recuperação do rio e implementação de processos de conscientização em busca da sustentabilidade da região. A colaboração entre as partes interessadas é essencial para preservar e restaurar a saúde ambiental da bacia do Rio Pajeú. A falta de esgotamento sanitário tem gerado efeitos devastadores para a bacia do Pajeú e acarretado em impactos negativos na qualidade de vida da população.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C.; NUNES, A. B. de A. Proposta de indicadores para avaliação de desempenho dos Sistemas de Gestão Ambiental e de Segurança e Saúde no Trabalho de Empresas do ramo de engenharia consultiva. **Gestão & Produção**, v. 21, p. 810-820, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X649>.

ADHITAMA, S. Y. et al. The Strategies of Sustainable Watershed Management at Bedog Sub-Watershed, Special Region of Yogyakarta. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2022. p. 012066. DOI: 10.1088/1755-1315/1039/1/012066.

AKHMOUCH, A.; CLAVREUL, D.; GLAS, P. Introducing the OECD Principles on Water Governance. **Water International**, v. 43, n. 1, p. 5–12, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/02508060.2017.1407561>.

BARCELO, B. M.; ALVES, Y. F. da P. **Estudo da transposição do rio Capivari para a bacia do Piancó**. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Engenharia Civil) – UniEvangélica, Anápolis, GO, 69 f, 2019.

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

Bahia, 2017 Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=5933867. Acesso em: 10 jan. 2023.

BRAGA, T. M; FREITAS, A. P. G; DUARTE, G. S. Índices de sustentabilidade municipal: o desafio de mensurar. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 3, n. 14, p. 11-33, set. 2004. Trimestral. Disponível em: <https://revistas.face.ufmg.br/index.php/novaeconomia/article/view/435>. Acesso em: 8 jan. 2023.

BRANCHI, B. A.; FERREIRA, D. H. L. A contribuição do Modelo FPEIR nos estudos das bacias hidrográficas brasileiras. **Periódicos Eletrônicos do Fórum da Alta Paulista**, v. 16, n. 4, p. 76-86, 2020. DOI: <https://doi.org/10.17271/1980082716420202442>.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 jul. 2020.

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 nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 8 jan. 1997. Seção 1, p. 579.

BEGA, J. M. M. et al. Sustainability Assessment of Sanitation Indicators in the PCJ Watersheds 2020-2035 Plan; [Avaliação da Sustentabilidade dos Indicadores de Saneamento do Plano das Bacias PCJ 2020-2035]; [Evaluación de sostenibilidad de Indicadores de Saneamiento en el Plan de las Cuencas del PCJ 2020-2035]. **Ambiente e Sociedade**, v. 24, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20200247vu2021L4DE>.

BERGER, L.; HENRY, A. D.; PIVO, G. Orienteering the landscape of urban water sustainability indicators. **Environmental and Sustainability Indicators**, v. 17, p. 100207, 1 fev. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indic.2022.100207>.

BOZORG-HADDAD, O. et al. Assessment of potential of intraregional conflicts by developing a transferability index for inter-basin water transfers, and their impacts on the water resources. **Environ Monit Assess**, v. 192, n. 40, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-019-8011-1>.

CAMPOS, M. V. C. V; RIBEIRO, M. M. R; VIEIRA, Z. M. C. L. A gestão de recursos hídricos subsidiada pelo uso de indicadores de sustentabilidade. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19 n.2, p. 209-222, 2014.

CAMPOS, Martha Viviane Cabral de Vasconcelos. **Indicadores de sustentabilidade como apoio à gestão de recursos hídricos**. 2005. 154f. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande - Paraíba - Brasil, 2005. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/11153>. Acesso em: 26 out. 2023.

CLAUDINO, C. M. de A. *et al.* Avaliação das perdas em sistemas de abastecimento de água de pequeno porte no semiárido brasileiro por aspectos multicritérios. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 2021, 2021. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/OJS/index.php/REGA/article/view/573>. Acesso em: 25 jan. 2023.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005. **Resolução CONAMA nº 357**, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2011. **Resolução CONAMA nº 430**, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 mai. 2011.

COSTA, C. T. F. da. *et al.* Indicadores de sustentabilidade no gerenciamento dos recursos hídricos no município Juazeiro do Norte – CE. *In: XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Anais [...]*. Florianópolis: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2017. p. 1- 8.

COUTO, E. V. do *et al.* Integrating environmental, geographical and social data to assess sustainability in hydrographic basins: The ESI approach. **Sustainability**, v. 12, n. 7, p. 3057, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12073057>.

CRIONI, P. L. B. *et al.* Assessment of the water volume storage in reservoirs from the brazilian semiarid regions. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 24, n. 92, p. 57–70, 2023. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG249262923>.

DUAN, T. *et al.* Systematic evaluation of management measure effects on the water environment based on the DPSIR-Tapio decoupling model: A case study in the Chaohu Lake watershed, China. **Science of the Total Environment**, v. 801, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149528>.

EEA - European Environment Agency. Environmental indicators: Typology and overview. Technical report N° 25. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, 1999.

FARHADIAN, Mostafa *et al.* Assimilative capacity and flow dilution for water quality protection in rivers. **Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste**, v. 19, n. 2, p. 04014027, 2015. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HZ.2153-5515.0000234](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HZ.2153-5515.0000234).

FELINTO, C. M. R.; RIBEIRO, M. M. R.; BRAGA, C. F. C. Aplicação do Modelo Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta (FPEIR) para Gestão dos Recursos Hídricos em João Pessoa-PB. **Revista DAE**, [S.L.], v. 67, 2019. DOI: <https://doi.org/10.4322/dae.2019.038>.

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, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110354>.

FREIRE, L.L.; COSTA, A.C.; NETO, I. E. L. Spatio-temporal Patterns of River Water Quality in the Semiarid Northeastern Brazil. **Water Air Soil Pollut**, [S. l.], v. 232, n. 452, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11270-021-05406-7>.

FINKLER, N. R. *et al.* Qualidade da água superficial por meio de análise do componente principal. **Revista Ambiente & Água**, [S. l.], v. 10, p. 782-792, 2015. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1468>.

FRISHAMMAR, J. *et al.* A knowledge-based perspective on system weaknesses in technological innovation systems. **Science and Public Policy**, v. 46, n. 1, p. 55–70, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/scipol/scy037>

FOSTER, S. *et al.* Urban groundwater use policy: balancing the benefits and risks in developing nations. Washington, DC: The World Bank, v. 1. p. 36, 2010. Disponível em: <https://documentos.bancomundial.org/es/publication/documentsreports/documentdetail/471001468159609056/urban-groundwater-use-policy-balancing-the-benefits-and-risks-in-developing-nations>. Acesso em: 23 jan. 2024.

FOSTER, S.; HIRATA, R. e HOWARD, K. W. F. Groundwater use in developing cities: policy issues arising from current trends. **Hydrogeology Journal**, v. 19, n. 2, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10040-010-0681-2>.

GARCEZ-DE-OLIVEIRA, V. *et al.* Sustainability indicators for evaluation of municipal urban water management system: The case of Volta Redonda – RJ/ Brazil; [Indicadores de sustentabilidade para avaliação de sistema de gestão hídrica municipal: o caso de Volta Redonda – RJ/Brasil]. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 60, p. 613 – 633, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v60i0.78084>.

GRANGEIRO, E. L. de A.; RIBEIRO, M. M. R.; MIRANDA, L. I. B. de. Integração de políticas públicas no Brasil: o caso dos setores de recursos hídricos, urbano e saneamento. **Cadernos Metrópole**, v. 22, p. 417-434, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2020-4804>.

GONÇALVES, M. de L. A. Governança das águas na bacia hidrográfica do rio Pajeú, Pernambuco, Brasil: percepção dos atores e desempenho dos colegiados. 2019. **Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos em Rede Nacional)** – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

GOTTSTEIN, P. Proposta de uso de indicadores de sustentabilidade hídrica como subsídio para a gestão de recursos hídricos. 2020. 133 f. **Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos)** – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2020. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/>.

HAMLING, I. *et al.* Optimising demand reduction in water utilities. **EPiC Series in Engineering**, v. 3, p. 874-883, 2018. DOI: <https://doi.org/10.29007/qh19>.

HIRATA, R.; FOSTER, S.; OLIVEIRA, F. Águas subterrâneas urbanas no Brasil: avaliação para uma gestão sustentável. São Paulo: IGc/USP. 2015. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/e7262959-6856-4ece-9c05-b5beb4f30c18/2712005.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2024.

IOAN, I. C. Analysis of the Galbena Valley Hydrographic Basin Parameters. Case Study. **Natural Resources and Sustainable Development**, 2011. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2701892. Acesso em: 27 jan. 2024.

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, 1 nov. 2012. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2012.08.093.

LACERDA, F. F.; MELO, A. V. V.; SOARES, D. B. Análise preliminar na detecção de tendências no padrão pluviométrico na Bacia do Pajeú - PE: mudanças climáticas ou variabilidade-. *In: XVIII Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos. Anais [...]*. Campo Grande: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2009. p. 1-12.

- MASSA-SÁNCHEZ, P. *et al.* Pressão Demográfica Sobre o Recurso Hídrico e a Sua Relação Com a Sustentabilidade dos Destinos Turísticos. Uma Análise Para o Sul do Equador. **RPER**, [S. l.], n. 47, p. 21–36, 2018. DOI: <https://doi.org/10.59072/rper.vi47.483>.
- MAYNARD, I. F. N.; CRUZ, M. A. S.; GOMES, L. J. Aplicação de um índice de sustentabilidade à bacia do rio Japarutuba em Sergipe. **Ambiente & Sociedade**, v. 20, p. 201–220, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC0057R1V2022017>.
- MENDES, J. P.; FERREIRA, D. H. L.; SUGAHARA, C. R. Sustainability Indicators for Water Security Management in Watersheds. **Smart Innovation, Systems and Technologies**, v. 207 SIST, p. 188–197, 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-04435-9_18
- MINISTÉRIO DAS CIDADES. Governo Federal entrega primeira etapa da Adutora do Pajeú. 2014. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/noticias/anterior/governo-federal-entrega-primeira-etapa-da-adutora-do-pajeu>. Acesso em: 18 jan. 2023.
- MICHAEL, F. L.; NOOR, Z. Z.; FIGUEROA, M. J. Review of urban sustainability indicators assessment – Case study between Asian countries. **Habitat International**, v. 44, p. 491–500, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2014.09.006>.
- MONTE-MOR, R. C. de A. Análise de processos hidrológicos em bacias de rios intermitentes no semiárido mineiro. 2012. (tese ou dissertação). Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUBD-92RHDP>. Acesso em: 15 jan. 2024.
- MONTENEGRO, A. A. A. Questões Hídricas para o desenvolvimento do semiárido Pernambucano: Contribuições da pesquisa: As questões hídricas têm sido largamente discutidas nas últimas décadas. **Inovação & Desenvolvimento: A Revista da FACEPE**, v. 1, n. 7, p. 35–41, 2021.
- MOSAFFAIE, J. *et al.* Trend assessment of the watershed health based on DPSIR framework. **Land Use Policy**, v. 100, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104911>.
- OLIVO, A. de M.; ISHIKI, H. M. Brasil frente à escassez de água. **Colloquium Humanarum**. ISSN: 1809-8207, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 41–48, 2015. Disponível em: <https://revistas.unoeste.br/index.php/ch/article/view/1206>. Acesso em: 25 jan. 2024.
- ONU Brasil. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 20 ago. 2023.
- PAINEL DE SANEAMENTO. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)**. Disponível em: http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua_esgoto/mapa-agua. Acesso: 22 nov. 2023. Base de dados de 2021.
- PEREIRA, V. R. *et al.* Adaptation opportunities for water security in Brazil. **Sustainability in Debate**, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 91–121, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v11n3.2020.33858>.
- PERNAMBUCO. Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco. **Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos - SEINFRA**, Recife, 2022.
- PERNAMBUCO. Lei nº 12.984, de 30 de dezembro de 2005. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, o Plano Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de

Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de Pernambuco**, Recife, PE, 30 dez. 2005.

PUSPITASARI, A. et al. Environmental risk analysis of The Bedadung Watershed By Using DPSIR. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2020. p. 012006. DOI: 10.1088/1755-1315/485/1/012006

RAMA, M. et al. Assessing the sustainability dimension at local scale: Case study of Spanish cities. **Ecological Indicators**, v. 117, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106687>.

RAPPORT, D. J.; FRIEND, A. Towards a comprehensive framework for environmental statistics: a stress-response approach. **Statistics Canada 11-510**, Ottawa, 1979.

RYESHAK, A. G. *et al.* Population Increase and Water Supply in Nigerian Cities: Case Study of Jos in Plateau State, Nigeria. **Int. J. of Multidisciplinary and Current research**, v. 3, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ezra-Vivan/publication/307204656_POPULATION_INCREASE_AND_WATER_SUPPLY_IN_NIGERIAN_CITIES_A_STUDY_OF_JOS_IN_PLATEAU_STATE/links/57c43db108aee5141be5d0d4/POPULATION-INCREASE-AND-WATER-SUPPLY-IN-NIGERIAN-CITIES-A-STUDY-OF-JOS-IN-PLATEAU-STATE.pdf

ROSSITER, Karina et al. Transposição do Rio São Francisco: avaliação da influência do Rio Pajeú na qualidade da água da captação do eixo leste. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 18, n. 2021, 2021. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/OJS/index.php/REGA/article/view/563>. Acesso em: 20 jan. 2024.

SACHET, M. A. de C.s; BILOTTA, P. Sustainability analysis of new household connections to the municipal sewage collection network in Paraná. **Revista Ambiente & Água**, v. 15, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2419>.

SALEEM, A. *et al.* A Water Evaluation and Planning-based framework for the long-term prediction of urban water demand and supply. **SIMULATION**, [S. l.], v. 97, n. 5, p. 323-345, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1177/0037549720984250>.

SALEHPOUR JAM, A.; MOSAFFAIE, J.; TABATABAEI, M. R. Management responses for chehel-chay watershed health improvement using the DPSIR framework. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 23, n. 4, p. 797–811, 2021. Disponível: <http://jast.modares.ac.ir/article-23-34560-en.html>. Acesso em: 10 jan. 2024.

SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; FOLEGATTI, M. V.; ORELLANA-GONZÁLEZ, A. MG. Situação dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá utilizando modelo desenvolvido em dinâmica de sistemas. **Engenharia Agrícola**, São Paulo, v. 29, p. 578-590, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-6916200900040008>.

SILVA, J. *et al.* Water sustainability assessment from the perspective of sustainable development capitals: Conceptual model and index based on literature review. **Journal of Environmental Management**, n. 254, 109750, 2020. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109750>

SILVA, A. L. C. *et al.* Análise do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) na Bacia do Rio Pajeú, PE. *In: I Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Anais [...]*. Juazeiro: Sbhfsf, 2016. p. 1-8.

SOUZA, D. L. A. de. **Análise dos impactos ambientais relacionados às perdas de água em rede de distribuição: estudo de caso em Olinda/PE**. 2016. Dissertação de Mestrado (Engenharia de produção). Universidade Federal de Pernambuco. p. 79. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/18595>. Acesso em: 25 jan. 2024.

SUGAHARA, Cibele Roberta et al. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA A SEGURANÇA HÍDRICA. **Humanidades & Inovação**, v. 9, n. 27, p. 374-388, 2022. Disponível em: <https://revista.unitins.br/index.php/humanidadeseinovacao/article/view/6282>. Acesso em: 20 jan. 2024.

SWAMINATHAN, T.; BINU, TV. **Dry weather sewage spills impacts on river health**. 2012. Disponível em: <http://dl.lib.mrt.ac.lk/handle/123/9034>. Acesso em: 18 jan. 2024.

SZPAK, D.; TCHÓRZEWSKA-CIEŚLAK, B.; PIETRUCHA-URBANIK, K. Analysis of the turbidity of raw water in the context of water-supply safety. **Desalination and water treatment**, v. 186, p. 281-289, 2020. DOI: 10.5004/dwt.2020.25176.

VITRIANA, A. Private Developers' Viewpoint on Residential Development in the Peri-Urban of Greater Bandung Area. **Jurnal Wilayah dan Lingkungan**, v. 8, n. 1, p. 84-95, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14710/jwl.8.1.84-95>.

WANG, B. et al. A SEEC Model Based on the DPSIR Framework Approach for Watershed Ecological Security Risk Assessment: A Case Study in Northwest China. **Water (Switzerland)**, v. 14, n. 1, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/w14010106>.

ZAPATA, C. B. *et al.* Comportamiento informacional y políticas públicas de información: consideraciones teóricas alrededor del caso de DATASUS en Brasil. **Investigación Bibliotecológica: archivonomía, bibliotecología e información, [S. l.]**, v. 30, n. 69, p. 19-41, 2016. DOI: 10.1016/j.ibbai.2016.04.011

ZOU, S.; LU, Y. **Performance evaluation system of sewage treatment plant based on ESG+E**. *8th International Conference on Hydraulic and Civil Engineering: Deep Space Intelligent Development and Utilization Forum (ICHCE)*, Xi'an, China, p. 1153-1157, 2022. DOI: 10.1109/ICHCE57331.2022.10042538.

ANEXO 1

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO - UFRPE

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL (Nível Mestrado)

Orientador: Prof. Dr. Genival Barros Junior

Orientanda: Mayara Pereira Carolino

Obs: Peço que cada gestor de cada regional responda as informações separadas de cada município escolhido, pois a análise será realizada por município separadamente.

1. Município

Marcar apenas uma oval.

- SERRA TALHADA
- CALUMBI
- FLORESTA
- ITACURUBA
- TUPARETAMA
- SÃO JOSÉ DO EGITO
- ITAPETIM
- TABIRA
- CARNAÍBA
- FLORES
- AFOGADOS DA INGAZEIRA

2. Qual regional este município está locado?

3. Qual tipo de sistema de tratamento de água utilizado para o consumo da população neste município?

ANEXO 1 (Continuação)

4. A qualidade da água ofertada atende aos parâmetros de potabilidade?

Marcar apenas uma oval.

SIM

NÃO

5. Existe avaliações periódicas com relação aos parâmetros de qualidade da água bruta?

Marcar apenas uma oval.

SIM

NÃO

6. Existe avaliações periódicas com relação aos parâmetros de qualidade da água tratada?

Marcar apenas uma oval.

SIM

NÃO

7. É obtido nestas avaliações o índice de qualidade da água periodicamente?

Marcar apenas uma oval.

SIM

NÃO

ANEXO 1 (Continuação)

8. Com relação ao índice de qualidade da água, este se encontra disponível para a população? Onde obtê-los?

9. Quais parâmetros são avaliados neste município?

10. Qual a periodicidade destas avaliações?

11. É de conhecimento do órgão a classe de água doce que se enquadra a água de abastecimento público utilizado pelo município acordo com a Resolução CONAMA N° 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005 para água doce (Cap. 2 Seção I)?

Marcar apenas uma oval.

- SIM
- NÃO

ANEXO 1 (Continuação)

12. Caso seja de conhecimento, qual a classe?

13. Qual tipo de sistema de tratamento de efluente utilizado no município?

14. Há um cadastro das indústrias que são possíveis fontes poluidoras com finalidade de monitoramento?

Marcar apenas uma oval.

SIM

NÃO

15. Este cadastro é realizado quanto a natureza do efluente e volume despejado?

Marcar apenas uma oval.

SIM

NÃO

16. Há monitoramento da qualidade do efluente lançado nos corpos hídricos de modo que estes atentam os parâmetros estabelecidos pela Seção III Art. 21 da Resolução CONAMA N° 430 de 13 de maio de 2011?

Marcar apenas uma oval.

SM

NÃO

ANEXO 1 (Continuação)

17. Caso não seja realizado este monitoramento, qual o entrave encontrado para tal realização?

18. Há realização de teste de ecotoxicidade visando a melhor gestão e controle nas fontes geradoras de efluentes com características potencialmente tóxicas ao corpo receptor? (Inciso 1 do artigo 23 da Resolução CONAMA Nº 430 de 13 de maio de 2011)

Marcar apenas uma oval.

- SIM
 NÃO

19. Em relação a gestão dos serviços, é possível afirmar que há um sistema interno de monitoramento da qualidade dos serviços prestados?

Marcar apenas uma oval.

- SIM
 NÃO

ANEXO 2

COMPONENTE	Unidade	SERRA TALHADA	CALUMBI	FLORESTA	ITACURUBA
INDICADORES					
IPD - Índice de Perda na Distribuição	%	37,54	43,44	46,99	9,5
IPR - Índice de Perda da Regulação	%	8,72	19,98	19,84	0
IMA - Índice de Macromedição	%	100	100	100	100
IHF - Índice de Hidromedidação Faturadas	%	99,72	98,81	99,99	99,58
IMI - Índice de Micromedição	%	99,54	97,83	100	98,99
IAA - Índice de Atend. de Água	%	100	58,79	100	100
IAE - Índice de Atend. de Esgoto	%	0	0	0	0
IAUA - Índice de Atend. Urbano de Água	%	100	58,78	100	100
IAUE - Índice de Atend. Urbano de Esgoto	%	0	0	0	0
CPC - Consumo Médio per capita	l/hab./dia	99,9	96,83	91,26	114,24
VOLUMES					
Vol. Disp. Tot. Medido	m³/mês	410247,28	14829,75	148826,32	16923,16
Vol. Disp. Total Não Medido	m³	0	0	0	0
Vol. Faturado	m³	374466	11867	119295	21123
Vol. Consumido	m³	247353	8305	77900	14996
LIGAÇÕES / ECONOMIAS					
Ligações Ligado	un	24893	812	6988	1220
Ligações Cortadas Água	un	3128	166	1429	264
Ligações Medidas Água	un	27925	964	8416	1477
Ligações Não Medidas Água	un	96	14	1	7
Ligações Totais Esgoto	un	0	0	0	0
Economia Medidas Água	un	30033	974	8579	1480
Economia Não Medidas Água	un	99	14	2	7
Economia Res. Medidas Água	un	28533	935	8109	1398
Economia Res. Não Medidas Água	un	89	13	0	5
Economia Res. Ativa Esgoto	un	0	0	0	0
DADOS DE ATENDIMENTO					
População Total	un	90327	5241	29520	4394
População Atendida Água	un	90327	3081	29520	4394
População Atendida Esgoto	un	0	0	0	0
População Urbana Total	un	69855	2023	20134	3729
População Urbana Atendida Água	un	69855	1189	20133	3729
População Urbana Atendida Esgoto	un	0	0	0	0
Extensão Rede Água	m	219393	9832	104850	19151
Extensão Rede Esgoto	m	0	0	0	0
Expansão Rede de Água no mês	m	0	0	0	0
Expansão Rede de Esgoto no mês	m	0	0	0	0

ANEXO 2 (Continuação)

COMPONENTE	Unidade	TUPARETAMA	SÃO JOSÉ DO EGITO	ITAPETIM
INDICADORES				
IPD - Índice de Perda na Distribuição	%	36,15	45,85	25,04
IPR - Índice de Perda da Regulação	%	0	6	0
IMA - Índice de Macromedicação	%	100	99,38	100
IHF - Índice de Hidrometração Faturadas	%	97,08	97,62	77,34
IMI - Índice de Micromedicação	%	94,54	95,81	66,67
IAA - Índice de Atend. de Água	%	100	99,05	85,04
IAE - Índice de Atend. de Esgoto	%	0	0	14,46
IAUA - Índice de Atend. Urbano de Água	%	99,99	99,04	85,03
IAUE - Índice de Atend. Urbano de Esgoto	%	0	0	14,46
CPC - Consumo Médio per capita	l/hab./dia	86,94	83,17	90,63
VOLUMES				
Vol. Disp. Tot. Medido	m³	31690	121434	39571
Vol. Disp. Total Não Medido	m³	0	755,2	0
Vol. Faturado	m³	37006	114862	45903
Vol. Consumido	m³	19962	65375	28747
LIGAÇÕES / ECONOMIAS				
Ligações Ligado	un	2843	8242	3322
Ligações Cortadas Água	un	343	1094	672
Ligações Medidas Água	un	3090	9090	3053
Ligações Não Medidas Água	un	96	246	941
Ligações Totais Esgoto	un	0	0	677
Economia Medidas Água	un	3145	9445	3090
Economia Não Medidas Água	un	97	253	957
Economia Res. Medidas Água	un	2976	8911	2957
Economia Res. Não Medidas Água	un	89	241	919
Economia Res. Ativa Esgoto	un	0	0	659
DADOS DE ATENDIMENTO				
População Total	un	8018	28552	13492
População Atendida Água	un	8018	28280	11473
População Atendida Esgoto	un	0	0	1951
População Urbana Total	un	6426	18803	8190
População Urbana Atendida Água	un	6426	18623	6964
População Urbana Atendida Esgoto	un	0	0	1184
Extensão Rede Água	m	24915	73167	30774
Extensão Rede Esgoto	m	0	0	14989
Expansão Rede de Água no mês	m	0	0	0
Expansão Rede de Esgoto no mês	m	0	0	0

ANEXO 2 (Continuação)

COMPONENTE	Unidade	TABIRA	CARNAIBA	FLORES	AFOGADOS DA INGAZEIRA
INDICADORES					
IPD - Índice de Perda na Distribuição	%	43,58	38,55	39,75	47,61
IPR - Índice de Perda da Regulação	%	6,17	2,21	21,09	16,39
IMA - Índice de Macromedicação	%	100	99,73	76,15	98,71
IHF - Índice de Hidromedicação Faturadas	%	92,64	93,92	95,82	94,6
IMI - Índice de Micromedicação	%	86,28	89,32	94,76	90,26
IAA - Índice de Atend. de Água	%	100	78,43	73,85	100
IAE - Índice de Atend. de Esgoto	%	0	0	0	19,37
IAUA - Índice de Atend. Urbano de Água	%	100	78,43	73,85	100
IAUE - Índice de Atend. Urbano de Esgoto	%	0	0	0	19,37
CPC - Consumo Médio per capita	l/hab./dia	86,57	85,59	160,15	102,24
VOLUMES					
Vol. Disp. Tot. Medido	m³	119168	48471	45141	218210,55
Vol. Disp. Total Não Medido	m³	0	132	14135,17	2853,38
Vol. Faturado	m³	111815	47527	46775	184831
Vol. Consumido	m³	66314	29256	35355	111781
LIGAÇÕES / ECONOMIAS					
Ligações Ligado	un	7628	3377	2345	12961
Ligações Cortadas Água	un	1438	530	345	1986
Ligações Medidas Água	un	8382	3663	2574	14127
Ligações Não Medidas Água	un	684	244	116	820
Ligações Totais Esgoto	un	0	0	0	2500
Economia Medidas Água	un	8493	3693	2605	14352
Economia Não Medidas Água	un	702	244	117	829
Economia Res. Medidas Água	un	8183	3493	2436	13554
Economia Res. Não Medidas Água	un	676	239	111	795
Economia Res. Ativa Esgoto	un	0	0	0	2459
DADOS DE ATENDIMENTO					
População Total	un	26624	15656	10795	40120
População Atendida Água	un	26624	12278	7972	40120
População Atendida Esgoto	un	0	0	0	7770
População Urbana Total	un	19916	6426	4560	31332
População Urbana Atendida Água	un	19916	5040	3367	31332
População Urbana Atendida Esgoto	un	0	0	0	6068
Extensão Rede Água	m	87569	38515	24269	118373
Extensão Rede Esgoto	m	0	0	0	37588
Expansão Rede de Água no mês	m	0	0	0	0
Expansão Rede de Esgoto no mês	m	0	0	0	0

ANEXO 3

13/07/23, 16:40

TabNet Win32 3.0: Morbidade Hospitalar do SUS - por local de residência - Brasil


 Ministério da Saúde

INFORMAÇÕES DE SAÚDE

DATASUS Tecnologia da Informação a Serviço do SUS

AJUDA

NOTAS TÉCNICAS

DATASUS

MORBIDADE HOSPITALAR DO SUS - POR LOCAL DE RESIDÊNCIA - BRASIL

Internações segundo Município

Município: 260010 AFOGADOS DA INGAZEIRA, 260340 CALUMBI, 260390 CARNAIBA, 260560 FLORES, 260570 FLORESTA, 260740 ITACURUBA, 260770 ITAPETIM, 261360 SAO JOSE DO EGITO, 261390 SERRA TALHADA, 261460 TABIRA, 261590 TUPARETAMA

Semiárido: Sim

Lista Morb CID-10: Cólera, Febres tifóide e paratífóide, Shigelose, Amebíase, Diarréia e gastroenterite origem infecc presumível, Leptospirose icterohemorrágica, Outras formas de leptospirose, Leptospirose não especificada, Poliomielite aguda, Dengue [dengue clásssico], Febre hemorrágica devida ao vírus da dengue, Esquistossomose

Período: Mai/2018-Mai/2023

	Município	Internações
TOTAL		2.221
260010 AFOGADOS DA INGAZEIRA		478
260340 CALUMBI		62
260390 CARNAIBA		109
260560 FLORES		67
260570 FLORESTA		180
260740 ITACURUBA		11
260770 ITAPETIM		20
261360 SAO JOSE DO EGITO		100
261390 SERRA TALHADA		1.056
261460 TABIRA		128
261590 TUPARETAMA		10

Fonte: Ministério da Saúde - Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS)

Notas:

1. Situação da base de dados nacional em 29/04/2016.
2. Dados de janeiro de 2015 até março de 2016 sujeitos a retificação.

ANEXO 4

Comitês de Bacia Hidrográfica (ICBH)

PONTUAÇÃO MÁXIMA: 1
SOMATÓRIO OBTIDO: 0,95

ATUAÇÃO	PONTUAÇÃO	MARCAÇÃO
Não há atuação do comitê na bacia	0	
Há atuação apenas no rio principal	0,05	
Há atuação no rio principal e nos tributários	0,085	X
Há atuação no grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas	0,065	X
		SOMA
EXISTÊNCIA DE DECRETO DE CRIAÇÃO DO COMITÊ	PONTUAÇÃO	MARCAÇÃO
Não existe	0	
Existe	0,2	X
		SOMA
EXISTÊNCIA DE INFORMAÇÕES SOBRE COMPOSIÇÃO DO COMITÊ, CONTENDO ENTIDADES, MEMBROS, MANDATOS E INFORMAÇÕES DE CONTATO	PONTUAÇÃO	MARCAÇÃO
Não existe	0	
Existe	0,2	X
		SOMA
COMPOSIÇÃO O COMITÊ DA BACIA DE ACORDO COM O ESTEBELECIDO DE ACORDO COM O ART. 8º DA RESOLUÇÃO 5/2000 DO CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS.	PONTUAÇÃO	MARCAÇÃO
Consta no regimento o número de votos dos representantes dos poderes executivos da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, obedecido o limite de quarenta por cento do total de votos?	0,05	X
Consta no regimento número de representantes de entidades civis, proporcional à população residente no território de cada Estado e do Distrito Federal, cujos territórios se situem, ainda que parcialmente, em suas respectivas áreas de atuação, com pelo menos, vinte por cento do total de votos, garantida a participação de pelo menos um representante por Estado e do Distrito Federal?	0,05	X
Consta no regimento o número de representantes dos usuários dos recursos hídricos, obedecido quarenta por cento do total de votos?	0,05	X
Consta no regimento o mandato dos representantes e critérios de renovação ou substituição?	0,05	X
		SOMA
DISPONIBILIZAÇÃO DE INFORMAÇÕES SOBRE ATUAÇÃO DO COMITÊ: ATAS DE REUNIÕES CONVOCATÓRIAS E/OU RELATÓRIOS DE ATIVIDADES	PONTUAÇÃO	MARCAÇÃO
Não há disponibilidade	0	
Existe disponibilidade	0,2	X
		SOMA

ANEXO 4 (Continuação)

OUTORGA

PONTUAÇÃO TOTAL: 1
SOMATÓRIO OBTIDO: 0,6

IMPLEMENTAÇÃO	PONTUAÇÃO	MARCAÇÃO
Não há nenhuma ação no sentido de implantação da outorga na bacia.	0	X
Há critérios e quantidades definidas pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CRH) e ouvidos pelo Comitê de Bacia quando a liberação da outorga.	0,2	
SOMA		
CRITÉRIOS E NORMAS GERAIS	PONTUAÇÃO	MARCAÇÃO
Não existe definição de critérios e normas para prioridade de outorga, de direito de uso, assim como também para as acumulações, derivações, captações e lançamentos em pouca expressão.	0	X
Há definição de critérios e normas gerais para prioridade de outorga, de direito de uso, bem como para as acumulações, derivações, captações e lançamento de pouca expressão, para efeito de isenção da obrigatoriedade de outorga de direito de uso de recursos hídricos, aprovados pelo CRH e Comitês de Bacia.	0,2	
SOMA		
SISTEMA DE CADASTRO DE OUTORGAS E USUÁRIOS	PONTUAÇÃO	MARCAÇÃO
Não há um sistema de cadastro de outorgas e usuários disponibilizando informações sobre volumes outorgados.	0	
Existe um sistema de cadastro de outorgas e usuários que disponibiliza as informações sobre volumes outorgados.	0,2	X
SOMA		
IMPLEMENTAÇÃO DE CRITÉRIOS E NORMAS PARA OUTORGA	PONTUAÇÃO	MARCAÇÃO
A Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) não estabelece critérios para outorga.	0	
Há critérios e normas para outorga estabelecidos pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC).	0,2	X
SOMA		
IMPLEMENTADOS CRITÉRIOS PARA USO DA ÁGUA (PONTUAÇÃO TOTAL)	PONTUAÇÃO	MARCAÇÃO
Não existe critérios para o uso considerados insignificantes e não sujeitos a outorga, estabelecidos pela Agência de Água (APAC).	0	
Existe implementados os critérios para o uso considerados insignificantes e não sujeitos a outorga, estabelecidos pela Agência de Água (APAC).	0,2	X
SOMA		

ANEXO 4 (Continuação)

SISTEMA DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS

PONTUAÇÃO TOTAL: 1
SOMATÓRIO OBTIDO: 0,6

criação do sistema	PONTUAÇÃO	MARCAÇÃO
Não existe um sistema de informações sobre recursos hídricos na bacia.	0	
Há um sistema de informações sobre recursos hídricos na bacia.	0,2	X
		SOMA

DADOS QUALITATIVOS	PONTUAÇÃO	MARCAÇÃO
Não há produção e divulgação sistemática de dados qualitativos sobre recursos hídricos.	0	X
Há produção e divulgação sistemática de dados qualitativos sobre recursos hídricos.	0,2	
		SOMA

DADOS QUANTITATIVOS	PONTUAÇÃO	MARCAÇÃO
Não há produção e divulgação sistemática de dados quantitativos sobre recursos hídricos.	0	
Existe uma produção e divulgação sistemática de dados quantitativos sobre recursos hídricos.	0,2	X
		SOMA

SISTEMA DE INFORMAÇÕES	PONTUAÇÃO	MARCAÇÃO
Não existe informações atualizadas e de fácil acesso.	0	
Sistema de informação periodicamente atualizado e alimentado.	0,2	
Sistema de informações de fácil acesso, garantido à toda a sociedade.	0,2	X
		SOMA

COBRANÇA (IC)

PONTUAÇÃO TOTAL: 1,2
SOMATÓRIO OBTIDO: 0

	PONTUAÇÃO	MARCAÇÃO
Nenhuma ação no sentido de implantação da cobrança na bacia.	0	X
Proposta de cobrança em análise pelo Comitê da Bacia ou em elaboração.	0,2	
Cobrança aprovada pelo Comitê de Bacia.	0,4	
Cobrança aprovada pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos.	0,3	
Existência de plano de aplicação dos recursos arrecadados.	0,3	
		SOMA

ANEXO 4 (Continuação)

**PLANO HIDROAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO PAJEÚ**

PONTUAÇÃO TOTAL: 1,2
SOMATÓRIO OBTIDO: 0,20

ELABORAÇÃO	PONTUAÇÃO	MARCAÇÃO
Nenhuma ação no sentido de elaboração do plano	0	
O plano foi elaborado, no entanto não foi aprovado pelo Comitê de Bacia	0,2	X
O plano foi elaborado, aprovado pelo Comitê de Bacia e homologado pelo Conselho de Recursos Hídricos	0,4	
		SOMA

CRITÉRIOS PARA ELABORAÇÃO DO PLANO	PONTUAÇÃO	MARCAÇÃO
O plano não foi executado de acordo com a o edital e este não foi caracterizado de acordo com a realidade da bacia.	0,00	X
O plano é compatibilizado com as diretrizes e parâmetros estabelecidos no Plano Estadual de Recursos Hídricos e nas Políticas Estaduais de Recursos Hídricos e de Meio Ambiente?	0,09	
Contém no plano o diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos?	0,09	
Contém no plano o balanço entre a disponibilidades e demandas atuais e futuras dos recursos hídricos, dispondo as suas quantidades e qualidades e identificando os potenciais conflitos?	0,09	
Contém no plano as metas de conservação e recuperação de mananciais, de racionalização do uso da água, o aumento da quantidade e a melhoria da qualidade dos recursos hídricos?	0,09	
Contém no plano medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados no atendimento das metas previstas e com o respectivo cronograma de execução e programação orçamentária?	0,09	
Contém no plano a prioridade para outorga de direito de uso de recursos hídricos?	0,09	
Contém no plano propostas para criação de áreas sujeitas à restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos?	0,09	
		SOMA

ANEXO 4 (Continuação)

PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS

PONTUAÇÃO TOTAL: 1,2

SOMATÓRIO OBTIDO: 0,9

ELABORAÇÃO	PONTUAÇÃO	MARCAÇÃO
Nenhuma ação no sentido de elaboração do plano	0	
O plano existe, no entanto é antigo.	0,1	
Há atualização recente do plano de acordo com o Art. 10 da Política Estadual de Recursos	0,2	X
		SOMA

ANDAMENTO	PONTUAÇÃO	MARCAÇÃO
Proposta do Plano é inexistente	0	
Proposta de Plano de Recursos Hídricos da bacia se encontra em análise pela Conselho Estadual	0,1	
Existe o plano elaborado para o estado e outro para cada bacia hidrográfica.	0,1	
Existe apenas o plano para o estado e alguns para as bacias	0,1	X
Não existe os planos de bacia, apenas o do estado.	0	
		SOMA

CRITÉRIOS DE ACORDO COM O ARTIGO 7º DA LEI DAS ÁGUAS	PONTUAÇÃO	MARCAÇÃO
Contém no plano o diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos?	0,04	X
Contém no plano a análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo?	0,04	X
Contém no plano o balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais?	0,04	X
Contém no plano as metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis?	0,04	X
Contém no plano informações sobre as medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas?	0,04	X
Contém no plano as informações sobre as prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos?	0,04	X
Contém no plano as diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos?	0,04	X
Contém no plano as propostas para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos?	0,04	X
		SOMA

ANEXO 4 (Continuação)

PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS – Continuação.

DIRETRIZES E CRITÉRIOS GERAIS QUE DEVEM CONSTAR NO PLANO VISANDO O GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DE ACORDO COM A POLÍTICA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - LEI Nº12.984 DE 30 DE DEZEMBRO DE 2005.	PONTUAÇÃO	MARCAÇÃO
O plano segue o objetivos e diretrizes de ações conjugadas do Estado e dos municípios com relação ao aproveitamento múltiplo, controle, conservação, proteção e recuperação dos recursos hídricos?	0,04	X
O plano segue o processo de planejamento interativo das ações e intervenções, resultante de discussão dos planos regionais, municipais e setoriais do uso da água?	0,04	X
O plano leva em conta o monitoramento hidroclimático, zoneamento das disponibilidades hídricas efetivas, os usos prioritários e a previsão dos impactos ambientais advindos do conjunto de programas e projetos propostos?	0,04	X
O plano leva em conta o desenvolvimento de tecnologia e legislação específica para as peculiaridades do semiárido?	0,04	X
O plano leva em conta as normas relativas à proteção ambiental?	0,04	X
O plano segue as diretrizes e critérios para a participação financeira do Estado no fomento de programas, definidos mediante articulação institucional, técnica e financeira com a União, os estados vizinhos, os municípios e entidades internacionais de cooperação?	0,04	X
O plano possui articulação e integração com as demais políticas e planos setoriais, especialmente com as áreas de gestão e planejamento ambiental e setorial?	0,04	X
Consta no plano as unidades de bacias hidrográficas, contendo as dimensões e características que justificam o gerenciamento descentralizado de recursos hídricos na forma de comitê?	0,04	X
		SOMA

ENQUADRAMENTO

PONTUAÇÃO TOTAL: 1,2

SOMATÓRIO OBTIDO: 0

	PONTUAÇÃO	MARCAÇÃO
Não há nenhuma ação no sentido de proposição do enquadramento dos corpos hídricos na bacia.	0	X
A proposta de enquadramento se encontra em análise pelo Comitê de Bacia ou em elaboração.	0,2	
Enquadramento foi aprovado pelo Comitê de Bacia.	0,4	
Enquadramento foi aprovado pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos.	0,3	
Definição de classes de corpos de água em dispositivos legais, estabelecidos pelo Comitê de Bacia e/ou pela Agência de Água (APAC).	0,3	
		SOMA