UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTOSENSU*
DOUTORADO EM CIÊNCIAS DO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA O ACESSO À ÁGUA POTÁVEL: UMA PROPOSTA PARA O DISTRITO URBANO DO APEÚ/CASTANHAL/PARÁ

Bráulio Veloso Galvão

Lajeado/RS, Outubro de 2024

Bráulio Veloso Galvão

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA O ACESSO À ÁGUA POTÁVEL: UMA PROPOSTA PARA O DISTRITO URBANO DO APEÚ/CASTANHAL/PARÁ

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento, da Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES, como parte da exigência para obtenção do grau de Doutor em Ciências: Ambiente e Desenvolvimento, na área de concentração em Espaço, Ambiente e Sociedade.

Orientadora: Prof. Drª. Júlia Elisabete Barden
Co-orientador: Prof. Dr. Odorico Konrad

Lajeado, Outubro de 2024

Bráulio Veloso Galvão

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA O ACESSO À ÁGUA POTÁVEL: UMA PROPOSTA PARA O DISTRITO URBANO DO APEÚ/CASTANHAL/PARÁ

A Banca Examinadora abaixo aprova a Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento, da Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES, como parte da exigência para a obtenção do grau de Doutor em Ciências: Ambiente e Desenvolvimento, na área de concentração: Espaço, Ambiente e Sociedade.

Profª. Dra. Júlia Elisabete Barden – Orientadora
PPGAD/Univates

Prof. Dr. Odorico Konrad – Co-orientador
PPGAD/Univates

Prof. Dr. Gustavo Stolzenberg Colares – Avaliador
PPGAD/Univates

Prof. Dr. Alexandre André Feil – Avaliador
PPGTecG/Univates

Profª. Dra. Caroliny Matinc – Avaliadora
UNIP Universidade Paulista

Lajeado, Outubro de 2024

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por me proporcionar momentos de grande aprendizado durante a concepção, escrita e finalização desta tese.

Aos professores pelos ensinamentos durantes as aulas no período de 2020 a 2024 do Programa de Doutorado em Ambiente e Desenvolvimento da UNIVATES/RS.

Aos meus orientadores Prof. Dr. Odorico Konrad e Profª. Dra. Júlia Elisabete Barden pelos momentos de orientação, escuta e incentivo.

Aos amigos do curso que contribuíram com os debates e discussão, que compartilharam durante o período das aulas compartilhadas.

Aos gestores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), pela autorização e liberação para o afastamento para o desenvolvimento desta Tese.

De forma especial gostaria de agradecer aos meus Pais, Maximino Tolosa Galvão e Darlymarie Rosa Fabiano Veloso Galvão por todo o apoio, pela força e pelo carinho que sempre me prestaram ao longo de toda a minha.

A minha esposa Rachel Maximiano da Silva Cunha, e aos meus filhos Heitor Maximiano da Silva Veloso Galvão e João Maximiano da Silva Veloso Galvão por compartilharem comigo todos os momentos de nossas vidas.

Agradeço também aos servidores da Prefeitura de Castanhal que colaboraram com os atendimentos às demandas deste trabalho e ao Prefeito Paulo Titan pela autorização para o desenvolvimento dessa Pesquisa. Por tudo, gostaria de externar a todos o meu singelo, sincero e profundo agradecimento!

“Se eu vi mais longe, foi por estar sobre
Ombros de gigantes”.
Isaac Newton

RESUMO

A água potável é um recurso essencial para a existência da vida e o bem-estar humano, sendo também considerada um direito humano fundamental que precisa ser garantido e protegido de forma universal para todos. Os indicadores de sustentabilidade são instrumentos que podem ser aplicados para auxiliar a gestão local no acesso da água potável. Nesta pesquisa, o uso de indicadores de sustentabilidade adotou elementos relevantes para melhorar o acesso à água potável para os habitantes locais. O objetivo dessa pesquisa foi propor um conjunto de indicadores de sustentabilidade para auxiliar a gestão local e promover condições para o acesso à água potável para os habitantes do perímetro urbano no distrito do Apeú/Castanhal/Pará. A metodologia adotada para essa pesquisa foi aplicada, classificando-se como sendo exploratória e descritiva, de caráter qualiquantitativo, alicerçada em estudos bibliográficos, documentais e com um estudo de caso. Os estudos bibliográfico e o documental foram realizados para fins de embasamento teórico-aplicado. Já o estudo de caso está fundamentado na proposição da concepção de um painel com indicadores de sustentabilidade com uso da técnica Delphi simplificada, sendo utilizada em sua análise a estatística descritiva combinada com a aferição do nível de consenso superior a 70% para a seleção e validação de um painel que é composto por dimensões. Os principais resultados obtidos quantitativamente destacam as 173 bibliografias selecionadas na literatura e dentro do arcabouço legal chegou-se a um montante de 22 legislações internacionais e 74 leis nacionais sobre a questão hídrica. A pesquisa enfatiza qualitativamente no estudo de caso, a proposição de um painel composto por 38 indicadores de sustentabilidade com cinco dimensões: ambiental, económico, social, governança e resposta que representam as especificidades locais. A partir do instrumento construído, considera-se que o painel foi capaz de enfrentar os desafios da gestão local relacionados com o acesso à água potável diante das dificuldades de infraestrutura, participação efetiva das partes interessadas, recursos humanos qualificados, saneamento básico, entre outras, o que dificulta a implementação de ações práticas assertivas e políticas públicas sustentáveis que promovam benefícios à comunidade, de acordo com os padrões internacionais e nacionais. Dessa forma, o instrumento foi criado para melhorar o acesso à água potável para os habitantes no distrito do Apeú/Castanhal/Pará, melhorando suas condições de vida e a sustentabilidade local.

Palavras-chave: água potável; painel; gestão local; dimensões; sustentabilidade.

ABSTRACT

Drinking water is an essential resource for the existence of life and human well-being, and is also considered a fundamental human right that must be guaranteed and protected universally for all. Sustainability indicators are instruments that can be applied to assist management. In this research, the use of sustainability indicators adopted locally relevant elements to improve access to drinking water for local inhabitants. The objective of this research was to propose a set of sustainability indicators to assist local management and promote conditions for access to drinking water for inhabitants of the urban perimeter in the district of Apeú/Castanhal/Pará. The methodology adopted for this research is applied, classified as exploratory and descriptive, of a qualitative and quantitative nature, based on bibliographic and documentary studies and a case study. The bibliographic and documentary studies were carried out for the purposes of theoretical-applied basis. The case study is based on the proposal to design a panel with sustainability indicators using the simplified Delphi technique, using descriptive statistics in its analysis combined with the measurement of a consensus level greater than 70% for the selection and validation of a panel composed of dimensions. The main results obtained quantitatively highlight the 173 bibliographies selected in the literature and within the legal framework, a total of 22 international laws and 74 national laws on the water issue were reached. The research emphasizes qualitatively in the case study, the proposal of a panel composed of 38 sustainability indicators with five dimensions: environmental, economic, social, governance and response that represent local specificities. Based on the instrument constructed, it is considered that the panel is capable of facing the challenges of local management related to access to drinking water in the face of infrastructure difficulties, effective participation of stakeholders, qualified human resources, basic sanitation, among others. This makes it difficult to implement assertive practical actions and sustainable public policies that promote benefits to the community in accordance with international and national standards. Thus, the instrument was created to improve access to drinking water for the inhabitants of the Apeú/Castanhal/PA district, improving their living conditions and local sustainability.

Keywords: drinking water; panel; local management; dimensions; sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do Estado do Pará na América do Sul……55

Figura 2 – Configuração dos Bairros no Município de Castanhal/PA……64

Figura 3 – Recorte com os Tópicos da Etapa I da Revisão da Literatura……..69

Figura 4 – Pirâmide de Informações……..77

Figura 5 – Modelo Triple Bottom Line.....……...87

Figura 6 – Modelo Composto por Quatro Dimensões da Sustentabilidade……...88

Figura 7 – Painel da Sustentabilidade……104

Figura 8 – Recorte com os Tópicos da Etapa II da Revisão da Literatura……...123

Figura 9 – Estágios do Procedimento Metodológico da Pesquisa……125

Figura 10 – Compêndio dos Procedimentos Adotados para a Pesquisa……129

Figura 11 – Mapa de Localização do Bairro do Apeú……..143

Figura 12 – Síntese dos Achados na Revisão Sistemática da Literatura....…..……..153

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Resultado da Pesquisa Documental sobre a Questão Hídrica.....149

Gráfico 2 – Resultados dos Achados da Pesquisa Bibliográfica.....152

Gráfico 3 – Média das Notas Atribuídas pelos Gestores para cada Indicador.....165

Gráfico 4 – Quantidade de Indicadores por Dimensões da Sustentabilidade.....166

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Painel Temático do ODS 6 da ONU 31
Quadro 2 – Marco Internacional dos Recursos Hídricos 36
Quadro 3 – Registros Nacionais Relevantes sobre Água no Brasil.....46
Quadro 4 – Prestação de Serviços e Modelos de Gestão de Água no Brasil.....51
Quadro 5 – Atos Legislativos Relacionados com a Água no Estado do Pará 61
Quadro 6 – Legislação Hídrica do Município de Castanhal/PA 67
Quadro 7 – Contribuições sobre o Conceito de Indicador(es).....75
Quadro 8 – Evolução do Termo Sustentabilidade ao Longo do Tempo 85
Quadro 9 – Proposta de Dimensões de acordo com Sachs em 1993 87
Quadro 10 – Concepção de Dimensões de Acordo com Sachs em 2009.....89
Quadro 11 – Painel de Dimensões com os IDS do IBGE 2015.....91
Quadro 12 – Síntese das Dimensões de Sustentabilidade 94
Quadro 13 – Definições de Indicadores de Sustentabilidade.....95
Quadro 14 – Requisitos para Proposição de Indicadores de Sustentabilidade.....97
Quadro 15 – Particularidades sobre os Indicadores de Sustentabilidade 97
Quadro 16 – Propriedades Desejáveis para Indicadores de Sustentabilidade.....98
Quadro 17 – Escala de Indicadores Proposto por Spangenberg 105
Quadro 18 – Painel da Sustentabilidade e suas Dimensões.....110
Quadro 19 – Modelos de Indicadores de Sustentabilidade 115

Quadro 20 – Referências com Aplicações à Gestão de Recursos Hídricos 121

Quadro 21 – Referências com Aplicações Gerais 136

Quadro 22 – Elementos Utilizados para a Pesquisa Bibliográfica e Documental .. 140

Quadro 23 – Etapas do Método Delphi Simplificado 146

Quadro 24 – Painel Sinóptico de Correlação Estrutural dos Procedimentos Metodológicos da Tese 154

Quadro 25 – Artigos Selecionados na Pesquisa Bibliográfica com a RSL 156

Quadro 26 – Referências Selecionadas na Pesquisa Bibliográfica e Documental 156

Quadro 27 – Dimensões Selecionadas para compor o Questionário 158

Quadro 28 – Indicadores Concebidos para o Acesso a Água Potável 174

Quadro 29 – Classificação Hierárquica Decrescente dos Indicadores de Sustentabilidade com base no NC 177

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Informações sobre o Município de Castanhal/Pará/Brasil.....64

Tabela 2 – Sistema de Abastecimento de Água de Castanhal/PA.....68

Tabela 3 — Resultado da Aplicação do Questionário sobre os Indicadores de Sustentabilidade Propostos na Pesquisa 163

Tabela 4 – Pontuação Obtida com a Média de Pontos em cada Dimensão..... 167

Tabela 5 – Resultados dos Indicadores da Dimensão Ambiental..... 168

Tabela 6 – Resultados dos Indicadores da Dimensão Econômica..... 170

Tabela 7 – Resultados dos Indicadores da Dimensão Social..... 171

Tabela 8 – Resultados dos Indicadores da Dimensão Governança..... 172

Tabela 9 – Resultados dos Indicadores da Dimensão Resposta 173

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAE	Avaliação Ambiental Estratégica
AC	Análise do Conteúdo
ANA	Agência Nacional de Águas
APA	Agência Portuguesa de Ambiente
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
BDU	Biblioteca Digital da Univates
CF	Constituição Federal
CGSD	*Consultative Group on Sustainable Development*
CMB	Conjunto Motor Bomba
CMMAD	Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CNUDS	Conferência das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COSANPA	Companhia de Saneamento do Estado do Pará
CSD	Comissão Sustentável de Desenvolvimento
CV	Coeficiente de Variação
DI	Índice de seca
DPSIR	*Driving forces–Pressures–States–Impacts– Responses*
EEA	*European Environment Agency*
ER	Estresse–Resposta
ESI	*Environmental Sustainability Index*
ETA	Estação de Tratamento de Água
FMA	Fórum Mundial daÁgua
FPEIR	Força Motriz–Pressão–Estado–Impacto–Resposta
GIRH	Gestão Integrada dos Recursos Hídricos
GRH	Gestão de Recursos Hídricos

GRI	*Global Reporting Initiative*
GWP	*Global Water Partnership*
GWSI	*Global Water Security Index*
IAA	Indicador de Avaliação Ambiental
IBES	Índice de Bem-estar Econômico Sustentável
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEB	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano dos Municípios
IDRC	*International Development Research Centre*
IDS	Indicadores de Desenvolvimento Sustentável
IISD	*International Institute for Sustainable Development*
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPG	Índice de Progresso Genuíno
IS	Indicadores de Sustentabilidade
ISEW	*Index Sustainable Economic Wellbeing*
ISO	*International Organization for Standardization*
ITB	InstitutoTrata Brasil
IUCN	*International Union for Conservation of Nature*
MDR	Ministério do Desenvolvimento Regional
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MMB	Mesorregião Metropolitana de Belém
MS	Ministério da Saúde
NBR	Norma Brasileira de Regulamentação
NC	Nível de Consenso
NNW	*Net National Welfare*
ODM	Objetivos do Desenvolvimento do Milênio
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
OECD	*Organization for Economic Co-operation and Development*
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONG	Organização Não Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
PDCA	*Plan –Do –Chek –Act*
PDF	*Portable Document Format*
PEIR	Pressão–Estado–Impacto–Resposta

PEMA	Política Estadual de Meio Ambiente
PER	Pressão–Estado–Resposta
PERH	Política Estadual de Recursos Hídricos
PIB	Produto Interno Bruto
PLANASA	Plano Nacional de Saneamento
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PMC	Prefeitura Municipal de Castanhal
PMI	Procedimento de Manifestação de Interesse
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PNSB	Política Nacional de Saneamento Básico
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PNUMA	Programa das Nações Unidas e Meio Ambiente
PPGAD	Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento
PPI	*Policy Performance Index*
PRAM	*Participatory Analytical Mapping*
PSR	Pressão-Estado-Resposta
RI	Regiões de Integração
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SAAE	Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SDI	*Sustainable Development Index*
SECTAM	Secretaria de Estado da Ciência,Tecnologia e Meio Ambiente
SEGRH	Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SEICOM	Secretaria de Estado, Indústria, Comércio e Mineração
SEINFRA	Secretaria Municipal de Infraestrutura
SEMA	Secretaria Estadual de Meio Ambiente
SEMAS	Secretaria Municipal de Assistência Social
SEMMA	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SEPLAGE	Secretaria Municipal de Planejamento
SESMA	Secretaria Municipal de Saúde
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos
SSAU	Sistema de Abastecimento de Água Urbano
SWAT	*Soil and Water Assessment Tool*
TBL	*Triplo Bottom Line*
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UHP	Unidades Hidrográficas de Planejamento
UNCTAD	United Nations Conference on Trade and Development
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
UNIVATES	Universidade do Vale do Taquari
WDPI	*Water Development Planning Index*
WSI	*Water Stress Index*
WWDR	*World Water Development Report*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 19
2 REVISÃO DA LITERATURA 28
2.1 Recursos Hídricos: Definições e Aspectos Gerais da Água 28
2.2 Marcos Internacionais Hídricos 32
2.3 Água Potável no Brasil e seus Mecanismos Legais 38
2.4 Modelos de Prestação de Serviços de Água 48
2.5 Ferramentas de Gestão para o Abastecimento de Água 52
2.6 Legislação Hídrica no Estado do Pará 54
2.6.1 A questão hídrica no município de Castanhal/PA 63

3 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE 72
3.1 Definição de Indicador(es) 72
3.2 Características Básicas dos Indicadores 77
3.3 Sustentabilidade: Origem, Conceitos eTermos 80
3.4 Dimensões da Sustentabilidade 86
3.5 Definições dos Indicadores de Sustentabilidade 91
3.6 A Evolução dos Modelos de Indicadores de Sustentabilidade 98
3.7 Uso de Indicadores de Sustentabilidade na Gestão da Água 111

4 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO 125
4.1 Estágio I: Escolhas Metodológicas 126
4.1.1 Quanto à abordagem 126
4.1.2 Quanto ao objetivo 127
4.1.3 Quanto à finalidade 127
4.1.4 Quanto ao procedimento 128
4.2 Estágio II: Técnicas de Investigação 130
4.2.1 Coleta de dados 130

4.2.2 Análise de dados 135
4.2.3 Validação do painel proposto 139
4.3 Estágio III: Estudo de Caso (Objeto de Estudo) 143

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES 148
5.1 Análise da Estrutura do Questionário Elaborado 148
5.1.1 Resultados da pesquisa documental 149
5.1.2 Resultados da pesquisa bibliográfica 152
5.2 Seleção dos Indicadores de Sustentabilidade 157
5.3 Resultados da Aplicação do Questionário junto aos Participantes da Pesquisa 162
5.4 Indicadores de Sustentabilidade para o Acesso a Água Potável 178

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 189

REFERÊNCIAS 195

APÊNDICE A – Ofício de Agendamento de Reunião com o Gestor Máximo de Castanhal/PA 229
APÊNDICE B – Coleta de Dados da Pesquisa Documental nas Secretarias 230
APÊNDICE C – Carta Convite 231
APÊNDICE D – Questionário da Pesquisa 232
APÊNDICE E – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) 235

ANEXO A – Indicadores do Estudo de Andrade 2010 237
ANEXO B – Indicadores Encontrados na Revisão Sistemática da Literatura 239
ANEXO C – Painel de Dimensões com os Indicadores de Desenvolvimento Sustentável do IBGE 2015 243

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), em 2010, o acesso à água potável foi considerado um direito humano essencial, fundamental, universal e indispensável à vida. De acordo com dados do portal *World Ometers* (2024), existem aproximadamente 8.117.801.560 seres humanos no planeta. Desse total, cerca de 762.874.802 habitantes no mundo não possuem acesso à água potável.

O ser humano, na busca de soluções para o uso da água potável proveniente dos recursos hídricos existentes no planeta, desenvolve mecanismos e ações práticas, tendo como propósito atender às demandas crescentes para realizar as atividades e melhorar suas condições de vida, tais como: abastecimento doméstico, industrial, geração de energia elétrica, irrigação da agricultura, pecuária, extrativismo vegetal, animal e mineral, navegação, recreação, entre outros.

Em meio à necessidade proeminente e crescente de desenvolver tais mecanismos para melhorar o acesso à água e às condições de vida das pessoas, em especial aquelas que vivem no meio urbano, torna-se relevante o uso de ferramentas adequadas para responder às demandas em ascensão. Essa demanda, cada vez mais crescente pelo uso da água em determinadas atividades, acaba proporcionando pressões que geram impactos negativos sobre os recursos hídricos, em decorrência de uma variedade de fatores, tais como: contínuo crescimento populacional, intenso processo de industrialização, acelerado processo de urbanização das cidades, inadequada gestão dos serviços de infraestrutura e saneamento, uso insustentável da água para as diversas atividades nas cidades, entre outras (Fallah-Mehdipour; Bozorg-Haddad; Loáiciga, 2020; Kharrazi et al., 2016; Li et al., 2015; Salim; Anziani- Vente; Madsen, 2019; Schewe et al., 2014).

Em 2015, a ONU publicou em seu relatório sobre o desenvolvimento da água em 2030, que o planeta poderá ter problemas de escassez de água, caso não sejam tomadas providências para a melhoria da gestão dos recursos hídricos. Em 2019, a ONU, em novo relatório, publicou que aproximadamente 2 bilhões de pessoas carecem de serviços de água potável no mundo. Cerca de 4 bilhões de pessoas viviam em áreas com grave escassez de água por pelo menos um mês ao ano (Mekonnen; Hoekstra, 2016). Neste sentido, a falta de acesso à água potável é um fator limitante para o desenvolvimento sustentável das sociedades.

Nessa perspectiva, a sustentabilidade no uso dos recursos hídricos de forma adequada, torna-se indispensável para uma gestão equilibrada entre a oferta e a demanda, para prevenção de possíveis conflitos, nos quais seja necessário água em quantidade e qualidade apropriada para atender à determinada demanda (Barros; Paiva; Cisneiros, 2017). O conhecimento sobre a disponibilidade hídrica é imprescindível para a adoção de medidas efetivas de planejamento e gestão dos recursos hídricos (Zamoum; Souag-Gamane, 2019).

A bacia hidrográfica constitui-se numa adequada unidade para este tipo de gestão, pois, de acordo com sua dimensão natural, no seu âmbito pode-se controlar o fluxo e o uso da água (Mendonça; Santos, 2006). No Brasil, a Lei Federal nº 9.433 de 1997 estabeleceu que a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas e, em situações de escassez, o uso prioritário destas deve ser para o consumo humano e a dessedentação de animais. A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação de todos, tais como: sociedade civil, poder público, organizações de classes e dos usuários, conforme estabelecido pela própria Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH).

A nível global, embora o Brasil possua vantagem na disponibilidade dos recursos hídricos, pois abriga 12% de toda a água doce do planeta (Augusto et al., 2012; Braga et al., 2008; Costa et al., 2012), não consegue oferecê-los a todos os seus habitantes do território nacional em quantidade e qualidade necessária e adequada (Tundisi, 2006). De acordo com Augusto et al. (2012) e a Agência Nacional de Águas (ANA, 2022), cerca de 70% da disponibilidade hídrica existente no País está localizada na Bacia Amazônica. O fornecimento desse recurso em quantidade e qualidade necessária não chegam a todos os habitantes da região amazônica (Bordalo, 2017), sendo este um fator de grande relevância para o desenvolvimento de pesquisas nessa região.

A Constituição Federal do Brasil (CF), de 1988, em seu Art. 225, prevê que todos os habitantes têm direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado. Passando a ser considerado como “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” (Brasil, 1988, Art. 225). O artigo 23, em seu inciso XI, da CF de 1988, prevê que aspectos relacionados a registro, acompanhamento e fiscalização das concessões e explorações de recursos hídricos, por sua vez, são de competência concorrente entre a União, os estados, o distrito federal e os municípios.

No Brasil, de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em 2022, dos 5.570 municípios existentes com uma população estimada de 203 milhões de habitantes, 170 milhões vivem em áreas urbanas e possuem acesso a água tratada. No entanto, 33 milhões de brasileiros não possuem acesso a água tratada (SNIS, 2022). A região Norte possui uma população com cerca de 10,8 milhões de habitantes, sendo que o atendimento ao acesso à água é estimado em 64,2% (6,9 milhões de habitantes), os demais 35,8% (3.866,400 habitantes) não têm acesso à água tratada, fator preocupante (SNIS, 2022). Para Augusto *et al*. (2012), Costa *et al*. (2012), Tundisi (2006), entre outros autores, a água representa uma evidência indispensável para a existência da vida, em especial para os seres humanos.

Esse recurso natural, embora vital para os humanos, em alguns casos, não é utilizado de forma racional e eficiente pelos diversos segmentos que compõem a sociedade (Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2011). No entanto, ele pode fomentar de forma positiva, seja individualizada ou coletiva, promovendo benefícios e avanços para todos, independente da atividade em que seja utilizada. A água é considerada um recurso essencial para toda a vida existente no planeta, em especial para os seres humanos que a utilizam em um conjunto de atividades de abastecimento de água, saneamento básico, irrigação e geração de energia elétrica, entre outras (Ribeiro, 2020).

Dentro dessa condição de relevância, quando um ser humano não dispõe de água potável em quantidade e qualidade adequadas, ele compromete a sua vida cotidiana, podendo expor-se a riscos de doenças, assim como, limitar o desenvolvimento de projetos de vida pessoais (Pontes; Schramm, 2004). O acesso à água potável nas cidades, na maioria dos casos, é realizado por um Sistema de

Abastecimento de Água (SAA), que se apresenta como um dos principais fatores para o seu desenvolvimento local.

A Portaria nº 518 de 2004 do Ministério da Saúde (MS) estabelece que os SAA têm a responsabilidade de exercer o "controle de qualidade da água", enquanto as autoridades sanitárias das diversas instâncias de governo são encarregadas da "vigilância da qualidade da água para consumo humano" (Brasil, 2004, Art. 7º). A norma ressalta, ainda, a responsabilidade dos órgãos de controle ambiental no que se refere ao monitoramento e ao controle das águas brutas, de acordo com os mais diversos usos, incluindo o de fonte de abastecimento de água destinada ao consumo humano.

A Lei nº 11.445 de 2007 define o abastecimento de água potável como o conjunto de atividades, infraestrutura e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, que compreende a captação, as ligações prediais e os instrumentos de medição. Dessa forma os SAA fazem a retirada de água bruta de um determinado corpo hídrico, seja ele subterrâneo ou superficial. Em seguida, essas águas devem ser tratadas adequadamente antes de serem fornecidas à população. Esse sistema é responsável por captar, tratar, elevar e transportar a água potável para as pessoas em uma determinada localidade, para serem utilizadas em quantidade, qualidade e sem interrupção de forma suficiente para o atendimento de sua necessidade.

Embora a água seja um recurso natural com múltiplos usos e essencial para o ser humano e o funcionamento dos ecossistemas (Braga et al., 2008), ela precisa adquirir um determinado padrão de potabilidade para seu uso, evitando, com isso, causar enfermidades e/ou doenças nos seres humanos (Augusto et al., 2012; Brasil, 2021). Por isso a importância dos SAA funcionando e sendo operados adequadamente.

Contudo, em alguns casos, os SAA existentes nas cidades apresentam uma variedade de problemas a serem melhorados na gestão e no funcionamento do sistema. Seja pela carência da água, desperdício, vulnerabilidade à contaminação, tratamento oneroso, participação limitada das pessoas, problemas de infraestrutura e de gerenciamento do sistema, uso inadequado de ferramentas de gestão, insuficiência de recursos para a gestão e manutenção do sistema, entre outros (Augusto et al., 2012).

A falta de acesso à água potável representa um problema para a melhoria das condições de vida das pessoas, principalmente em países que estão em processo de desenvolvimento. Fazendo-se necessário ter profissionais qualificados e capacitados para o uso adequado de ferramentas de gestão, a fim de alcançar de forma eficiente as metas e os objetivos planejados. De acordo com a Norma Brasileira de Regulamentação (NBR) nº 24.512 de 2012, a gestão de um SAA potável envolve uma expressiva quantidade de dados e informações provenientes de diversas fontes.

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO, 2015), o acesso ao abastecimento de água potável é fundamental para a igualdade, respeito e saúde das pessoas, assim como para seu uso nas diversas atividades. Dessa maneira, o acesso permanente à água de qualidade favorece o desenvolvimento de forma geral, em especial o social, propiciando bem-estar, melhoria da saúde e oportuniza resultados positivos para as pessoas, seja na educação, emprego e igualdade de oportunidades. Para essa tese, o acesso à água potável é compreendido como um conjunto de condições que são necessárias para obter permanentemente um recurso líquido que recebeu tratamento adequado ou que pode ser utilizado pelas pessoas em quantidade, qualidade e sem interrupções, de forma segura, para suprir a necessidade de consumo e uso para as suas atividades diárias.

O uso dos indicadores de sustentabilidade é evidenciado na Agenda 21, elaborada durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), a qual, em seu capítulo 40, divulga a necessidade de criação de indicadores para medir ou avaliar a realidade de cada ambiente, auxiliando nas tomadas de decisões. Tal necessidade foi reforçada no capítulo oito deste mesmo documento, que recomenda que “os países devem desenvolver sistemas de monitoramento e avaliação do avanço para o desenvolvimento sustentável, adotando indicadores que meçam as mudanças nas dimensões econômica, social e ambiental” (Nações Unidas, 1992, p. 98).

Para Cerezini et al. (2017) e Van Bellen (2005) os indicadores de sustentabilidade são importantes e podem retratar a situação próxima da realidade local, dando ênfase aos fenômenos que tenham ligações entre si, abordando diferentes dimensões de forma conjunta. Para esta tese, os indicadores de sustentabilidade definem-se como sendo um conjunto de elementos que

caracterizam as evidências de um estudo, sendo categorizadas em multidimensões, constituindo-se pelas especificidades locais de maneira qualitativa e/ou quantitativa, com a finalidade de criar condições favoráveis para o desenvolvimento sustentável em um determinado ambiente.

A proposição deste conjunto de indicadores de sustentabilidade levou em consideração achados em documentos internacionais e nacionais relacionados com a questão hídrica, sendo composto, ao final, por dimensões e indicadores que têm relevância para estabelecer condições favoráveis para as tomadas de decisão das partes interessadas, de acordo com as especificidades locais, auxiliando a gestão municipal e melhorando o acesso à água potável para os habitantes locais. Diante do exposto, os indicadores de sustentabilidade podem funcionar como uma ferramenta essencial para a gestão e demais interessados, podendo ser utilizados como uma base científica para avaliar o progresso rumo ao desenvolvimento sustentável e servir de referência para outras pesquisas.

Sobre a temática dos indicadores de sustentabilidade, cabe informar que o assunto vem sendo trabalhado com aplicações, na avaliação e gestão dos recursos hídricos, segurança hídrica global em direção aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), sistema de indicadores de sustentabilidade para o turismo, gestão e preservação ambiental, gestão dos recursos hídricos em campus universitário, governança sustentável dos sistemas de água para alimentação, avaliação da gestão de resíduos sólidos urbanos para a região metropolitana de Belo Horizonte/MG, recursos hídricos sustentáveis, avaliação da sustentabilidade no uso da água por meio da pegada hídrica, usos múltiplos da água nas sedes municipais da bacia hidrográfica do rio Marapanim/PA, governança e regulação de recursos hídricos na bacia do rio Moju/PA, construção de estratégias de desenvolvimento mais sustentável em agroecossistema de várzea, entre outros (Barros; Silveira, 2019; Bordalo, 2017; Cerezini et al., 2017; D’ambrosio; Gentile; De Girolamo, 2020; Ferreira; Lima; Corrêa, 2020; Gain; Giupponi; Wada, 2016; Itacaramby; Henkes, 2016; Maurya et al., 2020; Pires et al., 2016; Silva; Candido, 2016; Silva; Coelho; Souza, 2021; Van Oel et al., 2019). Sendo que, não foi encontrado nas pesquisas realizadas algo semelhante com o uso de indicadores de sustentabilidade associado para a gestão e o acesso à água potável para comunidades em áreas urbanas, sendo uma temática ainda não explorada.

Diante do exposto, faz-se o seguinte questionamento: Quais são os indicadores de sustentabilidade adequados para compor um painel que auxilie a gestão para melhorar o acesso à água potável para os habitantes do perímetro urbano no distrito do Apeú/Castanhal/Pará? Diante da relevância da temática e necessidade de encontrar-se um conjunto de indicadores de sustentabilidade adequado para contribuir com a gestão e melhorar as condições para o acesso à água potável no distrito mencionado, destacam-se os termos indicadores de sustentabilidade e o acesso à água potável.

Como objetivo geral tem-se: Propor um conjunto de indicadores de sustentabilidade que auxilie a gestão local com elementos relevantes para melhorar o acesso à água potável para os habitantes no distrito urbano do Apeú/Castanhal/Pará/Brasil.

Para alcançar esse objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos, realizar uma pesquisa bibliográfica com uso de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) sobre os termos: indicadores de sustentabilidade e acesso à água potável, com a disposição de compreender a relação entre os termos associados, suas definições conceituais e o agrupamento dos achados para a consolidação do embasamento teórico. Realizar uma pesquisa documental nas dependências das instituições locais para a coleta, organização e categorização dos achados documentais, com a finalidade de selecionar as informações relevantes do objeto de estudo de forma qualitativa. Identificar nas pesquisas bibliográfica e documental os indicadores relevantes nas dimensões encontradas que representem as convergências de acordo com as especificidades locais, para a proposição preliminar de um painel multidimensional com os indicadores encontrados nas pesquisas realizadas. Definir o conjunto de indicadores de sustentabilidade adequados identificados nas pesquisas para a aplicação pré-teste em representantes do público alvo escolhido, com a proposição de verificar a necessidade de ajuste no instrumento concebido para sua aplicação definitiva no público alvo. Validar o conjunto de indicadores de sustentabilidade junto ao público alvo local selecionado, para utilização dessa ferramenta, viabilizando o acesso à água potável e melhorando, com isso, as condições de vida dos residentes no objeto da pesquisa.

Diante dos argumentos apresentados, entende-se que essa proposta esta evidenciada na coleção de pesquisas que foram estudadas e que compõem a tese,

cooperando também para disseminação da produção do conhecimento científico do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento (PPGAD), na área das ciências ambientais com a linha de pesquisa: espaço e problemas socioambientais da Universidade do Vale do Taquari, contribuindo, dessa forma, para a promoção da missão e visão da instituição que podem ser atingidas por meio do conjunto de componentes curriculares interdisciplinares, da estrutura física do PPGAD e da intelectualidade dos profissionais convidados e dos colaboradores que compõem o quadro institucional da UNIVATES.

A estrutura escolhida para o trabalho foi estabelecida em quatro capítulos, sendo que o primeiro capítulo compreendeu a introdução com a contextualização da temática que envolve o uso de indicadores de sustentabilidade para o acesso à água potável. Também são descritas considerações e definições sobre os recursos hídricos, a necessidade humana da água potável, dados globais e nacionais e a legislação existente, em seguida vem a problemática. Posteriormente, são apresentados os objetivos: geral e específicos, em sucessão é caracterizada a justificativa que evidencia algumas ponderações prioritárias e relevantes que motivaram o desenvolvimento da tese.

O segundo capítulo apresenta a revisão da literatura que se optou nessa tese por dividi-la em três partes: a primeira parte sendo composta pela questão hídrica na conjuntura internacional e nacional com seus subtítulos que colaboraram para ter uma visão holística sobre a pertinência dos conteúdos mais relevantes que pertencem compõem a temática. A segunda parte compreende a legislação hídrica no estado do Pará e suas especificidades no objeto de estudo que contribuíram para a percepção das particularidades locais e a terceira parte é constituída pela compreensão dos termos: indicadores, sustentabilidade e os indicadores de sustentabilidade, com suas aplicações que auxiliaram no estabelecimento da proposição desta tese.

Cabe destacar que se fez uso de uma pesquisa documental e de pesquisa bibliográfica com uso de uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), as quais foram fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa. Os documentos encontrados embasaram teoricamente esse capítulo e integram todos os demais capítulos desta tese, com a finalidade de qualificar e estabelecer sistematicamente as relações necessárias para a compreensão e a produção de informações e conhecimentos adquiridos.

O terceiro capítulo foi composto por um conjunto de procedimentos metodológicos, tais como: as escolhas metodológicas selecionadas, a caracterização do objeto de estudo e as técnicas de investigação que foram utilizadas para as etapas da coleta, análise e tratamentos dos dados da pesquisa. Esse conjunto de procedimentos viabilizaram uma solução adequada para a problemática de pesquisa, assim como o atendimento dos objetivos propostos e da manifestação das limitações encontradas durante o período de desenvolvimento da tese.

O quarto capítulo ficou constituído pelos resultados da pesquisa aplicada que são discutidos juntamente com a descrição exploratória dos dados obtidos nos capítulos antecessores sobre o uso de indicadores de sustentabilidade para desenvolver o acesso à água potável, em especial para os residentes no distrito do Apeú/Castanhal/Pará. Diante dos conjuntos de elementos e conteúdos recolhidos e analisados, foi possível a produção de informações que compõem os resultados e as considerações finais que foram sistematizados para a apresentação dos conhecimentos obtidos nesta tese durante o período de janeiro de 2020 a setembro de 2024.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Uma vez apresentados os conteúdos essenciais no capítulo introdutório da tese, buscou-se, neste segundo capítulo, a divisão da revisão da literatura em duas etapas, com a finalidade de obter um conhecimento adequado e qualificado sobre os termos água potável e indicadores de sustentabilidade, os quais são abordados, neste capítulo, em tópicos que foram utilizados para fundamentar o embasamento teórico que compreendem elementos essenciais que integram de forma associada os demais capítulos desta tese.

A primeira etapa considera seis tópicos, iniciando-se com uma abordagem internacional sobre as definições do termo recursos hídricos e os aspectos gerais da água, em seguida, apresenta-se cronologicamente os principais marcos internacionais que tratam sobre a questão hídrica. Em nível de Brasil, são explanados os mecanismos legais existentes, os modelos de prestação de serviços de água e as ferramentas de gestão utilizadas para o abastecimento de água, além da legislação hídrica no estado do Pará, com destaque para a conjuntura hídrica no município de Castanhal/PA.

2.1 Recursos Hídricos: Definições e Aspectos Gerais da Água

Segundo a Agência Portuguesa de Ambiente (APA), os recursos hídricos são compostos pelas águas superficiais e subterrâneas, incluindo os respectivos leitos e margens, zonas adjacentes, zonas de infiltração máxima e zonas protegidas. Nessa mesma perspectiva, Costa et al. (2012) define-os como sendo constituídos pelas águas superficiais ou subterrâneas que estão disponíveis para qualquer tipo de uso na região ou bacia a qual pertencem. Dessa maneira, essas águas têm capacidade de atender às diversas demandas do ambiente, além de diluírem e auto depurar resíduos que os encontrem, mediante processos físicos, químicos e biológicos.

No entanto, essa capacidade fica limitada a depender da quantidade e qualidade desse recurso hídrico (Setti et al., 2000). Segundo o Word Economic Forum (2018), os recursos hídricos podem ser utilizados em várias atividades econômicas pelos seres humanos, tais como: segurança alimentar, promoção da saúde, navegação e turismo, comércio e indústria, abastecimento de água, entre outras. Essas atividades podem fomentar o desenvolvimento econômico em diversas áreas entre elas pode-se citar: agricultura, manutenção de ecossistemas saudáveis, geração de emprego, renda e em condições de vida adequadas para as pessoas (World Economic Forum, 2018).

A garantia dessas atividades fica dependente da existência de água em quantidade e qualidade suficiente para satisfazer as demandas locais (Schewe et al., 2014). Diante disso, os recursos hídricos constituem-se como um dos elementos mais relevantes na discussão das questões que envolvem o planejamento e a gestão, colocando-se como um dos principais desafios a serem encarados pela humanidade no século XXI. Os desafios encontrados incluem a necessidade de uma boa governança da água, que é crucial para implementar a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (GIRH), para resolver os problemas identificados e compartilhar a água e os benefícios que ela oferece (United Nations, 2018).

A boa governança da água fornece regras, práticas e processos políticos, institucionais e administrativos para a tomada de decisões e sua implementação (Gottstein, 2020). Os governos também são responsáveis por muitas funções de governança, como formular políticas, desenvolver estruturas legais, planejamento, coordenação, financiamento, desenvolvimento de capacidade, aquisição e monitoramento de dados e regulamentação (Salim; Anziani-Vente; Madsen, 2019; United Nations, 2018). A busca permanente por um melhor planejamento e a GIRH podem garantir a sustentabilidade no uso desses recursos, que é um desafio crescente das comunidades (Fallah-Mehdipour; Bozorg-Haddad; Loáiciga, 2020). A GIRH emergiu da necessidade de resolver conflitos, que demandam da disponibilidade e da qualidade desse recurso (Barros; Paiva; Cisneiros, 2017). Para o planejamento e gestão dos recursos hídricos adequados é imprescindível o conhecimento da disponibilidade hídrica (Masih et al., 2010).

O conhecimento sobre a disponibilidade hídrica torna-se imprescindível para a adoção de medidas efetivas de planejamento e gestão de recursos hídricos (Zamoum; Souag-Gamane, 2019). Alguns fatores potencializam os problemas de disponibilidade hídrica, tais como: o acelerado processo de urbanização e industrialização, o movimento migratório conhecido como “êxodo rural” com a migração dos habitantes dos perímetros rurais para os perímetros urbanos marcados pela hipertrofia populacional, o expressivo crescimento populacional, péssimas condições de infraestrutura e moradias e a demanda crescente por água (Kharrazi *et al*., 2016; LI *et al*., 2015; Salim; Anziani-Vente; Madsen, 2019).

A gestão adequada dos recursos hídricos tornou-se essencial em virtude do crescente surgimento de conflitos oriundos da intensificação das ações antrópicas que, consequentemente, proporcionam a degradação dos recursos hídricos e impactam negativamente a sociedade (Melo, 2019). Isto reflete em uma preocupação nos gestores públicos e pesquisadores da área (Tundisi, 2006), que demandam uma quebra de paradigmas e abandono de “princípios ortodoxos ultrapassados” (Hespanhol, 2008, p. 137).

A relevância da GIRH está reconhecida também globalmente nos ODS, da Agenda 2030, a qual está evidenciada nas metas do ODS 6 que se referem à água potável e ao saneamento, nas questões da qualidade e quantidade (Rabelo, 2022). O ODS 6 assegura a disponibilidade e gestão sustentável da água e ao saneamento para todos e suas oito metas, vão desde o acesso à água potável e ao saneamento até a GIRH em todos os níveis (ANA, 2019b; United Nations General Assembly, 2015). Sendo uma parcela pequena os países que se encontram em situação privilegiada quanto ao suprimento de água, com exceção da Rússia, Estados Unidos, Canadá, China, Indonésia, Colômbia, Peru, Zaire, Papua Nova Guiné e Brasil, todos os demais países de alguma forma passam por problemas de escassez, seja de forma quantitativa ou qualitativa de suas águas (Waldman, 2002).

Destaca-se para essa pesquisa os indicadores dos ODS 6.1, 6.3, 6.4, 6.a e 6.b, que possuem desafios diante do cenário nacional, de acordo com os dados e informações da realidade nacional que estão vinculados a metas a serem alcançadas até 2030, estando ligadas a temáticas que integram e associam a cada subtópico desse ODS, cabe informar que tais indicadores mencionados contemplam objetivamente o propósito da pesquisa, sendo relevantes a sua utilização. No Quadro 1 são expostos os conjuntos de informações de cada subtópico desse ODS.

Quadro1 – Painel Temático do ODS6 da ONU

ODS 6	Temática	Meta	Indicadores	Desafios
6.1	Acesso à Água Potável	Até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo à água potável e segura para todos.	Proporção da população em (%) servida por um serviço eficiente e regular de oferta de água.	Em média 84,9% da população brasileira têm acesso a água potável, portanto em média 33 milhões de brasileiros não tem acesso a esse serviço. A maior parte dessa população têm baixa renda e vivem em áreas caracterizadas por baixos indicadores de desenvolvimento humano (SNIS, 2022).
6.3	Aumentar a qualidade da água	Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição e elevando o tratamento.	Proporção de corpos de água em boas condições ambientais (%)	Aumentar a qualidade da água para que se consiga aumentar a disponibilidade do recurso. Verifica-se que em média 42% das águas residuais são tratadas antes de serem lançadas nos corpos hídricos (ANA, 2022).
6.4	Aumento da eficiência no uso da água potável	Até 2030, aumentar a eficiência do uso da água em todos os setores e reduzir o número de pessoas que sofrem com a escassez de água.	Stress hídrico (%): Proporção entre a retirada de água e a disponibilidade hídrica.	Cerca de 42 milhões de brasileiros foram afetados por secas e estiagens. 83% dessa população vivem na região Nordeste. Nesse sentido, problemas como a desigualdades regionais em termos de condições sociais, econômicas e ambientais representam grandes desafios para o país (MCTI, 2022).
6.a	Cooperação	Até 2030, ampliar a cooperação mundial e o apoio ao desenvolvimento de competências, no que se refere à GRH.	Liberação de recursos do orçamento público e/ou privado (R$) para atividades relacionadas com os serviços de saneamento.	Implementação de instrumentos e ferramentas que auxiliem os sistemas e torne-los mais eficientes com relação à governança e a tomada de decisão sobre a gestão dos recursos hídricos para fomentar o acesso a água potável a sociedade.
6.b	Participação	Apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, para melhorar a gestão da água e do saneamento	(%) de administrações locais que promovem a participação das comunidades.	A participação dos Comitês de Bacia Hidrográfica é essencial para prevenir e resolver problemas relacionados a conflitos pelo uso da água.

Fonte: ONU (2018).

Dessa forma, o Quadro 1 que apresenta o painel dos ODS 6 da ONU, possui indicadores que, embora sejam internacionais, direcionam oportunidades para a busca de soluções nacionais relacionadas com os desafios vislumbrados para o acesso à água potável diante dos dados existentes em algumas plataformas brasileiras, tais como: SNIS, ANA, Ministerio da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), destacando-se os indicadores que monitoram o serviço eficiente e regular da água, a qualidade dos mananciais de onde é retirada essa água, relação entre a demanda e oferta de água, disponibilidade de recursos para o desenvolvimento de atividades relacionados aos serviços de saneamento e a capacidade de participação efetiva das partes interessadas na discussão e construção de soluções para os problemas locais.

2.2 Marcos Internacionais Hídricos

O debate sobre a cooperação internacional no setor da água teve início em Washington em 1967, na conferência internacional sobre "Água para a Paz". Em seguida, ocorreu a primeira conferência das nações unidas sobre o meio ambiente humano, em Estocolmo, em 1972, considerada um marco na área de meio ambiente, por reconhecer os problemas ambientais.

Em 1977, foi realizada a conferência da ONU sobre água, em Mar del Plata, na Argentina, considerada referência nas discussões sobre recursos hídricos, cujo resultado foi o lançamento da década internacional de abastecimento de água potável e saneamento (1981-1990), que estabeleceu uma meta ambiciosa de garantir que “todos os povos, quaisquer que sejam seu estágio de desenvolvimento e suas condições sociais e econômicas, têm direito ao acesso à água potável em quantidade e qualidade à altura de suas necessidades básicas” (ONU, 1977, p. 1).

No ano de 1987 foi publicado o relatório de Brundtland, no qual foi definido o conceito de “água segura”, que se refere ao fornecimento de água limpa e potável que não representasse risco significativo à saúde das pessoas para o consumo humano (OMS, 2004).

Em 1992, na cidade de Dublin, na Irlanda, foi realizada a conferência internacional sobre água e meio ambiente, a qual declarou o princípio de que a água é um recurso finito e vulnerável, essencial para sustentar a vida, o desenvolvimento e o meio ambiente e que deve ser atribuído valor econômico

(Fuccille;Bragatti; Leite, 2017). Nesse mesmo ano, na cidade do Rio de Janeiro ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento, que contou com a participação de 178 nações que se comprometeram com a formulação de um novo padrão de desenvolvimento sustentável, conhecido como Agenda 21.

O capítulo 40 da Agenda 21, faz um alerta aos países, bem como às organizações internacionais, governamentais e não-governamentais, para desenvolverem Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (IDS) que possam ser utilizados como apoio para a tomada de decisões em todos os níveis (Lacerda; Cândido, 2013; Maranhão, 2007; Tunstall, 1992; United Nations, 2007). Nessa mesma conferência, foi proposta a criação do Conselho Mundial da Água (CMA) que foi efetivado em 1996, este documento definiu os princípios orientadores para a GIRH.

No ano de 1997, foi lançado o primeiro Fórum Mundial da Água (FMA), realizado em Marrakesh, o qual reconhece a necessidade humana básica de ter acesso à água potável e ao saneamento e estabelece vários mecanismos para uso eficiente das águas. Cabe ressaltar que no final da década de 90 foi realizada uma reunião em Montreal, onde vários países tomaram a decisão de fundar o CMA, em virtude da problemática de distribuição desses recursos no mundo (Global Water Partnership - GWP, 2005).

No segundo FMA realizado em Haia, em 2000, foi apresentado o documento “Visão Mundial da Água para o Século XXI”, resultando na “Declaração de Haia sobre Segurança Hídrica”, assinada por representantes de 120 países (Declaração de Haia, 2000). Em setembro do mesmo ano, durante a Cúpula do Milênio das Nações Unidas em Nova York, a comunidade internacional comprometeu-se a alcançar os oito Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) para o período de 2000 a 2015 (ONU, 2015).

Em 2002, a cúpula do milênio, realizou a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (CNUDS), em Johanesburgo, que exigia o desenvolvimento de planos e gestão de recursos hídricos em várias escalas, confirmando, com isso, as metas dos ODM (Lago, 2006). Nesse mesmo ano, o comitê das Nações Unidas para os direitos econômicos, sociais e culturais elaborou o comentário geral nº 15 sobre o direito humano à água (OHCHR, 2010). Segundo este comitê, o direito à água enquadra-se no direito a uma vida com qualidade e está

intimamente relacionado com o direito à saúde, alimentação e moradia digna, previsto no tratado internacional sobre direitos econômicos, sociais e culturais (OHCHR, 2010).

Em 2003, a Assembleia Geral das Nações Unidas decidiu proclamar, por meio da Resolução A/RES/58/217, o período de 2005 a 2015 como a Década Internacional para Ação, “Água, fonte de vida”, culminando com a proclamação do Dia Mundial da Água, sendo comemorado no dia 22 de março (Fuccille; Bragatti; Leite, 2017; United Nations GeneralAssembly - UNGA, 2003). Os FMA realizados em Kyoto (Japão, 2003) e na Cidade do México (México, 2006) deram continuidade às discussões sobre a água no âmbito global. No entanto, em Istambul (Turquia, 2009), Marselha (França, 2012) e Gyeongju e Daegu (Coreia do Sul,2015), esses eventos reforçavam os princípios gerais da GIRH, estimulando a gestão participativa, o compartilhamento de informações e a adoção da gestão de riscos relacionados à água.

Em 2006, o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), sinalizou que os custos dos serviços de água não deveriam ser superiores a 5% (cinco por cento) da renda familiar. Neste sentido, poderia implicar na impossibilidade de se efetivar o acesso das pessoas em obterem bens e serviços essenciais, tais como: alimentação, habitação, serviços de saúde, educação, entre outros.

No ano de 2010, a Assembleia Geral das Nações Unidas, por meio da resolução A/RES/64/292 declarou o “Direto humano à água e ao esgotamento sanitário” (UNGA, 2010). Em abril de 2011, o Conselho dos Direitos Humanos adotou, por meio da resolução 16/2, o acesso à água potável segura e ao saneamento básico como um direito humano, sendo este um direito à vida e à dignidade humana.

Segundo o Comentário Geral nº 15 do Office of the High Commissioner for Human Rights (OHCHR), o acesso à água deve ser físico e financeiramente acessível, seguro e disponível em quantidade suficiente para uso pessoal e doméstico (OHCHR, 2010). O acesso à água é um direito fundamental, reconhecido pelo Conselho de Direitos Humanos da ONU nas resoluções 15/09 de 2010 e 11/08 de 2011 (Bolson; Haonat, 2016). É importante destacar que a meta de reduzir em 50% o número de pessoas sem acesso à água potável foi alcançada com sucesso antes do prazo estipulado, que era o ano de 2015.

O oitavo FMA que ocorreu na cidade de Brasília (Brasil), cujo tema foi “Compartilhando água”, teve como lançamento a declaração ministerial, intitulado "Chamado urgente para uma ação decisiva sobre a água" que assevera que todos os países precisam tomar medidas urgentes para enfrentar os desafios relacionados à Agenda 2030, especialmente ao ODS 6 (ANA, 2018).

Apesar do acesso à água limpa e segura e ao saneamento básico ter sido declarado, em 2010, como direito fundamental pela ONU, ainda existem desafios locais e globais para que esse acesso seja universalizado.

A ONU, em 2018, também apresentou em seu relatório anual que o consumo de água no planeta, apresenta soluções para gerenciar os riscos relacionados à água, o tema do estudo declarado foi “soluções baseadas na natureza para a gestão da água”, que incentivou a busca por soluções baseadas na natureza, que usam ou simulam processos naturais para contribuir com o aperfeiçoamento da gestão da água no mundo.

O Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (do inglês, World Water Development Report –WWDR), é publicado anualmente com foco em diversas questões estratégicas sobre os recursos hídricos. Tendo uma revisão abrangente sobre o estado dos recursos de água potável no mundo, visando fornecer a tomadores de decisão ferramentas sustentáveis a serem utilizadas para a água.

Na Assembleia Geral das Nações Unidas de 2018 foi lançada a década internacional para a ação, “Água para o Desenvolvimento Sustentável, 2018-2028”, destacando os desafios a serem enfrentados pela disponibilidade de água. O Quadro 2 apresenta o marco temporal dos eventos internacionais relevantes que estão associados aos recursos hídricos com suas finalidades.

Quadro 2 – Marco Internacional dos Recursos Hídricos

Evento – Local – Ano	Finalidade
Conferência Internacional sobre “Água para a Paz” Washington (EUA) — 1967	Inicia a discussão sobre a cooperação internacional da água.
I Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano Estocolmo (Suécia) –1972	Considerado o marco inicial sobre o debate das questões ambientais, com reconhecimento das problemáticas com o modelo de desenvolvimento adotado na época.
Conferência da ONU sobre Água Mar del Plata (Argentina) –1977	Lançamento da Década Internacional de Abastecimento de Água Potável (1981-1990) objetivo garantir o direito ao acesso à água potável para satisfazer as atividades básicas.
Relatório de Brundtland – 1987	Publicação do conceito de “água segura” que tem como definição: o fornecimento de água tratada e potável podendo ser utilizada para o consumo humano, presidida por Gro Harlem Brundtland.
Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente Dublin (Irlanda) – 1992	Participação de 500 representantes de governos, organizações internacionais e ONGs, com o estabelecimento de quatro grandes princípios, com destaque para a água, onde é considerada como um recurso finito, vulnerável, de valor econômico e essencial para existência de vida.
Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Rio de Janeiro (Brasil) – 1992	Participação de 178 nações que se comprometem a formular um novo modelo de desenvolvimento chamado de “sustentável”, conhecido como Agenda 21. Esta agenda possui sete propostas que cooperam com as ações de mobilização da população sobre práticas de gestão da água.
Conselho Mundial da Água – 1996	Fundado em Marselha, França, o grupo discute questões relacionadas aos recursos hídricos e reúne mais de 300 membros, incluindo organizações como a União Internacional para a Conservação da Natureza, a ONU, e o Banco Mundial. Sua principal atividade é realizar o Fórum Mundial da Água a cada três anos.
I Fórum Mundial da Água Marrakesh (Marrocos) – 1997	Reconhecimento da necessidade humana básica de ter acesso à água potável e ao saneamento, além de estabelecer alguns mecanismos para uso eficiente das águas.
II Fórum Mundial da Água Haia (Holanda)—2000	Publicação da Declaração de Haia sobre Segurança Hídrica, assinada por 120 representantes globais, destaca sete desafios principais para alcançar a segurança hídrica no mundo.
Cúpula do Milênio das Nações Unidas Nova York (EUA) — 2000	Declaração dos Oito ODM em um período de 15 anos (2000a 2015).
Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável Johanesburgo (África do Sul) – 2002	Exige o desenvolvimento de planos e gestão de recursos hídricos em várias escalas, reafirmando assim, os compromissos firmados com as metas dos ODM.
Comité das Nações Unidas para os Direitos Económicos, Sociais e Culturais — 2002	Ratifica o comentário geral nº 15 sobre o direito àágua: “O direito humano à água prevê que todos tenham água suficiente,segura, acessível e a preços razoáveis para usos pessoais e domésticos”.
Assembleia Geral das Nações Unidas – 2003	Proclama a Resolução A/RES/58/217, no período de 2005 a 2015 como a Década Internacional para Ação, “Água, fonte devida”, que culminou no Dia Mundial da Água, em 22 de março a partir de 2005.
III Fórum Mundial da Água Quioto, Shiga e Osaka (Japão)–2003	Discute as ações tomadas pelos países para implementar o manejo integrado dos recursos hídricos e busca soluções para à comunidade internacional atingir os ODM, em referência a Johanesburgo.

(Continua...)

(Conclusão)

Evento–Local–Ano	Finalidade
IV Fórum Mundial da Água Cidade do México (México)–2006	Reuniu 15.000 participantes, sendo 1.500 jornalistas, 140 representantes de países, 120 prefeitos e 78 ministros de estado. O evento deu continuidade às discussões da água no âmbito global.
V Fórum Mundial da Água Istambul (Turquia) – 2009	Discute a crescente escassez de água potável no planeta e apresenta alguns projetos para a gestão da água evitando conflitos por enfrentamentos entre países por rios e lagos.
Assembleia Geral das Nações Unidas Resolução n° 64/292/2010	Reconhece o direito ao acesso à água de qualidade comodireitohumano e"declarao direito a uma água potável própria e de qualidade sendo indispensável para o pleno direito avida".
Conselho dos Direitos Humanos da ONU 2010/2011	Reconhece o acesso à água como um direito fundamental, conforme disposto nas Resoluções 15/09, de 2010 e 11/08, de 2011,podendo ser utilizada em várias atividades humanas, seja para o preparo de alimentos, saciar a sede, promover higiene, limpeza de utensílios domésticos de habitação.
VI Fórum Mundial da Água Marselha (França) – 2012	Destaca a relevância da água na agenda política dos governos com as discussões e trocas de experiências para formulação de propostas para o uso racional e sustentável da água.
VII Fórum Mundial da Água Daegu e Gyeongju (Coreia do Sul) – 2015	Destaca a importância da água para o planeta e a necessidade urgente de se alinhar ações em prol deste líquido primordial para a existência da vida humana e para o desenvolvimento.
VIII Fórum Mundial da Água Brasília (Brasil) — 2018	Promove o intercâmbio de experiências entre países em boas práticas e gestão integrada das águas, com foco no "Compartilhamento da Água", e conscientiza a sociedade sobre a importância da água para o desenvolvimento socioeconômico e a qualidade de vida no planeta.
IX Fórum Mundial da Água Dacar (Senegal) — 2022	Tratou da discussão sobre a “Segurança Hídrica para a Paz e o Desenvolvimento” e teve como slogan “O Fórum das Respostas”.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

De acordo ainda com o exposto no Quadro 2, fica evidente o fechamento de acordos por meio da realização de eventos classificados em três categorias principais, sendo elas: conferências, fóruns e outros eventos, que estão representadas cronologicamente de forma crescente descrevendo as finalidades alcançadas ao fim de cada evento.

Destaca-se, entre outros, a publicação do conceito de “água segura” registrada no Relatório de Brundtland em 1987, contendo a necessidade do reconhecimento humano para o acesso à água potável que foi realizado no primeiro FMA que ocorreu na cidade de Marrakesh (Marrocos), no ano de 1997, tendo como resultado o reconhecimento do acesso à água como um direito fundamental pelo Conselho dos Direitos Humanos da ONU em 2010/2011. Esses eventos representam conquistas sociais e mudanças significativas relacionados com a água para buscar o desenvolvimento sustentável das sociedades nas comunidades.

2.3 Água Potável no Brasil e seus Mecanismos Legais

O Brasil possui uma população de 203 milhões de habitantes e é constituído por 5.570 municípios (IBGE, 2022). Tem uma posição privilegiada no mundo, com relação à disponibilidade de água doce, com aproximadamente 12% das águas doces acessíveis em todo o planeta (ANA, 2022). Desse total, cerca de 80% encontram-se na bacia amazônica, conforme dados do relatório da conjuntura dos recursos hídricos do Brasil (ANA, 2021). Embora exista essa grande disponibilidade hídrica, aproximadamente 170 milhões de brasileiros têm acesso à água tratada e 33 milhões de brasileiros não possuem acesso à água tratada (SNIS, 2022).

Apesar de o Brasil dispor de uma concentração expressiva de água doce no continente americano, ele apresenta muitas disparidades regionais, como, por exemplo, a região Norte com abundância do recurso e as regiões Nordeste, Centro-Oeste, Sul e Sudeste com carências e privação (ANA, 2022). No entanto, os problemas não são apenas relacionados com a disponibilidade desse recurso. Cabe destacar que o abastecimento de água tratada no Brasil possui uma média nacional de 84,90%, sendo que a região Norte possui o pior percentual de atendimento com cerca de 64,2%, o que representa um desafio significativo para a melhoria desse percentual existente e em melhorar as condições de vida dessa população (SNIS, 2022). Além disso, a quantidade e qualidade da água, são outros aspectos que

preocupam as populações locais (Bordalo, 2017).

O código de águas, instituído pelo Decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934, pode ser considerado como um dos primeiros marcos o qual preconizava assegurar o uso gratuito de qualquer corpo hídrico ou nascente de água para as primeiras necessidades da vida de qualquer ser vivo. Essa prerrogativa fez-se desde que obedecesse aos regulamentos administrativos, estabelecendo como prioridade o abastecimento humano que considerava como ilícito qualquer tipo de contaminação da água que prejudicasse a terceiros, responsabilizando os infratores pelo dano (Faria; Faria, 2004). O mesmo código também estabeleceu para a época uma política hídrica audaciosa em vários sentidos, sejam eles: com relação a propriedade, o domínio, o aproveitamento das águas, a navegação, o uso hidráulico, o seu aproveitamento, as concessões e autorizações de uso, entre outros.

Em 1968, surge o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), que foi instituído pelo Banco Nacional da Habitação de modo experimental e, em 1971, o programa ganhou a sua formalidade (Monteiro, 1993). A equipe de trabalho do PLANASA idealizou a criação de 27 companhias estaduais, constituídas juridicamente como sociedades de economia mista, fato este que implicou na formalização dessas companhias de saneamento com objetivo econômico (Souza; Costa, 2016). Cabe ressaltar que o PLANASA embora não tenha atingido seu propósito inicial, teve como impacto positivo um expressivo aumento da cobertura dos serviços de abastecimento de água e rede de esgoto no Brasil entre as décadas de 1970 a 1990 (Souza; Costa, 2016).

Em 18 de junho de 1986 foi anunciada a Resolução nº 20 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) a qual padronizou a classificação das águas, conforme as suas características específicas em doces, salobras e salinas como também sua balneabilidade. Tendo ao todo nove classes de acordo com os usos mais relevantes. Segundo o artigo 2º, da Resolução nº 20 de 1986 do CONAMA, definindo a classificação das águas doces, salobras e salinas e os níveis de concentração de salinidade, conforme apresentado nos incisos I) águas doces devem ter salinidade igual ou inferior a 0.5% (cinco décimos), II) águas salobras devem ter salinidade compreendidas entre 0.6% (seis décimos) a 30% (trinta centésimos), III) águas salinas devem ter salinidade igual ou superior a 30% (trinta centésimos).

O avanço do código das águas foi sucedido pela vigência da CF em 1988, e posteriormente, pela publicação da PNRH, instituída pela Lei nº 9.433 de 1997, na qual a questão hídrica teve sustentáculo no Art. 225 da respectiva Constituição. A referida “Leis das Águas” trouxe uma nova perspectiva a respeito do tema “água”, pois passou a tratá-la não só como um bem privativo ou simplesmente no potencial energético que as águas poderiam gerar como na essência do código das águas, quando se passou a tratá-la como um direito fundamental à vida, um recurso limitado, dotado de valor econômico.

A CF de 1988, apresentou como novidade sobre a Gestão de Recursos Hídricos (GRH) o Art. 225, descrevendo que todos os habitantes do país têm direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado para o desenvolvimento ou não de suas necessidades básicas. Neste sentido, a nova constituição demarcou novas competências legislativas, delegando à União, de acordo com o Art. 22, a competência para legislar sobre águas.

Em virtude da importância desse recurso natural e para agilizar situações de escassez ou ausência desse recurso, a PNRH prioriza usos nobres, que são o abastecimento de água para consumo humano e a dessedentação de animais (Brasil, 1997). Com o intuito de regulamentar os diversos usos e a necessidades desse recurso hídrico, a PNRH instituiu seis instrumentos para facilitar sua gestão. No Brasil, a partir da promulgação da PNRH, em 8 de janeiro de 1997, estabeleceram-se seis instrumentos com o intuito de melhorar a gestão das águas.

A PNRH traz em seus objetivos “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (Brasil,1997, Art.2º,IncisoI). De acordo com o Art.7° da Lei nº 9.433 de 1997, os planos de recursos hídricos são itens de longo prazo, com abrangência de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos e podem ter o seguinte conteúdo mínimo, entre outros: I) diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos; II) balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais; III) prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos; IV) diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos; V) metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis.

O Art. 19 da Lei nº 9.433 de 1997 descreve efetivamente a cobrança pelo uso da água, no qual se destacam os seguintes objetivos: I) reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor; II) incentivar a racionalização do uso da água; III) obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos. Por conseguinte o Art. 21, na fixação dos valores a serem cobrados pelo uso dos recursos hídricos deve ser observado, dentre outros: I) nas derivações, captações e extrações de água, o volume retirado e seu regime de variação; II) nos lançamentos de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, o volume lançado e seu regime de variação e as características físico-químicas, biológicas e de toxidade do afluente.

De acordo com o Art. 9° da Lei nº 9.433 de 1997, o enquadramento tem como foco principal assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e suavizar os custos de combate à poluição, mediante ações preventivas permanentes.

A ANA é considerada a entidade responsável pela prática de atuação da PNRH que possui estrutura administrativa para a captação de recursos e para andamento de seus projetos (ANA, 2014). A PNRH, criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), regulamentou o Art. 21, inciso XIX da Carta Magna de 1988.

A legislação brasileira disciplina que a regra fundamental é de que “a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas”, de forma descentralizada e participativa, contando com a participação do Poder Público e dos usuários e da Coletividade. Art. 1º, IV, da Lei nº 9.433 de 1997. Todos os setores usuários da água têm igualdade de acesso, mas em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais, de acordo com o Art.1º III, da Lei nº 9.433 de 1997. Com a promulgação dessa Lei, desenvolveu-se o Plano Nacional de Recursos Hídricos, cujo texto final foi aprovado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), em 30 de janeiro de 2006.

Os objetivos específicos da Lei são: assegurar a melhoria das disponibilidades hídricas, superficiais e subterrâneas, em qualidade e quantidade; garantir a redução dos conflitos reais e potenciais de uso da água, bem como dos eventos hidrológicos críticos; e a percepção da conservação da água como valor

socioambiental relevante. Nesse sentido, o equilíbrio entre os diversos usos múltiplos da água devem seguir o princípio da equidade no acesso a esse recurso, ao usufruir do recurso hídrico, deve ficar clara a necessidade de manter, nos corpos de água, vazão suficientes para que os ecossistemas aquáticos se desenvolvam. Dessa forma, a gestão de recursos hídricos pode ser definida como o conjunto de ações destinadas a regular o uso, o controle e a proteção dos recursos hídricos, em conformidade com a legislação e normas pertinentes (Brasil, 1997).

Cabe à ANA, segundo a Lei nº 9.984 de 2000, “definir e fiscalizar as condições de operação de reservatórios por agentes públicos e privados, visando a garantir o uso múltiplo dos recursos hídricos”, conforme estabelecido nos planos de recursos hídricos das respectivas bacias hidrográficas (Brasil, 2000, Art. 4º, Inciso VI). Entretanto, a principal dificuldade observada nos anos subsequentes foi a aprovação da Lei nº 9.433/1997, referindo-se ao arranjo institucional do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), que carecia de um órgão com atribuição executiva para implementar a PNRH.

O SNIRH é um dos instrumentos de gestão previsto pela PNRH, o qual tem como um dos objetivos divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos atualizado permanentemente. Nesse sentido, percebe-se que a regulação começa a criar uma nova realidade, visando ampliar esforços para fornecer subsídios na melhoria da política e da gestão dos recursos hídricos em todo território nacional.

Segundo o Art. 26 da Lei 9.433 de 1997, os princípios básicos para o funcionamento do SNIRH são: I. Descentralização da obtenção e produção de dados e informações; II. Coordenação unificada do sistema; III. Acesso aos dados e informações garantidos a toda a sociedade. O SNIRH reúne dados ligados à disponibilidade hídrica e maneiras de uso da água com dados físicos e socioeconômicos, de modo a possibilitar o conhecimento integrado das inúmeras variáveis que condicionam o uso da água na bacia.

Em 1998 foi regulamentado o CNRH, por meio do Decreto nº 2.612 de 1998. O CNRH é o principal órgão do SINGREH, com caráter normativo e deliberativo presidido pelo ministro titular do MMA. De acordo com a ANA, os comitês de bacias hidrográficas são o alicerce do SINGREH e funcionam como um parlamento das águas. Isso porque têm a função de discutir a gestão da água de uma ou de inúmeras bacias, sendo composto por representantes do poder público, dos

usuários das águas e das organizações da sociedade com ações na área dos recursos hídricos (ANA, 2014).

No ano de 2000 foi sancionada a Lei nº 9.984, que dispõe sobre a criação da ANA, com a finalidade de implementar a PNRH e promover o gerenciamento dos recursos hídricos de forma descentralizada e participativa, coordenando o SINGREH (BRASIL, 2000). Nesse mesmo ano, foi publicada a Resolução nº 274 de 2000 do CONAMA, que revogou os artigos 26 a 34 da Resolução nº 20 de 1986 que definia os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.

A Lei nº 10.670 de 2003, instituiu o Dia Nacional da Água a ser comemorado no dia 23 de março de cada ano. Em 2004, foi aprovada a Portaria nº 518 do MS, que definiu água potável, de acordo com a norma de qualidade de água para consumo humano, estabelecendo uma série de parâmetros físicos, químicos, radioativos e bacteriológicos, avaliados por meio de análises laboratoriais. Concluindo que a água estando apta ao consumo humano têm como configuração ser destinada para a ingestão, preparação e produção de alimentos e a higiene pessoal, independentemente da sua origem.

O Decreto nº 5.440 de 2005 estabeleceu definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento e instituiu mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano e apresenta a definição para água potável, em seu Art. 4º água potável: é aquela apta ao consumo humano, cujos parâmetros microbiológicos, físico, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade, bem como não ofereça riscos à saúde.

Em relação à classificação jurídica das águas, em geral, no Brasil, foi disciplinada pela Resolução nº 357 de 2005 do CONAMA, que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o enquadramento destes, além de estabelecer as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Em 2006, o CNRH, publicou a Resolução nº 58 de 2006, que aprovou o Plano Nacional de Recursos Hídricos. Posteriormente, em 2007 foi sancionada a Lei nº 11.445 de 2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. A promulgação da referida Lei permite uma reestruturação do setor de saneamento, a partir de um novo quadro político-institucional (Brasil, 2007). Em 2008, a Resolução nº 397 do CONAMA alterou o inciso II do § 4º e a Tabela X do § 5º, ambos do Art. 34 da Resolução nº

357 de 2005 do CONAMA, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

A Lei do saneamento foi regulamentada pelo Decreto nº 7.217 de 21 de junho de 2010, o qual estabeleceu normas de execução para os serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais. O Decreto contempla importantes demandas que envolvem os serviços de saneamento, entre eles: (I) prazos limites para os usuários se conectarem às redes públicas, (II) critérios de cobrança pela prestação dos serviços, (III) a obrigatoriedade da existência de plano de saneamento básico, elaborado pelo titular dos serviços, como condição para o acesso a recursos orçamentários da União e (IV) aspectos contratuais da prestação de serviços (Brasil, 2010).

A Portaria nº 2.914 de 2011 do MS dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Em âmbito nacional, a imposição pela gestão dos recursos hídricos no Brasil, mostrou-se mais incontestável durante a crise hídrica que incidiu severamente no País entre 2012 e 2016, “quando 48 milhões de pessoas foram afetadas por secas e estiagens, principalmente na Região Nordeste, e também nas Regiões Sudeste e Centro Oeste, que não eram comumente afetadas por escassez hídrica” (ANA, 2019, p. 49).

Em 2011, a ANA e os órgãos gestores de recursos hídricos dos estados e do Distrito Federal assinaram o pacto nacional pela gestão das águas para intensificar o processo de articulação para ampliar os laços de cooperação institucional no âmbito do SINGREH. A Resolução nº 379 de 2013 da ANA, regulamentou a ferramenta prática de aplicação do pacto, denominada programa de consolidação do Pacto Nacional Pela Gestão das Águas (ANA, 2013).

Em 2013, o Plano Nacional de Saneamento Básico (PNSB) foi elaborado conforme previsão da Lei nº 11.445 de 2007, sendo denominado de PLANSAB, resultando de um processo de planejamento, sendo coordenado pelo Ministério das cidades, em três etapas: I) com o Pacto pelo Saneamento Básico: mais saúde, qualidade de vida e cidadania, que marca o início do processo participativo de elaboração do Plano em 2008; II) elaboração, em 2009 e 2010, de extenso estudo denominado Panorama do Saneamento Básico no Brasil, que têm como um de

seus produtos a versão preliminar do PLANSAB; III) a “Consulta Pública”, com a versão preliminar do Plano, promovendo sua ampla discussão e posterior consolidação de sua forma final à luz das contribuições acatadas da sociedade.

O Decreto nº 10.000 de 2019 do CNRH, órgão consultivo e deliberativo, passou a ser integrante da estrutura regimental do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), ao qual competiu “Formular a Política Nacional de Recursos Hídricos, nos termos do disposto na Lei nº 9.433de1997, e no Art. 2º da Lei nº 9.984 de 2000” (Brasil, 2019).

Em 2020, ocorreu o sancionamento da Lei nº 14.026 que atualizou o marco legal do saneamento básico promovendo modificações importantes para o setor (Brasil, 2020). Dentre as mudanças, destaca-se a ampliação para a participação da iniciativa privada possibilitando de forma menos burocrática as privatizações, a Lei também extingue o modelo atual de contrato do programa entre os municípios e as companhias estaduais e passa a exigir licitação entre empresas públicas e privadas. Alterou as competências da ANA como entidade federal a qual integra o SINGREH, sendo responsável pela instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico.

Em 2022, com a aprovação do plano nacional de recursos hídricos, pela Resolução nº 232 do CNRH, com horizonte até 2040, em um processo participativo, envolvendo os diversos atores do SINGREH e interessados na agenda de recursos hídricos, foi elaborado o Plano Nacional de Recursos Hídricos possuindo dois volumes. O volume I composto pelo relatório de conjuntura 2021, o diagnóstico e o prognóstico dos recursos hídricos no Brasil. O volume II descreve o plano de ação, sendo formado por programas e subprogramas. No Quadro 3, estão descritos os documentos a nível nacional que marcam a transformação da gestão da água no Brasil.

Quadro 3 – Registros Nacionais Relevantes sobre Água no Brasil

Tipo de Documento/Ano	Finalidade
Decreto Federal nº 24.643/1934 "Lei das Águas"	Primeiro Marco que assegurava o uso gratuito de qualquer corpo hídrico ou nascente de água para as primeiras necessidades da vida de qualquer ser vivo. Estabelecimento de uma Política Audaciosa.
Plano Nacional de Saneamento em 1968	Em1968 foi criado o SFS gerido pelo Banco Nacional de Habitação, o qual concebeu o PLANASA.
Plano Nacional de Saneamento em 1971	Criação de 27 Companhias Estaduais de Saneamento, sendo formadas como sociedades de economia mista.
Resolução CONAMA nº20/1986	Padronizou as águas conforme as suas características especificas em doces, salobras e salinas como também sua balneabilidade. Tendo ao todo 9 classes de acordo com os usos mais relevantes.
Constituição Federal de 1988	Trata sobre vários assuntos no País, inclusive relacionados com a gestão dos Recursos Hídricos no Brasil.
Portaria nº36/1990 – MS	Aprova as normas e padrões de Potabilidade da Água destinada ao Consumo Humano vigente no País.
Medida Provisória nº813/1995	Cria a Secretaria de Recursos Hídricos vinculada ao MMA a qual é responsável por agilizar situações de escassez ou ausência desse recurso no País.
PNRH, a Lei nº 9.433/1997	Prioriza usos nobres como o abastecimento de água para consumo humano e a dessedentação de animais, regulamenta diversos usos e necessidades, instituindo seis instrumentos para facilitar a gestão.
Decreto Federal nº 2.612/1998	Regulamenta o Conselho Nacional de Recursos Hídricos e dá outras providências.
Lei Federal nº 9.984/2000	Criação da ANA,visando o fortalecimento da PNRH,na qual vários órgãose colegiados passaram a fazer o gerenciamento dos recursos hídricos de forma descentralizada e participativa, formando o SINGREH.
Resolução CONAMA nº 274/2000	Revoga os Arts. 26 a 34 da Resolução nº20/86. Define critérios de balneabilidade das águas no Brasil.
Portaria nº 1.469/2000–MS	Estabeleceu procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.
Resolução da ANA nº 135/2002	Dispõe sobre os requisitos e a tramitação dos pedidos de outorga na ANA.
Resolução do CNRH nº 30/2002	Adota a codificação das bacias hidrográficas no âmbito nacional, sendo adotada a metodologia descrita do engenheiro brasileiro Otto Pfafstetter (1989. p. 19).
Lei Federal nº 10.670/2003	Instituído no Brasil o Dia Nacional da Água, a partir de 2003 em 22 de março de cada ano.
Portaria nº 518/2004 do MS (Água para consumo humano)	Estabelece uma série de parâmetros físicos, químicos, radioativos e bacteriológicos, avaliados por meio de análises laboratoriais para a potabilidade da água para o consumo humano.
Decreto Federal nº 5.440/2005	Estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento e institui mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano e apresenta a definição para água potável.
Resolução CONAMA nº 357/2005	Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o enquadramento destes, além de estabelecer as condições e padrões de lançamento de efluentes no solo ou em corpo receptor.

(Continua...)

(Conclusão)

Tipo de Documento/Ano	Finalidade
Decreto SN de 22/03/2005	Institui a década brasileira da água, a ser iniciada em 22 de março de 2005.
Resolução do CNRH nº 58/2006	Aprova o plano nacional de recursos hídricos composto por quatro volumes.
Lei Federal nº 11.445/2010	Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a Política Nacional de Saneamento.
Resolução CONAMA nº 397/2008	Altera o inciso II do § 4o e a Tabela X do § 5º, ambos do Art. 34 da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA nº 357, de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.
Resolução do CNRH nº 91/2008	Estabelece os procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos d'água superficiais e subterrâneos.
Decreto Federal nº 7.217/2010	Estabelece normas de execução para os serviços de abastecimento de água,esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais.
Portaria nº 2.914/2011 do MS	Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano.
Resolução da ANA nº 379/2013	Regulamenta o Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela gestão das Águas no Brasil.
Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB/2013	Elaboração do PNSB, sendo denominado de "PLANSAB", conforme previsto na Lei 11.445/2007, que resultou de um processo planejado e coordenado pelo Ministério das Cidades.
Decreto Federal nº 10.000/2019	Estabelece o Conselho Nacional de Recursos Hídricos como órgão consultivo e deliberativo, que passa a ser integrante da Estrutura Regimental do Ministério do Desenvolvimento Regional.
Lei Federal nº 14.026/2020	Criação do Novo Marco do Saneamento o qual altera algumas normas entre elas, destaca-se a ampliação para a participação da iniciativa privada.
Resolução do CNRH nº 232/2022	Aprovação do Plano Nacional de Recursos Hídricos com horizonte temporal de 2022 até 2040, definido cenários de planejamento por meio de um processo participativo, com representantes de todos os estados do Brasil.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Como exposto no Quadro 3, cada documento (decreto, lei, resolução, portaria e plano) elaborado e promulgado possui finalidades específicas que disciplinam e regulamentam, no âmbito nacional, os limites e avanços da legislação brasileira com destaque para a PNRH de 1997 que elencou prioridades para os usos nobres para a água, tais como: o abastecimento de água para consumo humano e a dessedentação de animais, além da instituição de seis instrumentos para facilitar a gestão da água no Brasil.

A Portaria nº 2.914 de 2011 do MS organizou os procedimentos de controle e segurança da qualidade da água para o consumo humano e a Resolução nº 232 de 2022 do CNRH, aprovou o plano nacional de recursos hídricos até 2040, com a participação representativa de todos os estados do Brasil podendo ser considerado um avanço para o alcance sustentável para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental da sociedade brasileira.

No entanto, embora se tenha avanços é possível observar também que os desafios para promover o acesso à água, no futuro, são consideráveis, diante da demanda cada vez maior pelo uso da água pelos setores da indústria, comércio, agropecuária e das comunidades urbanas e rurais existentes nas cidades, que acabam promovendo, após sua utilização, crescente poluição e contaminação desse recurso que são fornecidos pelos diferentes modelos de gestão e prestação de serviços existente em cada local, item este que será apresentado no tópico em sequência.

2.4 Modelos de Prestação de Serviços de Água

De acordo com Braga *et al*. (2008), o desafio da gestão das águas no Brasil, está relacionado com a gestão de demandas para aumentar e garantir o fornecimento de água em regiões hidrográficas com disponibilidade baixa e a melhoria da qualidade da água com redução da poluição doméstica e industrial. O Brasil possui alguns problemas relacionados com água, segundo Augusto et al. (2012) os problemas sociais envolvem a privação, contaminação por resíduos, problemas com a baixa qualidade e contaminação orgânica e química.

A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação da sociedade civil, do poder público, das organizações de classes e dos usuários, conforme estabelecido pela PNRH. Quanto à prestação do serviço de água, o SNIS a classifica em três categorias (pública, privada e social), e subdivide o regime jurídico-administrativo em sete modelos de gestão: a) Administração Pública Direta

Centralizada; b) Autarquia sob controle estadual ou municipal; c) Empresa Pública; d) Sociedade de Economia Mista com Gestão Pública; e) Sociedade de Economia Mista com Gestão Privada; f) Empresa Privada;e g) Organização Social, ou seja, entidade da sociedade civil organizada sem fins lucrativos (SNIS, 2010).

A administração direta é definida por Peixoto (1994) como modelo de gestão no qual os serviços são organizados e operados por meio de unidade administrativa, vinculada à administração direta. As empresas públicas municipais são um modelo empresarial de gestão e operação dos serviços de saneamento através de concessões obtidas junto aos municípios, sendo esses os titulares dos serviços. Uma parcela pequena dos municípios brasileiros adota esse modelo de gestão (Heller, 2007).

As companhias estaduais também são um modelo empresarial de gestão, nos quais empresas de economia mista obedecem a um sistema centralizador administrativo e financeiro (Heller, 2007). Existem, ainda, os modelos de gestão compartilhada com experiências na Bahia, na região de Seabra, assim como a Central das Associações para Manutenção de SAA no estado do Ceará e na região de Sobral, denominado de Sistema Integrado de Saneamento Rural (SISAR) (Rocha, 2013; Cruz, 2015).

Conforme dados do SNIS, cerca de 55,21% dos municípios brasileiros eram atendidos por administração pública direta, 32,34% estavam sob a gestão de autarquias, 8,93% encontravam-se administrados por empresas de capital privado, 2,03% classificavam-se como sociedade de economia mista, 0,34% sob a gestão de empresa pública e 1,15% em organização social (SNIS, 2022).

Segundo dados do SNIS de 2022, aproximadamente 93,40% da população urbana tinha atendimento de água tratada, embora 40,1% dessa água disponibilizada à população era perdida na distribuição (SNIS, 2022). O melhor percentual de atendimento foi o da região sul com 91,6% para uma população de aproximadamente 27,4 milhões de habitantes, sendo que a região norte apresentou o pior percentual de atendimento que foi de 64,2% para uma população total de aproximadamente 10,8 milhões de habitantes e o percentual de perdas ultrapassou os 46% (SNIS, 2022). Com relação ao consumo médio de água no País, o valor obtido foi de 148,2 litros por habitante ao dia, valor um pouco superior aos 110 litros ao dia que é recomendado para atender às necessidades básicas de uma pessoa, segundo publicado pela ONU (SNIS, 2022).

No Quadro 4 são apresentados os tipos de prestação de serviços de água e os modelos de gestão adotados no Brasil, tendo como premissa a forma heterogênea com que cada município realiza a gestão dos serviços de água, sendo que dependendo das características locais são utilizados modelos de gestão que dependem da escolha adotada pelo gestor máximo do município.

Quadro 4 – Prestação de Serviços e Modelos de Gestão de Água no Brasil

Categoria – Regime Jurídico Administrativo				Vantagens	Desvantagens
PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS	Público	MODELOS DE GESTÃO	Administração Pública Direta	Na administração direta, é comum a ausência de cobrança dos serviços, propiciando o aumento do consumo e o uso não-racional da água.	A arrecadação dos serviços é destinada ao sistema de “caixa único” da prefeitura, limitando o reinvestimento da receita na melhoria do sistema. Não há regularidade nos controles financeiros.
			Autarquia Controle Estadual ou Municipal	Possui autonomia jurídica, administrativa e financeira, Gestão e Descentralizada.	Custos diretos dos encargos sociais e tributários. Sujeitas ao regime de contratos administrativos.
			Empresa Pública Companhias Estaduais	Modelo empresarial de gestão.	Sistema centralizador administrativo e financeiro e possibilita pouca autonomia aos municípios.
	Privado		Sociedade de Economia Mista com Gestão Pública	Tem controle administrativo da sociedade e ao mesmo tempo deve obter lucros. o Estado pode controlar quantas ações Deseja ter ou vender.	Explora atividade econômica e enquadra-se nas leis de direito privado e precisa pagar tributos, bem como respeitar algumas normas e princípios que são aplicados somente no direito público.
			Sociedade de Economia Mista com Gestão Privada	Procura atender tanto aos interesses do Estado, quanto às vontades dos acionistas privados.	Essas empresas se enquadram nas leis de direito privado e público.
			Empresa Privada	Empresa com capital integralmente privado, administrada exclusivamente por particulares.	Necessita de participar de Licitação, muita burocracia, sistema de Concessão dos serviços por um determinado período mínimo de 25 anos.
	Social		Organização Social Consórcios Públicos	Atuação na regulação e fiscalização dos serviços. Com independência decisória, autonomia administrativa, orçamentária e financeira, transparência, tecnicidade, celeridade e objetividade das decisões.	Limitações de recursos técnicos e financeiros por parte deste ente federado.
			Organização Social Gestão Compartilhada	A gestão e a responsabilidade é dividida. O usuário tem a atribuição de pagar a tarifa e contribuir para o fortalecimento da associação.	Necessidade de definição de atribuições de cada ente envolvido na gestão, envolvimento e Participação das pessoas na tomada de decisões.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Diante do exposto no Quadro 4, compreende-se que existe uma relação direta entre o tipo de prestação dos serviços de abastecimento de água e os modelos de gestão adotados no Brasil. Vale destacar, que mais de 50% dos municípios brasileiros fazem a opção pela administração pública direta, como vantagens nesse modelo de gestão é comum a ausência de cobrança dos serviços, porém propicia o aumento do consumo, uso não-racional da água e a falta de recursos financeiros para melhorar a qualidade dos serviços que acabam promovendo sérios impactos negativos de uso da água e para o atendimento adequado e satisfatório na prestação desse serviço (SNIS, 2022).

A falta de conhecimentos sobre os benefícios do acesso à água potável por parte da gestão local para o desenvolvimento local, assim como uma equipe técnica não qualificada e uma deficiente estrutura de trabalho entre outros fatores, colaboram para o não atendimento satisfatório para potencializar as vantagens de um serviço adequado de abastecimento de água. Sendo importante identificar quais ferramentas podem colaborar para um acesso adequado à água potável para as pessoas que vivem nas comunidades locais, melhorando com isso suas condições de vida.

2.5 Ferramentas de Gestão para o Abastecimento de Água

As questões relacionadas com o uso de ferramentas utilizadas para a gestão e o acesso à água potável são importantes instrumentos que estão diretamente conectados ao planejamento e à gestão. Sendo que esses termos necessitam ser aplicados de forma integrada com uma visão multidisciplinar podendo ser compreendido como um processo ambiental, econômico, político, social e tecnológico, entre outros. Porto e Porto (2008, p. 54) compartilham da ideia na qual “existe a necessidade do uso de ferramentas para apoiar o processo de tomada de decisão na gestão dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica, de forma a implementá-las com eficácia”.

O planejamento das ações no ambiente é uma ferramenta efetiva, pois compõem dados com diversas características, tendo a finalidade de compreender o território com uma visão holística, permitindo entender especialmente os problemas e organizar um conjunto de ações para minimizá-los (Konrad, 2005; Schussel; Nascimento Neto, 2015). Sendo necessária a participação de vários

atores, sejam eles: representantes políticos, institucionais, comunitários e do poder público.

Algumas pesquisas foram conduzidas no sentido de propor o uso de ferramentas para a gestão da água com visão holística (Braga; Barbosa; Nakayama, 1998; Rodrigues, 2005). Dessa forma, a Global Water Partnership (GWP), tem juntado esforços e identificou mais de 50 ferramentas para promover uma segurança para água no mundo (GWP, 2019).

A caixa de ferramentas proposta pela GWP é um instrumento que traz um conjunto de práticas inspiradas nos princípios de GIRH, organizadas de forma hierárquica na perspectiva mais ampla. A GIRH foi definida pela GWP como sendo um processo que promove o desenvolvimento e gestão integrada da água, solo e demais recursos relacionados, de forma a maximizar o bem-estar econômico e social de forma equitativa sem comprometer a sustentabilidade dos ecossistemas vitais (GWP, 2019).

O conjunto de ferramentas proposto pela GWP tem empregado um conjunto de experiências nacionais e internacionais. Dentre estes estudos, cabe citar o trabalho dos autores Bielsa e Cazcarro (2015) que analisaram a gestão integrada na bacia do Rio Ebro na Espanha e conseguiram mostrar algumas lacunas entre a teoria e a prática.

No estudo de Domingues (2011), foi avaliado o processo de integração na gestão da bacia do Rio Doce, concluindo que o processo de gestão desta bacia pode ser considerado um avanço para a gestão dos recursos hídricos no país, conforme recomendada pelas ferramentas de GIRH em estudos envolvendo outras bacias brasileiras de forma a demonstrar a diversidade de casos existentes no país.

Segundo dados do SNIS (2022), aproximadamente 33,2% dos municípios brasileiros fazem monitoramento de dados hidrológicos, 19,3% possuem sistemas de alerta de eventos hídricos. Dessa forma, existe uma importância da área envolvida e as problemáticas locais também podem direcionar a atenção para a implantação de ações que visem à conservação de um bem público tão importante como a água (Ceconi; Souza; Pereira, 2018).

As bacias hidrográficas são ferramentas úteis e têm sido usadas há décadas para avaliar a poluição e os impactos de curto e longo prazo de fontes difusas de práticas alternativas para os recursos hídricos (Ullrich; Volk, 2009).

Dessa maneira, o modelo de bacia hidrográfica semi-distribuída, pela *Soil and Water Assessment Tool* (*SWAT*), em 2005, representa o impacto de práticas alternativas de gestão na água. Reconhecendo a complexidade da gestão integrada de recursos hídricos, a comunidade de pesquisa tem se esforçado muito para fornecer ferramentas baseadas em modelos. Essas ferramentas visam aumentar a compreensão dos cientistas e gestores de recursos sobre a interação entre processos físicos, químicos, biológicos e socioeconômicos (Borowski; Hare, 2007).

Para isso, modelos de simulação com uso de software são amplamente utilizados por autoridades hídricas em todo o mundo para planejamento e gerenciamento de SAA (Pereira; James; Kularathna, 2005). Durante as últimas duas décadas, a ênfase mudou do desenvolvimento de modelos de simulação de abastecimento de água específicos do local para modelos generalizados, que podem ser aplicados a qualquer configuração de sistema com qualquer forma de regras operacionais. O monitoramento da qualidade da água é também uma ferramenta responsável por avaliações quantitativas da ocorrência e destino de contaminantes conhecidos em corpos d'água e, portanto, facilita o gerenciamento e a remediação dos compostos definidos (Alves; Tereza; Nabout, 2014). Neste sentido, torna-se relevante conhecer a realidade estadual e local.

2.6 Legislação Hídrica no Estado do Pará

Segundo dados do IBGE de 2022, o estado do Pará é o segundo maior em extensão territorial do Brasil, com uma área aproximada de 1.250.000 km², possuía uma população de 8.120.131 habitantes distribuída nos 144 municípios, sendo a população urbana composta por 6,2 milhões de habitantes. Ao longo dos anos, vários tratados e planos estratégicos foram desenvolvidos pelos países sul-americanos inseridos na bacia Amazônica para determinar um acordo buscando o desenvolvimento e o uso racional dos recursos naturais da bacia (Pará, 2021). O Pará está inserido na bacia hidrográfica do Amazonas, que é uma bacia transfronteiriça, ou seja, atravessa o território de oito países: Brasil, Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana, Peru, Venezuela e Suriname, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Localização do Estado do Pará na América do Sul



Fonte:ANA (2022),IBGE(2022) modificado pelo autor 2024

De acordo com ANA (2021), dos 144 municípios, cerca de 74% (106 sedes) possuem sistemas de abastecimento de água com captações exclusivamente subterrâneas, que corresponde a 37% da população urbana do estado (2,3 milhões de habitantes) (ANA, 2021). Existem ainda 25 sedes que usam mananciais exclusivamente superficiais (1,2 milhão de habitantes), enquanto 13 sedes são abastecidas por mananciais mistos (2,7 milhões de habitantes) (ANA, 2021).

A COSANPA é a empresa responsável pelo abastecimento de 53 sedes urbanas no estado do Pará, atendendo uma população de 4,2 milhões de habitantes (ANA, 2021). Outros 77 municípios possuem operadores locais, constituídos de autarquias ou serviços municipais, os demais 14 municípios são operados por concessionárias privadas, a BRK, operando dez sedes, e a AEGEA e HidroForte, cada qual atendendo dois municípios (ANA, 2021).

O estado do Pará possui características específicas como o clima, sendo o tropical úmido, com regime hídrico sazonal constituído por dois períodos: um com intensas chuvas que ocorre nos meses de janeiro a junho e o período de poucas chuvas que acontece nos meses de julho a dezembro. Existe abundância na

disponibilidade de recursos naturais, em especial com relação aos recursos hídricos, possuindo fontes de águas superficiais e subterrâneas, porém há uma relação complexa entre a crescente demanda desse recurso e a sua disponibilidade, necessitando conceber um modelo de gestão adequado para promover o desenvolvimento sustentável localmente (Nobre et al. 1991; Fearnside, 2008; Pará, 2021). Tendo a floresta amazônica como parte majoritária de sua cobertura do solo e que promove benefícios sobre os recursos hídricos, encontrando-se a maior bacia hidrográfica de água doce do país (Pará, 2021).

No tocante ao saneamento básico, crescimento populacional, urbanização e os aspectos socioeconômicos, a cobertura dos serviços de saneamento é desfavorável, uma vez que o estado ocupa a terceira pior situação na região norte, de acordo com dados do relatório do SNIS, publicado em 2022. Cabe, ainda, destacar que existe uma demanda crescente por água devido ao crescimento populacional e à urbanização das cidades no estado (IBGE, 2022). Fator preocupante visto o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,690, que coloca o estado como o quinto menor índice do Brasil, aprofundando a desigualdade no acesso aos serviços, em especial para os mais vulneráveis, o que intensifica as dificuldades e criam condições para limitar ou dificultar o acesso de forma adequada e segura (Tundisi, 2011; Sen, 1999).

Para gerir a demanda referente aos recursos hídricos no estado do Pará, criou-se, em 1988, a Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente (SECTAM), a qual executava essa gestão por meio do núcleo de hidrometeorologia (Pará, 1988). Por meio da Lei nº 5.752 de 1993, o órgão foi reorganizado, passando a ter a denominação de Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA) (Pará, 1993).

A Lei Federal nº 9.433 de 1997, colaborou conjuntamente para o arcabouço legal da Lei nº 6.381 de 2001, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH) e instituiu o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRH) (Brasil, 1997). O qual faz uma análise da gestão dos recursos hídricos no Estado do Pará, considerando a implementação dos instrumentos previstos nas legislações vigentes até o ano de 2023.

Dessa forma, a Lei nº 6.381 de 2001, considera a água como sendo um bem escasso, por ser limitada, finita, vulnerável e de valor econômico, mas sob a característica de ser um recurso comum a todos (Pará, 2001). O reconhecimento

do valor econômico da água é indutor de seu uso ótimo, dado que serve de base à instituição da cobrança pela sua utilização, sendo assim, a água é essencial para a manutenção da vida, do meio ambiente e para o desenvolvimento da sociedade (Pará, 2001). Devido à sua importância, é preciso planejar o uso, pensando em garantir recursos hídricos em quantidade e qualidade adequadas para as gerações atuais e futuras e com esse objetivo foi desenvolvido o Plano Estadual de Recursos Hídricos (Pará, 2001).

Com base na Resolução nº 30 de 2002 do CNRH e na Resolução nº 32 de 2003 do CNRH, que delimitaram e deram codificação para as bacias hidrográficas do estado do Pará (Brasil, 2002). Com o objetivo de subsidiar o SINGREH e a gestão dos recursos hídricos no âmbito estadual, em particular para a elaboração do plano estadual de recursos hídricos e do sistema de gerenciamento de recursos hídricos (SIGRH) do estado do Pará. Foram estabelecidas sete macrorregiões hidrográficas, sendo compostas por: Costa Atlântica-Nordeste, Tocantins-Araguaia, Xingu, Portel-Marajó, Tapajós, Baixo Amazonas e Calha Norte (Pará, 2001).

A bacia hidrográfica é composta por um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultarem em um Leito único no seu exutório (Tucci, 1997). As sete macrorregiões hidrográficas são subdivididas em 26 Unidades Hidrográficas de Planejamento (UHP), sendo que a região hidrográfica Costa Atlântica-Nordeste possui seis UHP, na qual a Costa Atlântica ocupa 9,5% da área total do estado possuindo aproximadamente 118.683,23 km² englobando 48 municípios, entre eles: o município de Castanhal (Pará, 2012).

A maioria das bacias hidrográficas carece de monitoramento adequado ou possui dados limitados e desatualizados, comprometendo a qualidade e a quantidade das informações disponíveis (Smith; Marshall; Sharma, 2014). Essa situação é especialmente prevalente em países em desenvolvimento (Zamoum; Souag-Gamane, 2019). Um marco significativo ocorreu em 1970 com a criação da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) por meio da Lei Estadual nº 4.336, estabelecendo-a como uma sociedade de economia mista com a responsabilidade de fornecer serviços de abastecimento de água e esgoto sanitário no estado do Pará.

A Constituição Estadual do Pará foi sancionada em 1989, destacando em seu Art. 252 a proteção e a melhoria do meio ambiente de qualquer natureza, seja

ela política, programa ou projeto, público ou privado, nas áreas do Estado (Pará, 1989). O Art. 253 assegura a participação popular em todas as decisões relacionadas ao meio ambiente e o direito à informação sobre essa matéria (Pará, 1989). No entanto, em seu Art. 255, determina que compete ao Estado a defesa, conservação, preservação e controle do meio ambiente, com destaque para o inciso II – zelar pelas áreas de preservação dos corpos aquáticos, principalmente, as nascentes, inclusive os “olhos d’água”, cuja ocupação só se fará na forma da Lei, mediante estudos de impactos ambientais” (PARÁ, 1989, Art. 225, inciso II).

De acordo com a Lei nº 5.630 de 1990, a qual estabeleceu as normas para a preservação de áreas dos corpos aquáticos, principalmente as nascentes, inclusive os "olhos d’água" em seu Art. 255, inciso II da Constituição Estadual (Pará, 1989). Assegurando a preservação dos corpos d’água por meio do plantio ou manutenção de mata ciliar, devendo ser protegidos contra o carreamento de adubos e biocidas. A Lei Estadual nº 5.796 de 1994, que regulava o Capítulo IV da Constituição do Estado do Pará, instituiu a política minerária e hídrica, atrelando o uso minerário como prioritário aos recursos hídricos, inclusive mencionando nos objetivos apenas demandas do setor, não entrando em questões referentes ao direito do cidadão à água em qualidade e quantidade suficientes à manutenção da sadia qualidade de vida, preceitos da Constituição de 1988.

No caso da Lei nº 5.882 de 1994, que trata em seu Art. 1º da obrigação dos responsáveis dos reservatórios prediais pela higienização e desinfecção dos mesmos para o consumo humano, bem como manter a sua conservação e realizar o controle sanitário dessa água, a higienização e desinfecção dos reservatórios deve ser preventiva, sendo obrigatória a execução periódica de quatro em quatro meses e o controle sanitário deve ser feito mensalmente, com a análise bacteriológica feita uma vez a cada 30 dias (Pará, 1994).

A Lei nº 5.807 de 1994 em seu Art. 1º, criou o conselho de política minerária e hídrica do Estado do Pará, independente e harmônico em relação aos demais órgãos estaduais, vinculado à Secretaria de Estado Indústria, Comércio e Mineração (SEICOM) do Estado do Pará (Pará, 1994). O conselho era um órgão consultivo que tinha como objetivo o acompanhamento, a avaliação, o controle e fiscalização de toda e qualquer atividade relacionada à mineração e ao aproveitamento de recursos hídricos em território paraense.

No estado do Pará, a Lei nº 5.887 de 1995, foi conhecida como a Política Estadual do Meio Ambiente (PEMA), a qual dispõe de um conjunto de princípios, objetivos, instrumentos de ação, medidas e diretrizes fixadas, com o objetivo de preservar, conservar, proteger, defender o meio ambiente natural e melhorar o meio ambiente antrópico, artificial e do trabalho, atendidas as peculiaridades regionais e locais, em harmonia com o desenvolvimento econômico-social, visando assegurar a qualidade ambiental propícia à vida (Pará, 1995).

A Lei nº 6.381 de 2001, dispunha sobre a PERH do Pará e instituiu o SEGRH e deu outras providências, com destaque para o Art. 2º que trata dos objetivos da PERH, e que em seus incisos I - assegura à atual e às futuras gerações a disponibilidade dos recursos hídricos, na medida de suas necessidades e em padrões qualitativos e quantitativos adequados aos respectivos usos; II - o aproveitamento racional e integrado dos recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável; III - a proteção das bacias hidrográficas contra ações que possam comprometer o seu usoatuale futuro; IV - o controle do uso dos recursos hídricos; V - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrente do uso inadequado dos recursos naturais.

Vale destacar também que no Art. 4º da referida Lei, são considerados instrumentos da PERH os incisos, I - os Planos de Recursos Hídricos; II - o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes; III - a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; IV - a cobrança pelo uso de recursos hídricos; V - a compensação aos Municípios; VI - o Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos; VII – a capacitação, desenvolvimento tecnológico e educação ambiental.

O Art. 41º da referida Lei criou o SEGRH do Pará, com os seguintes objetivos: I - coordenar a gestão integrada dos recursos hídricos; II - arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos; III - implementar a Política Estadual de Recursos Hídricos; IV - planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos; V – promover a cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

A Resolução nº 004 de 2008 do CERH, dispõe sobre a divisão do estado em regiões hidrográficas e dá outras providências. Adotando, para efeito de codificação das bacias hidrográficas no âmbito estadual, a metodologia de Otto Pfafstetter

(1989) que desenvolveu um método de subdivisão e codificação de bacias hidrográficas, utilizando dez algarismos, diretamente relacionados com a área de drenagem dos cursos d'água; em conformidade com a Resolução nº 30 de 2002 do CNRH. Nesse mesmo ano, o Decreto nº 1.367 de 2008 foi publicado para apurar as infrações às normas de utilização dos recursos hídricos superficiais, meteóricos e subterrâneos, emergentes ou em depósito.

Em 26 de Abril de 2012 foi publicada a Instrução Normativa nº 02 da SEMA no Pará, a qual dispõe sobre procedimentos para protocolo de processos de licenciamento ambiental que dependem de outorga preventiva ou outorga de direito de uso de recursos hídricos (Pará, 2012). Nesse mesmo ano foi publicada também a Lei nº 7.703 de 2013, que dispõe sobre a inserção de informações de como evitar o desperdício de água nas faturas de consumo de água e foi publicado ainda o Decreto nº 886 de 2013 o qual declara a adesão do Estado do Pará ao Pacto Nacional pela Gestão das Águas (Pará, 2013).

O Decreto nº 1.076 de 2014 instituiu, no âmbito do estado do Pará, os comitês gestor e operacional do programa nacional de universalização do acesso e uso da água, intitulado "ÁGUA PARA TODOS" (Pará, 2014). O qual foi alterado pelo Decreto nº 2.181 de 2022. Nesse mesmo ano, foi sancionada a Instrução Normativa nº 03 de 2014 da SEMA, que discorre sobre os procedimentos administrativos para o protocolo de processos de solicitação de outorga preventiva, outorga de direito, renovação e dispensa de outorga, no âmbito do Estado do Pará (Pará, 2014).

No entanto, em 2015, foi publicado o Decreto nº 1.242 que Instituiu o Procedimento de Manifestação de Interesse (PMI) em projetos de concessão comum de obras e serviços públicos, permitindo na prestação de serviços público a parceria público-privada, em âmbito estadual. A Resolução nº 16 de 2018 do CERH, estabeleceu diretrizes para a formação e funcionamento dos Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH), no Estado do Pará (Pará, 2018). Os CBH, que são partes integrantes do SEGRH, sendo instituídos, organizados e tendo seu funcionamento em conformidade com o disposto nos Arts. 48 a 53, da Lei estadual nº 6.381 de 2001.

O Decreto nº 288 de 2019 instituiu o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Marapanim (CBHRM). Nesse mesmo ano, a Instrução Normativa nº 08 de 2019 da SEMA, dispôs sobre a solicitação de regularização do uso de recursos hídricos no

SIGERH do estado do Pará. Contudo, a Instrução Normativa nº 1 de 2021, de 28 de outubro de 2021, estabeleceu procedimentos e critérios para o requerimento e concessão de outorga de direito de uso, outorga preventiva, dispensa de outorga de uso de recursos hídricos e autorização para perfuração de poços no Estado do Pará. O Quadro 5 agrupa de forma simplificada os atos relacionados com água no Estado.

Quadro 5 – Atos Legislativos Relacionados com a Água no Estado do Pará

Legislação Estadual–Ano	Finalidade
Lei nº 4.336 de 21/12/1970	Criação da COSANPA como uma sociedade de economia mista.
Constituição Estadual do Pará de 05/10/1989, Art. 252, 253 e 225	Zela pelas áreas de preservação dos corpos aquáticos principalmente as nascentes, cuja ocupação só se fará na forma da Lei, mediante estudos de impactos ambientais.
Lei nº 5.630 de 20/12/1990	Estabelece normas para a preservação de áreas dos corpos aquáticos principalmente as nascentes dos rios.
Lei nº 5.796 de 04/01/1994	Define a Política Mineraria e Hídrica do Estado do Pará seus objetivos, diretrizes e instrumentos. Revogada pela Lei nº 6.381 de 2001. Publicado no Diário Oficial do Estado (DOE) nº 29.507 de 27/07/2001.
Lei nº 5.882 de 21/12/1994, Art.1º e Art. 6º	Institui a obrigatoriedade da higienização e desinfecção dos reservatórios prediais de água destinada ao consumo humano; a classificação quanto ao seu uso e dá outras providências.
Lei nº 5.807 de 24/01/1994	Cria o Conselho Consultivo da Política Mineraria e Hídrica do Estado do Pará.
Lei nº 5.887 de 09/05/1995.	Dispõe sobre a PEMA e dá outras providências, Alterada pela Lei nº 9.575 de 2022.
Lei nº 6.381 de 25/07/2001.	Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e instituí o SIGRH
Lei nº 6.710 de 14/01/2005	Dispõe sobre a competência do Estado do Pará para acompanhar e fiscalizar a exploração de recursos hídricos e minerais e as receitas não-tributárias geradas. Regulamentado pelo Decreto nº 1.567 de 30/03/2005.
Resolução nº 004 de 03/09/2008	Dividiu o estado do Pará em 7 Macrorregiões Hidrográficas (MRHs).
Decreto nº1.367 de 29/10/2008	Dispõe sobre o Processo Administrativo para apuração das infrações às normas de utilização dos recursos hídricos superficiais, meteóricos e subterrâneos, emergentes ou em depósito.
Instrução Normativa SEMAS nº 02 de 25/04/2012	Revoga a Instrução Normativa nº10 de 28/06/2011.Dispõe sobre procedimentos para protocolo de processos de licenciamento ambiental que dependem de Outorga Preventiva ou Outorga de direito de Uso de Recursos Hídricos.
Lei nº 7.731 de 20/09/2013	Dispõe sobre a Política Estadual de Saneamento Básico e dá outras providências. Alterada pela Lei nº 9.927 de 2023.
Lei nº 7.703 de 20/09/2013	Dispõe sobre a inserção de informações de como evitar o desperdício de água nas faturas de consumo de água.
Decreto nº 886 de 31/10/2013	Declara à adesão do Estado do Pará ao Pacto Nacional pela Gestão das Águas, de acordo com os Termos estabelecidos pela Resolução ANA Nº 379 de 21/03/2013.
Decreto nº 1.076 de 24/06/2014	Institui no âmbito do Pará, osComitês Gestor e Operacional do Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Água "Água para Todos". Alterado pelo Decreto nº 2.181 de 2022.
Instrução Normativa SEMAS nº 03 de 26/03/2014	Dispõe sobre procedimentos administrativos específicos para protocolo de processos de solicitação de Outorga Preventiva, Outorga de direito, Renovação e Dispensa de Outorga no âmbito do estado do Pará.
Decreto nº 1.242 de 16/03/2015	Institui o Procedimento de Manifestação de Interesse (PMI) em projetos de concessão com obras e serviços públicos, além da parceria público-privada, em âmbito estadual. Alterado pelo Decreto nº 976 de 2020.
Instrução Normativa SEMAS nº 01 de 15/05/2015	Dispõe sobre a inscrição no CERH/PA e da outras providencias.
Resolução nº 16/2018 do CERH	Estabelece diretrizes para a formação e funcionamento dos Comitês de Bacias Hidrográficas no âmbito do estado.
Decreto nº 288 de 03/09/019	Institui o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Marapanim (CBHRM), composto por doze municípios (PARÁ, 2019a).

(Continua...)

(Conclusão)

Legislação Estadual/Ano	Finalidade
Instrução Normativa SEMAS nº 01 de 28/10/2021	Estabelece procedimentos e critérios para o requerimento e concessão de outorga de direito de uso, outorga preventiva, dispensa de outorga de uso de recursos hídricos e autorização para perfuração de poços no Estado do Pará.
Decreto nº 2.181 de 17/02/2022	Altera o Decreto Estadual nº 1.076, de 24/06/2014, que institui, no âmbito do Estado do Pará, os Comitês Gestor e Operacional do Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Água — "ÁGUA PARA TODOS".

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Vale destacar no Quadro 5 a Lei Estadual nº 4.336, de 21 de dezembro de 1970 que criou a COSANPA, como uma sociedade de economia mista e que atua na prestação dos serviços de abastecimento de água na maioria dos municípios do estado. Além disso, a Lei Estadual nº 6.381 de 25 de julho de 2001 que estabeleceu a PERH no Pará e instituiu o SEGRH, embora esse sistema existente, ainda seja pouco utilizado pelos responsáveis nos municípios do estado.

O Decreto nº 2.181 de 17 de fevereiro de 2022, também é um instrumento relevante, diante da instituição dos comitês gestor e operacional do programa nacional de universalização do acesso e uso da água denominado de “ÁGUA PARA TODOS”, muito embora essa água não seja fornecida para todos os habitantes no estado do Pará.

O cenário da realidade do abastecimento e o acesso à água no Pará por parte da sociedade necessita de melhorias imediatas, diante dos resultados obtidos ao longo dos anos. Tendo como necessidade indispensável o desenvolvimento de pesquisas nessa região para promover mudanças nessa situação, com uso de recursos, ferramentas e instrumentos que possam aperfeiçoar o sistema local colaborando com as políticas públicas, baseadas na legislação vigente, para fomentar melhorias nas condições de vida da população local, na sequência são apresentados dados e informações sobre a realidade hídrica no município de Castanhal/PA.

2.6.1 A questão hídrica no município de Castanhal/PA

O município de Castanhal encontra-se posicionado na Mesorregião da Região Metropolitana de Belém e na Microrregião de Castanhal, possuindo uma área territorial de 1.029,300 km² e 192.256 habitantes (IBGE, 2022) e densidade demográfica de 186,78 (hab./km²), em uma altitude de 41 metros acima do nível do Mar. Localiza-se a uma latitude -1,29389 graus e decimais de graus e a uma longitude -47,92639 graus e decimais de graus, estando situado no estado do Pará e compondo a região norte do Brasil (Castanhal, 2019). De acordo com as informações apresentadas na Tabela 1.

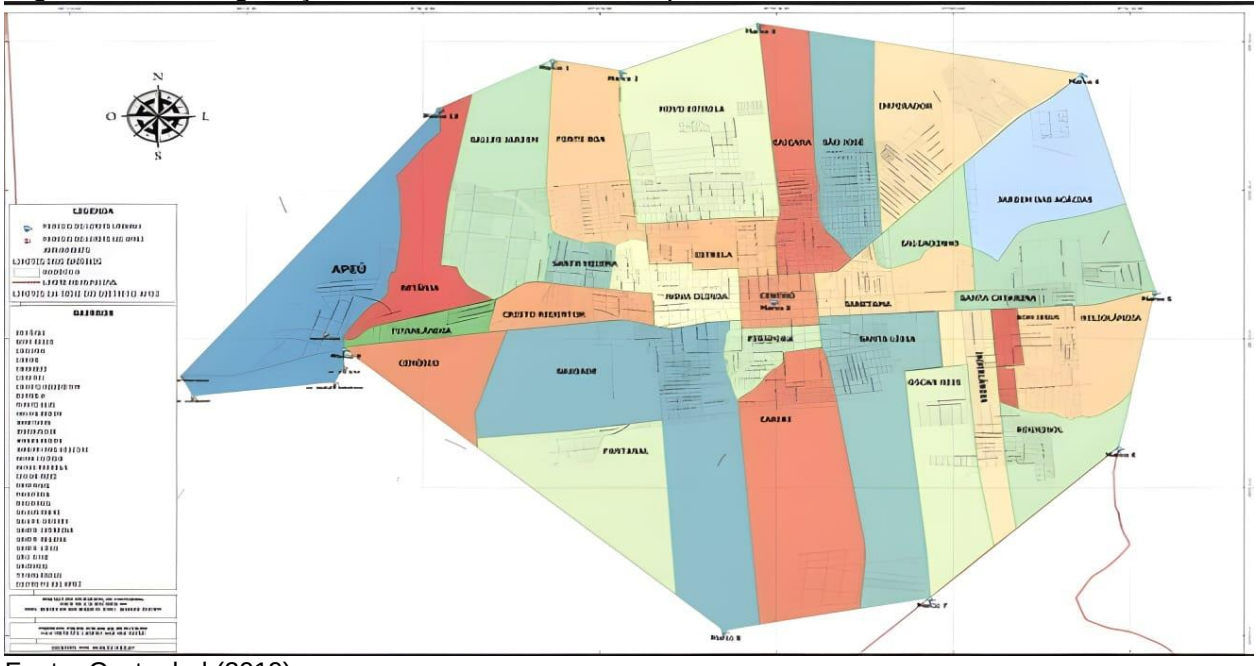
Tabela 1 – Informações sobre o Município de Castanhal/Pará/Brasil

INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS DE CASTANHAL	
Microrregião Pertencente	Castanhal
Área Territorial do Município (IBGE 2022)	1.029,300 (Km²)
População do Município (IBGE2022)	192.256 habitantes
Densidade Demográfica (IBGE2022)	186, 78 (habitantes/Km²)
Altitude	41 metros
Latitude	- 1,29389 graus e decimais de graus
Longitude	- 47,92639 graus e decimais de graus
População Estimada (IBGE,2021)	205.667 (habitantes)
Índice de Des.Humano Municipal (IDHM)	0,673 (2010)

Fonte: Adaptado de Castanhal (2019).

Segundo dado do IBGE em 2022, a população do município de Castanhal era formada por aproximadamente 89% (154.102) de habitantes que residem na zona urbana e 11% (19.046) de habitantes que residiam na zona rural. A estrutura urbana do município de Castanhal é simplificada, com apenas uma área central bem definida, com a concentração de comércio e serviços, para onde os fluxos convergem, apesar da existência de pequenos centros comerciais, nos distritos de Apeú e Jaderlândia. De acordo com Castanhal (2019), a área urbana do município está dividida em 27 bairros, sendo que para esta pesquisa apenas o bairro do Apeú foi considerado, e está destacado na cor azul com a tonalidade mais intensa, localizado ao lado esquerdo do mapa, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Configuração dos Bairros no Município de Castanhal/PA



Fonte: Castanhal (2019).

O município possui como rio principal o Inhangapi, que faz limite com o município de Inhangapi. Sendo o afluente mais importante o rio Apeú que nasce à noroeste da sede do município (Castanhal, 2019). Na área urbana, existem 60 poços que fazem a captação de água subterrânea para a cidade, sendo que 46 deles são de aquífero freático e 14 do aquífero artesiano. Essa informação representa elevado grau de vulnerabilidade da qualidade da água para o fornecimento à população (Souza; Pereira, 2022). Com relação aos aspectos legais e documentais técnicos locais relacionados com a questão hídrica no município de Castanhal, vale destacar que um conjunto de trabalhos, leis, decretos, instruções normativas, relatórios, planos, programas e diagnósticos compõem a pesquisa e são apresentados de forma cronológica.

O ano de 1977 foi marcado pelo ato do prefeito em exercício Almir Tavares Filho, o qual sancionou a Lei nº 032 de 1977 que autorizava o prefeito a conceder à COSANPA a execução e exploração dos serviços de abastecimento de água e esgoto sanitário no município de Castanhal (Castanhal, 1977). Esses serviços são realizados por meio de contrato na prestação dos serviços. Esta mesma lei dispõe sobre a extinção do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), no município.

Em 06 de junho de 2011 foi sancionada a Lei municipal nº 021 de 2011 que autoriza o município de Castanhal a celebrar convênio de cooperação com o estado do Pará entre outras providências (Castanhal, 2011). Ficando o município como titular dos serviços de abastecimento de água, considerando o disposto no artigo 241 da CF e no artigo 15, no inciso I, da Lei federal nº 11.445 de 2007. Nesse mesmo ano também foi sancionada a Lei Municipal nº 034 de 2011, que dispõe sobre a Política Municipal de Saneamento Básico de Castanhal com a criação do seu Conselho Municipal de Saneamento (CMS).

Posteriormente, no dia 25 de agosto de 2017, foi sancionada a Lei Municipal nº 019 de 2017 que dispõe sobre a realização de coleta de amostras de águas de reservatórios das escolas, creches e unidades de saúde do município de Castanhal (Castanhal, 2017). Na qual em seu Art. 1º obriga o poder executivo a realizar semestralmente a coleta de amostras e análises de águas dos locais mencionados. Sendo que os resultados das análises devem ser publicados e tomadas as providencias necessárias, nos casos em que for constatado que a água não obedece ao padrão de potabilidade e que possa oferecer risco à saúde.

Em 12 de dezembro de 2017 foi instituído e inserido no calendário de eventos do município pela Lei nº 036 de 2017, a semana de preservação dos mananciais hídricos na cidade, que em seu Art. 1º Instituiu a ser comemorada na terceira semana de março (Castanhal, 2017), com a finalidade de promover o desenvolvimento de atividades, campanhas e projetos de divulgação e incentivo sobre a importância da preservação dos mananciais hídricos do Município. Além disso, no ano de 2018 foi instituído e inserido no calendário local pela Lei nº 026 de 2018, o Dia Municipal de Proteção ao Rio Apeú a ser comemorado no dia 06 de julho de cada ano (Castanhal, 2018). Este evento tem como finalidade incentivar, promover a consciência sobre a importância de se preservar o Rio Apeú, além de desenvolver atividades e campanhas em prol de sua defesa.

No dia 30 de dezembro de 2019 foi sancionada a Lei nº 055 que dispõe sobre a revisão dos eixos de abastecimento de água, esgotamento sanitário e na elaboração dos eixos de drenagem urbana e manejo de águas pluviais, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos do Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Castanhal (Castanhal, 2019), o qual em seu parágrafo único do Art. 1º objetiva promover a universalização dos serviços públicos municipais de saneamento básico local, mediante o estabelecimento de metas e ações programadas que devem ser executadas em período de 20 anos.

Destaca-se, entre os documentos publicados, a Lei nº 032 de 1977 a qual autorizou a COSANPA à prestação dos serviços de abastecimento de água para o município de Castanhal. Outra legislação relevante foi a Lei nº 034 de 2011 que culminou na elaboração de uma Política Municipal de Saneamento Básico e a criação do CMS, embora possa ser considerada um avanço a política, as informações contidas no plano sobre o abastecimento de água são resumidas e generalistas, não promovendo os benefícios desejados, além da atuação descontínua do Conselho de Saneamento e a Lei nº 055 de 2019 que revisou o eixo de abastecimento de água do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de Castanhal. O Quadro 6 congrega os atos legislativos municipais relacionados com a questão hídrica que foram publicados no âmbito do município de Castanhal/PA.

Quadro 6 – Legislação Hídrica do Município de Castanhal/PA

Legislação/Ano	Finalidade
Lei nº 032/1977	Concede a COSANPA a execução e exploração dos serviços de abastecimento de água e de esgoto sanitário no município.
Lei nº 021/2011	Autoriza o município de Castanhal a celebrar convênio de cooperação com o estado do Pará.
Lei nº 034/2011	Dispõe sobre a Política Municipal de Saneamento Básico de Castanhal com a criação do Conselho Municipal de Saneamento.
Lei nº 019/2017	Dispõe sobre a realização de coleta de amostras de águas de reservatórios das escolas, creches e unidades de saúde no município de Castanhal.
Lei nº 036/2017	Instituído e inserido no calendário de eventos do município a semana de Preservação dos mananciais hídricos na cidade de Castanhal.
Lei nº 026/2018	Instituído e inserido no calendário local o dia municipal de proteção ao Rio Apeú a ser comemorado no dia 06 de julho de cada ano.
Lei nº 055/2019	Dispõe sobre a revisão dos eixos de abastecimento de água, esgotamento sanitário e na elaboração dos eixos de drenagem urbana e manejo de águas pluviais, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos do Plano Municipal de Saneamento Básico do município de Castanhal.
Lei nº 013/23	Regulamentou o instituto das parcerias público-privado no município de Castanhal.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Um SAA, tem como início o processo de captação da água bruta com a escolha do aquífero, que pode ser feito por manancial superficial e/ou subterrâneo. Em seguida, deve ser realizado o tratamento adequado da água com técnicas específicas para retirar as impurezas e torná-la potável, posteriormente, a água tratada deve ser distribuída para os consumidores, em quantidade, qualidade e regularidade suficiente para suprir suas necessidades básicas, seja para o consumo humano ou para qualquer outra atividade desejada (Castanhal, 2019).

Os dados do SNIS (2022) informam que o atendimento total de água no município de Castanhal foi de 26,31%, para uma população de 192.256 habitantes, sendo o consumo médio de água de aproximadamente 151 l/hab/dia, com perdas na distribuição de 37,05% e a tarifa média cobrada pela prestadora de serviços de água foi de 4,18 R$/$m^3$. Havendo a necessidade imediata de mudanças, em virtude do atendimento alcançar em média 50.582 habitantes, essa transformação torna-se essencial com um conjunto de fatores, seja no tipo de prestação de serviços, modelo de gestão, investimentos para melhoria e expansão do SAA, com uso de ferramentas de gestão de modo a atender a demanda cada vez crescente de água por parte da população, além de promover o atendimento adequado, viabilizar melhores condições de vida, proporcionar desenvolvimento socioeconômico-ambiental equitativo e oportunizar a sustentabilidade do SAA (Souza; Pereira, 2022).

O Sistema de Abastecimento de Água Urbano (SSAU) no município é realizado por captação de manancial subterrâneo, composto por poços tubulares rasos e profundos. Sendo que existem 14 microssistemas, sendo onze deles integrados e três isolados que atendem a 54% da população do município, que utilizam o manancial subterrâneo para o fornecimento da água para a população local. Dessas unidades, onze atendem a área central, duas atendem áreas periféricas e uma está fora dos limites urbanos, e atende ao distrito de Apeú. A captação da água é subterrânea em poços rasos (freáticos), com profundidade variando entre 18 e 22 metros, e com poços profundos, com profundidades que variam entre 70 e 200 metros.

Essa situação torna-se evidente, conforme apresentado na Tabela 2 a qual expõe uma realidade preocupante em virtude da existência de apenas duas Estações de Tratamento de Água dentre os 14 microssistemas existentes, ou seja, não há garantia de que a água consumida pela população local esteja adequada, conforme preconiza os padrões de potabilidade da água, vale destacar também que essas duas estações são do tipo desferrização, com aerador e unidade de filtração, e estão em operação em sistemas isolados.

Tabela 2 – Sistema de Abastecimento de Água de Castanhal/PA

Sistemas	Microssistemas	Poços Rasos	Poços Profundos	ETA
Integrado	Usina	13	1	Não
	Comandante Assis/ Coronel Leal	8	1	Não
	Milagre	-	2	Não
	Salgado Grande	Desativado	Desativado	Desativado
	Pirapora	-	1	Não
	Caiçara	13	-	Não
	Santa Helena	-	1	Não
	Imperador	Desativado	Desativado	Desativado
	Ianetama	-	1	Não
	Cristo Redentor	-	1	Não
	COHAB	12	1	Não
Isolado	Jaderlândia	-	3	Desferrização
	Titanlândia	-	1	Não
	Apeú	-	1	Desferrização

Fonte: Castanhal (2011).

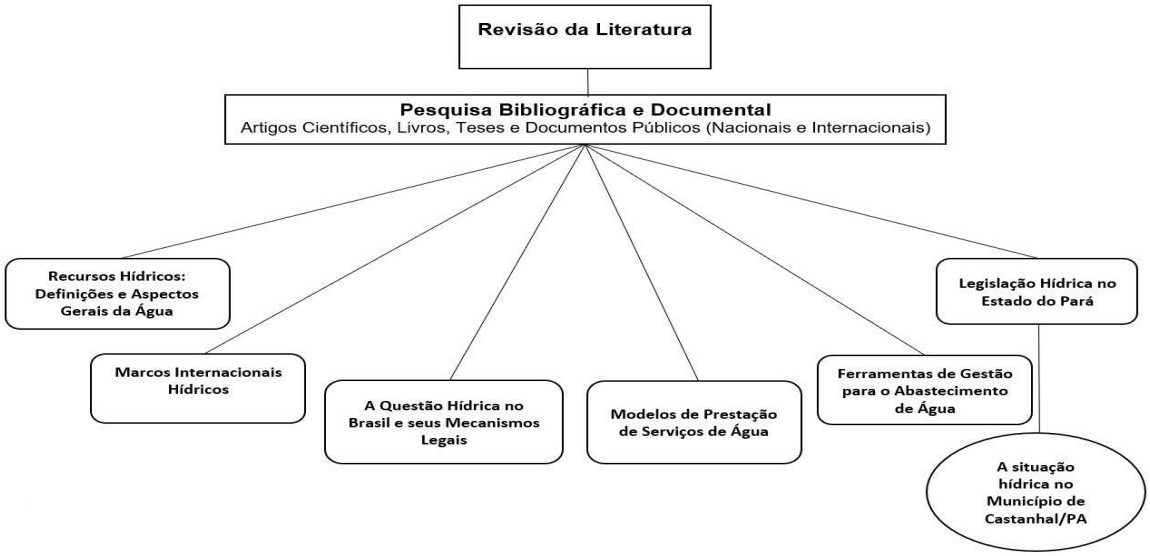
Ressalta-se ainda que o Microssistema do Apeú possui um sistema isolado com a presença de captação de água por meio de um poço profundo, tendo uma Estação de Tratamento de Água (ETA) que faz somente o tratamento da desferrização, ou seja, faz a retirada das altas concentrações de ferro da água que são fornecidas a população, sem adição de nenhum tratamento complementar para inativar possíveis patógenos. Representando um possível risco sanitário e de saúde em virtude de

possíveis presenças de microrganismos que podem causar doenças às pessoas que consomem e utilizam a água em suas atividades diárias.

A adoção do consumo consciente de água, a preservação das nascentes, a regulamentação hídrica e o envolvimento da comunidade nas decisões poderiam impulsionar uma transformação na realidade dos moradores locais. Essas ações poderiam assegurar a sustentabilidade da gestão dos recursos hídricos com medidas práticas, contribuindo para prevenir a degradação ambiental e aprimorar o atendimento às necessidades das comunidades (Veiga, 2009; Rebouças, 2002).

Segundo dados do SNIS, no ano de 2022, registrou-se o atendimento de 50.582 habitantes, ou seja, 26,31%, sendo um resultado inferior ao estabelecido na projeção do Plano Municipal de Saneamento Básico do Município elaborado em 2011 que projetava um atendimento de 152.606 habitantes. A diferença existente evidencia que as ações no setor do SAA estão distante do planejamento concebido anteriormente e ainda mais com o crescimento da população da área urbana de Castanhal (SNIS, 2022). O cenário remete à necessidade de implementação de mecanismos com a implantação de ferramentas e instrumentos adequados para a gestão dos recursos hídricos (Lopes; Freitas, 2007). Sendo que a gestão hídrica, requer uma série de ações que envolvam o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos. A Figura 3 apresenta os elementos que compõem o desenho no gráfico com o tópico e seus subtópicos sobre as relações da água potável no Brasil e no Pará e seus mecanismos legais.

Figura 3 – Recorte com os Tópicos da Etapa I da Revisão da Literatura



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

A finalidade deste capitulo foi alcançada pelas discussões sobre os termos apresentados com a representação ilustrativa da Figura 3, na qual é possível visualizar o percurso concebido diante da revisão da literatura com o conjunto de documentos utilizados para a realização da pesquisa bibliográfica e documental. Considerando nesse cenário os pontos críticos e os desafios sobre os recursos hídricos que necessitam de uma gestão eficaz para a água, sendo essencial a implementação da GIRH, com o objetivo de solucionar os problemas identificados e distribuir a água e os benefícios aos que necessitam dela (United Nations, 2018).

Os eventos internacionais de certa forma colaboram para a promoção de mudanças desse cenário em especial a introdução do conceito de "água segura", delineado no Relatório de Brundtland de 1987, que destacou a relevância do reconhecimento do acesso à água potável. Esse princípio foi abordado no primeiro Fórum Mundial da Água, realizado em Marrakesh, Marrocos, em 1997. Como resultado, o Conselho de Direitos Humanos da ONU, posteriormente, reconheceu o acesso à água como um direito fundamental em 2010/2011. Esses eventos marcam avanços sociais e transformações significativas na gestão da água, visando promover o desenvolvimento sustentável nas comunidades.

O conjunto de leis e documentos existentes possuem objetivos específicos que regulamentam e definem os limites e progressos da legislação brasileira no âmbito nacional. Destacando-se a PNRH de 1997, que estabeleceu prioridades para o uso da água, como o abastecimento para consumo humano e a dessedentação de animais, além de introduzir seis instrumentos para facilitar a gestão hídrica no Brasil. Outras legislações relevantes são a Portaria nº 2.914/2011 do MS, que estruturou os procedimentos de controle e segurança da qualidade da água destinada ao consumo humano. Assim como a Resolução nº 232/2022 do CNRH que aprovou o plano nacional de recursos hídricos até 2040, com a participação de representantes de todos os estados brasileiros, demosntrando um avanço significativo em direção ao desenvolvimento sustentável e à melhoria socioeconômica e ambiental da sociedade brasileira.

Embora existam progressos, os desafios são consideráveis para garantir o acesso à água a todas as pessoas no futuro. Tornando-se cada vez mais evidente diante da crescente demanda dos setores industrial, comercial, agropecuário e das comunidades urbanas e rurais que contribuem para a poluição e contaminação do recursos hídricos, influenciados pelos modelos de gestão e prestação de serviços tradicionais de cada local.

Em resumo, em nível local atenta-se para a influência da Lei Estadual nº 6.381 de 2001, a qual estabeleceu a PERH no Pará que regulamenta e apresenta diretrizes para a questão os recursos hídricos. Além do Decreto nº 2.181 de 2022, que instituiu os comitês para o programa "Água para Todos", embora a água não seja universalmente acessível para todos no estado. O abastecimento e o acesso à água no Pará precisam de melhorias urgentes. Sendo imperioso o desenvolvimento de pesquisas e uso de recursos e ferramentas disponíveis para aprimorar e modernizar o sistema local e apoiar políticas públicas, visando melhorar as condições de vida da população local.

3 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

A segunda etapa compreende sete tópicos, partindo da definição do termo indicador(es). Em seguida, são descritas as características básicas dos indicadores, a posterior apresenta-se a origem e conceitos de sustentabilidade, em sequência são abordadas as dimensões da sustentabilidade, em sucessão estabelece-se as definições dos indicadores de sustentabilidade, logo depois destaca-se a evolução dos modelos de indicadores de sustentabilidade e, por fim, o uso desses indicadores para a gestão da água. Esses tópicos em conjunto contribuem para o encadeamento claro, objetivo e sistematizado desse capítulo

Dentro do propósito teórico do segundo tópico, é abordado o termo sustentabilidade, no qual se fez a opção de transitar por meio de uma exposição cronológica com a origem e os avanços do conceito ao longo do tempo, de acordo com as referências obtidas, possuindo contribuições significativas de estudos que tratam sobre as dimensões que compõem a sustentabilidade. Na sequência, é apresentada a definição e as particularidades dos indicadores de sustentabilidade, que cooperam significativamente para a compreensão e as relações existentes entre o conjunto de informações obtidos. Por fim, dentro deste terceiro tópico foi descrita a evolução, os modelos e as aplicações com os estudos que utilizam indicadores de sustentabilidade para gerir a água potável em comunidades urbanas.

3.1 Definição de Indicador(es)

De acordo o autor Holling (1978), um indicador é uma forma utilizada para sintetizar uma quantidade expressiva de dados disponíveis, agrupando de forma simples a essência dos aspectos selecionados que se pretende descobrir. Nesse mesmo sentido McQueen e Noak (1988) apresentam que um indicador é como uma medida que resume informações relevantes de um fenômeno particular ou específico. Para a *Organization for Economic Co-operation and Development* (OECD), o indicador

deve ser entendido como um parâmetro que pode influenciar o comportamento sobre algo e que fornece informações sobre o estado de um determinado fenômeno (OECD, 1993). Um indicador deve inicialmente referir-se aos elementos relativos à sustentabilidade de um sistema (Camino; Muller, 1993).

Os indicadores devem ser visualizados a partir de suas funções, que são: avaliar condições e tendências, efetuar a comparação entre lugares e situações, avaliar condições e tendências em relação às metas e objetivos, prover informações de advertência e antecipar futuras condições e tendências (Turstall, 1992). Neste sentido, os indicadores têm uma importante função de comunicar ou informar sobre a situação de conformidade e de direcionamento para uma determinada meta ou ação, mas também podem ser entendidos como uma tendência ou fenômeno, que não esteja sendo notada (Hammond *et al*., 1995).

Segundo Mitchell (1996), os indicadores podem ser usados como uma ferramenta para obter informações sobre uma determinada realidade por meio da coleta de elementos percebidos. Para Meadows (1998), os indicadores devem emergir das especificidades da comunidade, principalmente dos valores baseados na cultura e nas experiências vividas pela população local. Conforme a ONU, os indicadores devem ser utilizados para colaborar com todas as partes envolvidas, seja para avaliar a eficiência e eficácia das políticas públicas adotadas pelos agentes do poder público, em conjunto com os interesses dos cidadãos, estejam eles organizados ou não, tornando-se instrumento de cidadania, pois eles podem informar o estado do meio ambiente e da qualidade de vida (Câmara, 2002). Dessa forma, para ser útil, um indicador deve permitir uma explicação simples, objetiva e clara das razões das mudanças em seu valor ao longo do tempo (Cole, 2002).

Segundo a *European Environment Agency* (EEA), indicador é uma “medida, geralmente quantitativa, que pode ser usada para ilustrar e comunicar, de forma simples, fenômenos complexos, incluindo tendências e progresso ao longo do tempo” (EEA, 2005, p. 7). Os métodos usados para coletar, interpretar e exibir dados devem ser fáceis e eficazes para que as partes interessadas possam participar do processo (Fraser *et al*., 2006). Os indicadores são utilizados há bastante tempo para comunicar tendências (Rabelo; Liima, 2008). Donnelly *et al*. (2007, p. 169) recomendam que “o indicador deve ser simples e claro”.

Segundo os autores Paulista, Varvakis e Montibeller-Filho (2008) um indicador é um fato, ou manifestação de um fenômeno, expresso geralmente em número, e que orienta a explicação desse dado fenômeno. Os indicadores são os reveladores de uma determinada situação do meio ambiente e podem servir de um guia orientador de pautas de intervenção para garantir a sustentabilidade (Paulista; Varvakis; Montibeller-Filho, 2008). Dessa maneira, os indicadores podem contribuir para a gestão sustentável dos recursos ambientais analisando-os de forma integrada, podem orientar a formulação de políticas e fornecer informações valiosas.

Os indicadores podem agir como ferramenta que trabalha em conjunto por meio de um processo de avaliação que busca resultados em relação às metas de sustentabilidade estabelecidas, podendo promover junto as partes interessadas condições adequadas de acompanhamento e dando suporte ao processo decisório (Malheiros, Philippi Júnior; Coutinho, 2008). Os indicadores também podem ser um instrumento adequado para agregar o crescimento econômico com a preservação ambiental e justiça social, compreendendo sistemas de indicadores que reúnem informações pertinentes à situação econômica, social e ambiental, em um espaço geográfico, por um determinado período (Lira, 2008).

Segundo Barden (2009), o indicador tem como função defender uma representação multidimensional com diferentes pesos e medidas em que cada variável e dimensão estão atribuídas. Um indicador precisa tratar de um tema relevante, tendo base teórica, boa cobertura estatística, ser sensível às mudanças do objeto que está sendo mensurado, ser específico, ser de fácil entendimento para o público em geral e especializado, ser atualizável, ser desagregável nas suas partes e ter uma série histórica (Carvalho; Barcelos, 2009). Um indicador não é apenas uma estatística, ele representa uma variável que assume um valor em um tempo específico (Guimarães; Feichas, 2009).

Para Barden (2009), os indicadores são ferramentas relevantes para as comunidades e organizações onde estão inseridos, para a compreensão dos fenômenos simples e/ou complexos que ocorrem em determinada localidade, sendo necessário o estudo profundo para atingir sua finalidade. Para Uchoa (2013), o indicador é uma variável que precisa ser monitorada e mantida sob controle. Um indicador pode ser considerado como um parâmetro ou uma função derivada dele, tendo a capacidade de descrever um estado ou um resultado dos fenômenos que ocorrem em um meio (Kemerich; Ritter; Borba, 2014), “Os indicadores são utilizados

para simplificar informações sobre fenômenos complexos para tornar a mensagem sobre eles mais compreensível e quantificável" (Van Bellen, 2005, p. 45).

Segundo o *Global Reporting Initiative* (GRI), os indicadores visam revelar aos tomadores de decisões a real situação sobre o nível de sustentabilidade das organizações, por meio da mensuração, divulgação e prestação de contas aos interessados internos e externos (GRI, 2015). Podendo, dessa forma, executar várias funções, entre elas, simplificar, clarificar e tornar a informação agregada disponível para os gestores públicos (Maynard et al., 2017). Para os autores, os indicadores de sustentabilidade possuem base sendo um método prático para monitorar o progresso em direção ao desenvolvimento sustentável.

De acordo com Sanches *et al*. (2018), os indicadores são apresentados na literatura como ferramentas que compreendem um conjunto de conhecimentos sobre algo que estão reunidos em um determinado período. Os indicadores têm como função mensurar a distância entre a atual conjuntura de uma comunidade e os objetivos traçados para o seu desenvolvimento (Silva; Almeida, 2019). No Quadro 7, estão dispostos em conjunto as principais contribuições dos autores sobre o conceito de indicador(es).

Quadro 7 – Contribuições sobre o Conceito de Indicador(es)

Autor(es)(Ano)	**SínteseFinalística**
Holling (1978)	Reúne uma quantidade significativa de dados disponíveis, de forma simples com elementos básicos do que se deseja conhecer.
McQueen e Noak(1988)	É uma medida que resume as informações relevantes de um fenômeno específico que acontece em um determinado ambiente.
OECD (1993), Kemerich, Ritter e Borba (2014)	É um parâmetro que influencia o comportamento sobre algo e que fornece informações sobre o estado de um determinado fenômeno.
Camino e Müller (1993)	Refere-se a elementos básicos da sustentabilidade em um sistema.
Tunstall (1992, 1994), Rabelo e Lima (2008), Silva e Almeida (2019)	Avaliam as condições e tendências para comparar lugares e situações com metas e objetivos determinados com informações de advertência e podendo antecipar futuros problemas.
Hammond (1995), Mitchell (1996))	Informa a situação de adequação e guia para uma determinada meta ou ação,sendo entendido como uma tendência ou fenômeno.
Meadows (1998)	Devem ser especificas da comunidade,principalmente baseadas na cultura e nas experiências vividas pela população local.
Câmara (2002),Malheiros, Philippi Júnior; Coutinho (2008)	Utilizado por todas as partes interessadas para avaliar a eficiênciae eficácia das políticas públicas adotadas para os cidadãos.
Cole (2002), Donnelly *et al*. (2007)	Permite uma explicação simples,objetiva e clara das razões das mudanças em seu valor ao longo do tempo.
EEA (2005), Paulista; Varvakis e Montibeller-Filho (2008)	É uma medida, quantitativa, usada para comunicar, de forma simples, fenômenos complexos, incluindo tendências e progresso em um tempo.

(Continua...)

(Conclusão)

Autor(es)(Ano)	SínteseFinalística
Van Bellen (2005)	São ferramentas quantitativas e qualitativas utilizadas na avaliação de fenômenos complexos de mudança, de aprendizado e de comunicação.
ABNT – ISO 14.031/2004	São ferramentas de gestão que servem de guia para as organizações, com o uso de indicadores gerenciais, operacionais e de condições ambientais para a avaliação do seu desempenho ambiental, considerando aspectos culturais e econômicos.
Lira (2008)	Instrumento adequado para agregar o crescimento econômico com a preservação ambiental e a justiça social por um período.
Barden (2009)	É representada de forma multidimensional com uso diferentes de pesos e medidas em cada variável e dimensão atribuída.
Carvalho e Barcelos (2009)	Deve tratar de tema relevante, com base teórica, estatístico, sensível, específico, de fácil entendimento para o público em geral eespecializado, atualizável, dimensional e possuir uma série histórica.
Guimarães e Feichas (2009) Sanches *et al*. (2018)	Usado em medidas quantitativas e qualitativo em um determinado período investigado.
Uchoa (2013)	É uma variável que precisa ser monitorada e mantida sobe controle.
GRI (2015)	Concebida para uso dos tomadores de decisões com foco na real situação sobre o nível de sustentabilidade das organizações

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Ainda, no tocante ao Quadro 7, ele concentra informações relevantes sobre as finalidades conceituais dos indicadores que podem colaborar com as questões socioeconômicas e ambientais para a tomada de decisões em virtude do uso exagerado e insustentável dos recursos naturais existentes. Com destaque para os conceitos de Barden (2009), Hammond (1995), Meadows (1998), Mitchell (1996), OECD (1993), Sanches *et al*. (2018) e Tunstall (1992, 1994), que buscam utilizar os indicadores como elementos que representem as especifidades locais para suprir as necessidades humanas e alcançar o desenvolvimento sustentável, sendo importante compreender os impactos que as características envolvidas dos indicadores representam para a realidade local.

Para essa pesquisa, levou-se em consideração o conceito de indicadores formulado por Van Bellen (2005), que os define como ferramentas que podem ser usadas para resumir informações sobre fenômenos complexos, tornando-as mais claras e mensuráveis para facilitar a compreensão de um determinado ambiente. Dessa forma, para essa pesquisa, o conceito de indicadores adotado converge no sentido do uso dessa ferramenta com a união dos dados obtidos para apresentação simplificada da compreensão das informações consideradas para serem utilizadas na pesquisa.

3.2 Características Básicas dos Indicadores

Para a OCDE (1993), os indicadores devem possuir as seguintes características, sendo: simples e fácil de interpretar, representar a situação local, mostrar tendências ao longo do tempo, responder a mudanças do sistema, servindo de base para comparações, ser nacional ou aplicável a regiões que tenham relevância, estar associado a uma meta ou valor limite, de tal modo que os usuários possam comparar e avaliar o significado dos valores observados. Na seleção de indicadores (OCDE, 1993), devem ser observados alguns critérios, tais como: relevância para a política e utilidade para os usuários, correção analítica e possibilidade de mensuração.

Hammond *et al.* (1995), em seus estudos, desenvolveram uma pirâmide de informação, que foi adaptada pelo pesquisador com o objetivo de relacionar dados primários, dados secundários, dados analisados e indicadores e índices. A pirâmide de informações representada na Figura 4 corresponde à agregação e ao tratamento de dados obtidos em uma determinada pesquisa com a organização qualitativa e quantitativa dos elementos que compõem cada nível da pirâmide de forma que, quanto maior o nível de dados agregados e tratados mais solidificado será o conjunto de informações que ele representará.

Figura 4 – Pirâmide de Informações



Fonte: Adaptado de Hammond (1995)

O autor Quiroga-Martinez (2001) apresenta uma questão importante no uso dos indicadores, para que eles não sejam usados apenas em medidas

quantitativas, mas também devem assumir uma representação de uma variável com uma medida qualitativa em um determinado período. A ideia de desenvolver indicadores para avaliar a sustentabilidade surgiu na Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente na Rio 92, conforme registrado no capítulo 40 da Agenda 21. Fernandes (2004) afirma que os indicadores devem cumprir com sua função, indicando os caminhos para avaliação, discussão e a percepção da sustentabilidade em um determinado local, cabendo a quem os utiliza realizar essas etapas.

A *International Organization for Standardization* (ISO) 14.031 de 2004, apresenta um quadro específico de indicadores, o qual orienta as organizações para o desenvolvimento de seus próprios indicadores, contribuindo para a avaliação do desempenho ambiental (ABNT, 2004). Essa ferramenta de gestão serve de guia para as organizações, propondo o uso de indicadores gerenciais, operacionais e de condições ambientais para a avaliação do seu desempenho ambiental, neste sentido, ela também considera aspectos culturais e econômicos. Sua metodologia têm base no uso de indicadores para fornecer informações, comparando o desempenho ambiental, no passado e presente, a partir do modelo gerencial também conhecido pela sigla inglesa “PDCA” que significa: P — *Plan* (Planejar), D — *Do* (Fazer), C – *Check* (Checar), A — *Act* (Agir) (ABNT, 2004).

Como qualquer outra ferramenta de gestão, os indicadores possuem uma série de limitações técnicas. A maioria dos indicadores relacionados à sustentabilidade não possui um sistema conceitual único, pois os mesmos medem a aproximação da realidade e não a realidade precisamente (Van Bellen, 2005). Neste sentido, a utilização de indicadores têm por objetivo reunir, quantificar e/ou qualificar as informações de modo que sua atuação seja destacada, tentando simplificar as informações sobre os fenômenos complexos e melhorar o processo de comunicação (Van Bellen, 2005).

Donnelly *et al*. (2006a) enfatizam que a escolha cuidadosa dos indicadores seja central nos processos. Uma das grandes aplicações dos indicadores encontra-se na necessidade de monitoramento do progresso nas distintas dimensões, pois eles funcionam como ferramentas de apoio aos tomadores de decisões e àqueles responsáveis pela elaboração de políticas em todos os níveis, além de serem norteadores para que se mantenha o foco em direção ao desenvolvimento sustentável (García; Guerrero, 2006).

Segundo Lira (2008), os indicadores são divididos em três categorias, sendo eles: (I) Indicadores da pressão ambiental: descrevem as pressões das atividades humanas sobre o ambiente, incluindo a quantidade e qualidade dos recursos naturais; (II) Indicadores das condições ambientais ou de estado: referem-se à qualidade e quantidade do ambiente e dos recursos naturais; (III) Indicadores das respostas sociais: podem representar os resultados relacionados com mudanças ambientais ocasionados na sociedade, tais como: os efeitos negativos da ação dos seres humanos sobre o ambiente, à paralisação ou reversão de danos causados ao meio, e à preservação e conservação da natureza e dos recursos naturais existentes.

A seleção inadequada de indicadores conduz a um sistema deficiente, muitas vezes ambíguo e, portanto, passível de manipulação política ou de interpretações equivocadas ou distintas da realidade (Polaz; Texeira, 2009). Para que indicadores sejam instrumentos de um processo de mudança rumo ao conceito de desenvolvimento sustentável, eles devem congregar características que permitam: mensurar diferentes dimensões de forma a apreender sobre a complexidade dos fenômenos sociais, possibilitando a participação da sociedade no processo de definição do desenvolvimento, comunicando tendências, subsidiando o processo de tomada de decisões e relacionando as variáveis, já que a realidade não é linear nem unidimensional (Guimarães; Feichas, 2009).

Segundo Kemerich, Ritter e Borba (2014), os indicadores de sustentabilidade são um instrumento utilizado para monitorar o desenvolvimento sustentável, os quais são responsáveis por capturar tendências para informar os agentes de decisão e orientar o desenvolvimento e o monitoramento de políticas e estratégias. Para os autores, o grau de excelência de um indicador deve ser definido por sua validade, ou seja, sua capacidade de medir o que se pretende e por sua confiabilidade, a capacidade de reproduzir os mesmos resultados quando aplicado em condições similares (Kemerich; Ritter; Borba, 2014).

Em geral, a validade de um indicador é determinada pelas características de sensibilidade, capacidade de medir as alterações do fenômeno e especificidade, capacidade de medir somente o fenômeno analisado (Saldanha, 2007). Ao ser selecionado um indicador, tal como quando se utiliza um parâmetro estatístico, obtém-se clareza e operacionalidade e limita-se em detalhe de informação.

Dessa forma, os indicadores não são e nem devem ser vistos como soluções para todas as dificuldades que envolvem a sustentabilidade, seja na sua avaliação ou na sua operacionalização (Kemerich; Ritter; Borba, 2014). Tendo como função primordial reduzir o volume e a complexidade das informações exigidas pelos tomadores de decisão (Donnelly *et al*., 2007). Diante da compreensão conceitual e da relevância dos indicadores e das características básicas que eles possuem, é importante conhecer quais questões estão relacionadas, como abordá-las e de que forma se encontram organizadas ou categorizadas. Para entender isto, é importante conhecer o significado do termo sustentabilidade.

3.3 Sustentabilidade: Origem, Conceitos e Termos

A sustentabilidade, neste tópico, é fundamentada no uso de argumentos que alicerçam as contribuições dos autores citados em cada parágrafo, além das cooperações oriundas das organizações internacionais e nacionais, tais como: John Evelyn, Jean Baptist Colbert, Rachel Carson, Gro Brundtland, Hans Carlowitz, Van Zon, Gatto, Sachs, Elkington, ONU, Instituto Ethos, entre outros, que colaboram para a compreensão do conceito e avanços sobre a sustentabilidade. Para isso, estabeleceu-se uma abordagem baseada nos argumentos sobre a origem, conceitos, termos e as dimensões que compõem a sustentabilidade com aspectos que levam em consideração uma visão que vai do unidimensional, passando pelo tripé da sustentabilidade e conclui-se a um universo multidimensional para alcançar a referida sustentabilidade.

A declaração de origem do termo sustentabilidade, segundo Boff (2012), teve início na Alemanha, a partir do ano de 1560, sendo resultado da perturbação causada pelo homem no uso irracional dos recursos florestais de forma que elas não conseguissem reequilibrar o seu estado natural. Diante dessa problemática, surge a palavra alemã “Nachhaltigkeit” que significa em português “sustentabilidade”. Segundo o jurista alemão Hans Carlowitz (1645-1714), o termo “sustentabilidade” foi desenvolvido em 1713 com uma teoria de otimização das florestas, que eram fontes de energia para a protoindústria da época (Grober, 2007). O autor, em sua pesquisa, afirma que o volume de produção desta indústria não poderia ser superior à velocidade de reprodução das florestas.

Dessa forma, Carlowitz foi o criador do termo, mas não do conceito, que era muito comum na época (Feil; Schreiber, 2019; Grober, 2007). Para outros autores, o conceito de sustentabilidade têm suas concepções nas ideias do escritor inglês John Evelyn, em 1664, e do político francês Jean Baptist Colbert, em 1669, os quais publicaram em seus livros as preocupações relacionadas com o restabelecimento e conservação das florestas. Neste mesmo sentido, o escritor alemão Carl Georg Ludwig Hartig, em 1795, ressaltou a importância de analisar a grandeza do impacto causado pelo uso exagerado das florestas (Boff, 2012).

Em todos os casos, a preocupação central está focada na responsabilidade que a geração atual tem em conservar os recursos naturais para uso das gerações futuras. Em 1960, foi lançado o livro de Rachel Carson intitulado “Primavera Silenciosa”, que se tornou uma grande referência para as questões ambientais, envolvendo os seus impactos, representando a preocupação da comunidade de cientistas e estudiosos do assunto sobre a ligação e a interatividade entre os problemas ambientais ocasionados pelas atividades empresariais da época.

Em 1974 foi publicada a Declaração de Cocoyok, que ocorreu no México, sendo organizada pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e Pela *United Nations Conference on Trade and Development* (UNCTAD), a qual apoiava a ideia de limitação do crescimento da população. No entanto, o conceito de sustentabilidade, a partir de 1980, tem sua origem na Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), presidida pela primeira ministra da Noruega, Gro Brundtland. Nessa reunião foi publicado o relatório intitulado: “Nosso Futuro Comum” ou também conhecido como Relatório de *Brundtland* que foi publicado em 1987 o qual protagonizou e reverberou o conceito de desenvolvimento sustentável como aquele que supre as necessidades do presente sem comprometer as necessidades das gerações futuras (Veiga, 2010).

A sustentabilidade torna-se mais evidente aos olhos da comunidade cientifica e geral a partir dos impactos ocasionados pela exploração descontrolada dos recursos naturais advindos com a revolução industrial que marca um novo paradigma (Cerezine *et al*., 2017). O Conceito de sustentabilidade na maioria das vezes é abordado por ideias conflitantes que buscam solucionar os problemas existentes para a disponibilização dos recursos disponíveis para satisfazer as necessidades específicas de um determinado grupo com práticas equilibradas.

Em junho de 1992, ocorreu no Brasil, na cidade do Rio de Janeiro, a reunião da CNUMAD, que contou com a presença de mais de 100 chefes de Estado, chegando a mais de 170 o número de representantes de países, que validaram dois tratados internacionais, a Convenção sobre Alteração Climática e a Convenção sobre a Diversidade Biológica, além da Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento e a Declaração de Princípios sobre Manejo de Florestas e a Agenda 21 (Brasil, 1992).

A partir do ano 2000, a expressão “Sustentabilidade” passou a ser considerada pela ONU, como uma palavra que tem relação com abordagens que envolvem a ecologia, a economia, o social e a questão espacial com o equilíbrio nessas dimensões por intermédio da busca dos oito ODM.

No ano de 2015, houve um avanço nessas abordagens com ampliação dos objetivos que culminaram nos 17 ODS da Agenda 2030 da ONU, que são acompanhados com o uso de metas e monitorados por indicadores, com a proposição de participação ampla por parte dos representantes da sociedade nessas discussões. Dessa forma, a sustentabilidade passou a ter um caráter multidimensional e plural com vários aspectos relacionados, tais como: políticos, sociais, culturais, físicos, além de harmonia social, questões de cidadania, valores éticos e morais (Stahel, 1995).

Para Mikhailova (2004), o conceito de sustentabilidade não deve apenas estar vinculado a um objetivo no nível macro. Neste sentido, a sustentabilidade pode ser considerada como um mecanismo complexo de funcionamento ininterrupto que deve ser pensado de forma macro e micro de curto, médio e longo prazo com uma diversidade de etapas que devem atuar integradas promovendo a existência equilibrada das formas de vida no Planeta, com seus ecossistemas e com suas interconexões entre as várias áreas do ecossistema.

Para os autores Chen e Chen (2014), a sustentabilidade é elevada a um nível de complexidade que amplia a forma de análise para uma visão abrangente e interdisciplinar sendo feita, de forma progressiva, conferindo credibilidade e utilidade ao planejamento de políticas públicas, que devem contemplar também o desenvolvimento social. Servindo de guia para o desenvolvimento das atividades com coerência e transparência em várias dimensões, envolvendo por exemplo: a economia, a ecologia e a política ao mesmo tempo.

> A sustentabilidade é toda ação destinada a manter as condições energéticas, informacionais, físico-químicas que sustentam todos os seres, especialmente a Terra viva, a comunidade de vida e a vida humana, visando sua continuidade e ainda atender as necessidades da geração presente e das futuras, de tal forma que o capital natural seja mantido e enriquecido em sua capacidade de recuperação, reprodução e a evolução constante (Boff, 2012, p. 107).

De acordo com Mikhailova (2004), a sustentabilidade pode ser racionalmente definida como sendo a capacidade de um sistema de se sustentar e de se manter equilibrado. A sustentabilidade equivale à ideia de manutenção da vida (Cavalcanti, 2012). Para os autores Feil e Schreiber (2019), a sustentabilidade fundamenta-se conceitualmente na capacidade e viabilidade de adaptação dos sistemas em manter seu funcionamento, diante da retirada dos recursos naturais e dos impactos provocados pelas atividades antrópicas na busca pelo desenvolvimento.

Para Bell e Morse (2008), o termo sustentabilidade compreende a capacidade que um sistema possui em permanecer funcionando ou evoluindo para um estado próximo, igual ou superior ao ideal, independente das alterações dinâmicas provocadas por fatores indistintos ao longo do tempo. Segundo Mikhailova (2004) e Boff (2012), o objetivo da sustentabilidade pode ser considerado como a melhoria constante da qualidade do ambiente com a preservação das fontes de recursos naturais para uso pelas futuras gerações.

Um aspecto importante foi a mensuração da sustentabilidade que requer a integração de um grande número de informações advindas de uma pluralidade de áreas de conhecimento, para transmitir as informações ao público em geral, de forma coerente, tornando-se, assim, um grande desafio (Campos; Ribeiro; Vieira, 2013). Contudo, essa ideia pode caracterizar-se pela sua aplicação em diversos tipos de sistemas, desde os tempos mais antigos envolvendo uma interação de sistemas simples e complexos de forma cíclica e constante.

A ideia de sustentabilidade é ancestral possuindo origens na diminuição da disponibilização de recursos existentes na natureza pelas civilizações tradicionais (Feil; Schereiber, 2019). O termo sustentabilidade vem ao longo dos anos ganhado destaque no cenário nacional e internacional, devido ao aumento exponencial de problemas ambientais no planeta (Iaquinto, 2018).

Dessa forma, o ser humano passa a procurar, de alguma maneira, alcançar uma harmonia dinâmica e simultânea entre o equilíbrio dos subsistemas existentes classificados em ecológicos (sustentabilidade ambiental), sociais (sustentabilidade social) e econômicos (sustentabilidade econômica). A sustentabilidade é algo extremamente complexo, multidimensional e que só pode ser alcançado de forma

integrada com compromissos e equilíbrios entre múltiplas dimensões da sustentabilidade (Wu, 2013). Embora a ideia da sustentabilidade seja uma medida positiva e que contribui em vários sentidos para a melhoria das condições de vida das espécies vivas, deve-se refletir sobre o uso excessivo e sem tanto rigor científico e limites no uso das aplicações tecnológicas e das ferramentas à disposição de todos, podendo dessa forma tornar-se um problema a ser enfrentado e não tornando-se uma solução adequada (Feil; Schereiber, 2019).

Embora a literatura forneça diferentes abordagens sobre a sustentabilidade, compreende-se que ela está relacionada com três aspectos relevantes da sociedade humana, sendo eles: a economia, a população e o meio ambiente e, dessa forma, busca-se o equilíbrio desses três pilares que a sustentam, nos quais os aspectos econômicos colaboram para suprir as necessidades básicas humanas e desenvolver-se, devendo preservar e utilizar de forma responsável a biodiversidade e os ecossistemas naturais (Elkington, 1997).

Cabe destacar que as diferentes contribuições sobre o termo agrupam as ideias de que a sustentabilidade é um conceito que se encontra em evolução contínua (Alves; Melo; Signorelli, 2020). Dessa forma, o Quadro 9 apresenta as transformações do termo sustentabilidade ao longo do tempo.

Quadro 8 – Evolução do Termo Sustentabilidade ao Longo do Tempo

Origem	**Pontos Relevantes**
Surge na Alemanha, a partir de 1560, com a denominação de *Nachhaltigkeit*	Preocupações causadas pela ação humana com o uso irracional dos recursos florestais com mudanças no clima que declinaram a produção de alimentos.
John Evelyn (1664); Jean Baptist Colbert (1669)	Publicações de livros com destaque para o restabelecimento e conservação das florestas com foco na Europa, ambos os livros incluem a ideia inicial de que a geração atual é responsável pelas gerações futuras.
Hans Carlowitz (1713)	Criação do termo, mas não do conceito, que era muito comum na época devido ao uso das florestas, que serviam de fontes de energia para a protoindústria do ferro e da prata.
Carl Georg Ludwig Hartig (1795)	Analisa a grandeza do impacto causado pelo uso exagerado das florestas utilizando o termo sustentável pela primeira vez.
Lançamento do livro de Rachel Carson intitulado “Primavera Silenciosa” (1960), Iaquinto (2018)	Torna-se uma referência para o conceito de sustentabilidade na idade moderna, por representar a preocupação da comunidade cientifica sobre a relação entre os problemas ambientais ocasionados pelas atividades empresariais da época.
Declaração de Cocoyoc, México,1974, Bruseke (1994)	Redução no uso dos recursos naturais pelos países ricos que exageram no consumo exagerado para o seu desenvolvimento, estabelecimento de um nível mínimo e máximo para o bem-estar do indivíduo, discussão do limite de crescimento populacional.
Relatório de Brundtland (1987),Veiga *et al*.(2008), Sanchs (1986a)	Publicação do conceito de desenvolvimento sustentável como aquele que supre as necessidades do presente sem comprometer as necessidades das gerações futuras.
Brasil (1992, 1997)	Declaração sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, além da Declaração sobre os Princípios sobre Manejo de Florestas e a Agenda 21.
ONU (2000, 2015)	Palavra ganha relação com abordagens que envolvem a ecologia, a econômica, o social e a questão espacial com o equilíbrio nessas dimensões, por intermédio da busca dos oito ODM. Posteriormente, foi ampliada os objetivos que culminou nos 17 ODS da Agenda 2030.
Mikhailova (2004) e Boff (2012)	Equilíbrio nas relações complexas entre as necessidades econômicas, ambientais e sociais de forma a não comprometer o desenvolvimento futuro.
Bell e Morse (2008), Feil e Schereiber (2019)	Capacidade que um sistema possui em permanecer funcionando ou evoluindo para um estado próximo, igual ou superior ao ideal, independente das alterações dinâmicas provocadas por fatores indistintos ao longo do tempo
Stahel (1995), Wu (2013), Chen e Chen (2014)	Algo extremamente complexo, multidimensional e que só pode ser alcançado de forma integrada com Compromissos e equilíbrios entre múltiplas dimensões da sustentabilidade

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Diante das informações contidas no Quadro 8, composta por uma evolução da origem do termo ao longo do tempo, das instituição e de autores que descrevem o avanço do termo sustentabilidade, destaca-se a publicação do livro de Rachel Carson intitulado “Primavera Silenciosa” em 1960, que mostra a preocupação da comunidade científica da época sobre a dinâmica entre os impactos ambientais advindos do acelerado processo de industrialização, a realização da Rio 92 com a Declaração sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Agenda 21 e a necessidade de desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade pelos países presentes para alcançar a sustentabilidade do sistema e os compromissos firmados para alcançar os oito ODM, em 2000, e Posteriormente os 17 ODS, em 2015, para a Agenda 2030. Na sequência, são abordadas as dimensões que compõem a sustentabilidade.

3.4 Dimensões da Sustentabilidade

Com o objetivo de subsidiar as relações e escolhas a serem levadas em consideração, diante dos aspectos que fundamentam e categorizam as dimensões da sustentabilidade e que tratam dos problemas ambientais enfrentados pela sociedade, que compreende as suas dinâmicas e os vários aspectos que o influenciam e se relacionam na busca pelo desenvolvimento, optou-se, nesse subtópico, por destacar as abordagens em uma ordem crescente dos seguintes autores que conceituam e discutem as dimensões da sustentabilidade.

Segundo Gavrilescu (2004), até 1970, a sustentabilidade considerava apenas uma única visão unidimensional, baseada na rentabilidade econômica que considerava a capacidade de sobrevivência de uma empresa. Em 1990, John Elkington defendeu um tripé para se alcançar a sustentabilidade denominado de Triple Bottom Line (TBL), apresentando três dimensões: social, ecológica e econômica que representam as Pessoas, Planeta e o Lucro, tornando-se uma referência para medir a sustentabilidade (Elkington, 1997).

O modelo proposto por Elkington (1997) foi aceito internacionalmente, sendo possibilitada sua adaptação, a depender do que se deseja medir e serviu de referência para a construção de novos modelos por outros pesquisadores, podendo ser utilizado por organização empresarial ou não. Cabe ressaltar ainda que esse modelo não é único, na Figura 5 são ilustradas as dimensões que se relacionam com a sustentabilidade.

Figura 5 – Modelo *Triple Bottom Line*



Fonte: Adaptado de Elkington (1997).

O modelo TBL oferece uma visualização tridimensional entre as dimensões ambiental, econômica e social que são compostas por seus parâmetros, contendo em sua intercessão as condições para alcançar a sustentabilidade.

Em um outro estudo, Sachs (1993), considerou cinco dimensões a serem observadas para a sustentabilidade tendo como base a preservação ambiental, a pluralidade cultural e a satisfação das necessidades humanas, sem se abster do desenvolvimento econômico, conforme apresentado no Quadro 9.

Quadro 9 – Proposta de Dimensões de acordo com Sachs em 1993

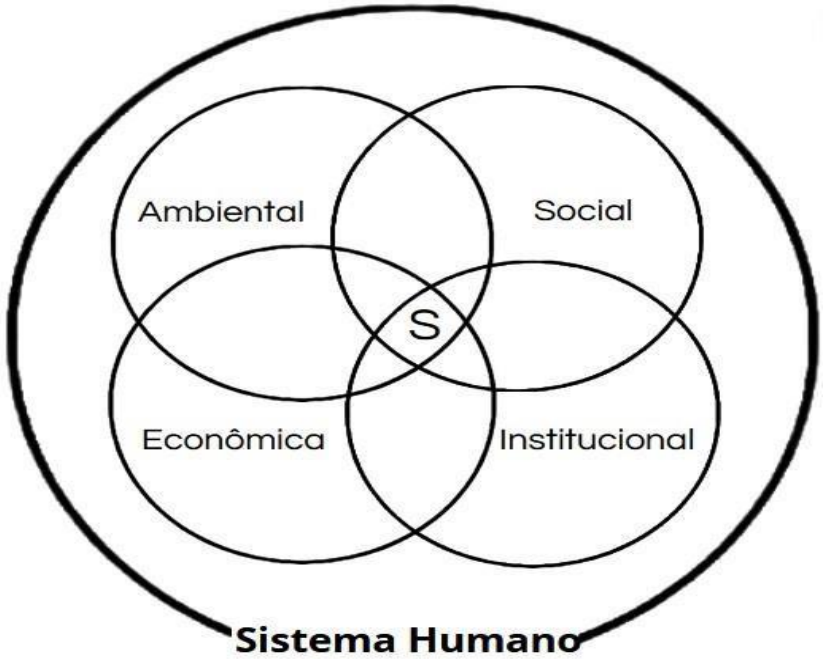
Dimensões	**Finalidade**
Social	Envolve um maior equilíbrio na distribuição de renda e de bens para a sociedade.
Econômica	Possibilita a disponibilização mais eficiente de recursos financeiros para o uso dos recursos por parte dos setores público e privado dentro de um ambiente.
Ambiental	Promove o aperfeiçoamento e o equilíbrio do ambiente em função da melhoria da capacidade de depuração dos resíduos que são liberados pelos seres humanos na natureza.
Espacial	Compreende os espaços existentes no planeta, seja em áreas rurais e/ou urbanas de forma mais harmoniosa possível.
Cultural	Visa viabilizar a identificação de hábitos e costumes locais que possam colaborar nos processos de modernização e integração dos sistemas existentes.

Fonte: Adaptado de Sachs (1993).

A proposta apresentada por Sachs, em 1993, incluía mais duas dimensões (Espacial e Cultural), além das abordadas no TBL, essas dimensões incluídas na proposta por Sachs (1993) são componentes fundamentais com foco na necessidade de considerar as especificidades regionais e locais, com base nas culturas e tradições para a formação de práticas que sustentem e alcancem o desenvolvimento sustentável.

A OECD (1993) pondera, em seu estudo, que as três dimensões propostas por Elkington precisam estar apoiadas em uma dimensão considerada transversal a todo este processo, sendo neste ponto considerada a dimensão institucional composta por governos, legislação, organizações e sociedade civil, compostas por agentes do processo que colaboram para o desenvolvimento. Neste sentido, a dimensão institucional deu suporte à sustentabilidade representada pela letra “S” que está situada na interseção das dimensões que incluem as perspectivas de governança, políticas e de gestão da sustentabilidade (Vázquez et al., 2015), conforme exposto na Figura 6.

Figura 6 – Modelo Composto por Quatro Dimensões da Sustentabilidade



Fonte: Adaptado da OECD (1993), Vázques *et al*.,(2015).

Contudo, o modelo adaptado da OECD (1993) e Vázques et al. (2015), expõe que as dimensões ambiental, econômica, institucional e social representam determinados conjuntos dentro de um grande sistema humano que buscam, no

final, encontrar as condições necessárias para alcançar a sustentabilidade desse sistema.

Para Stahel (1995), a sustentabilidade tem uma característica multidimensional que envolve uma variedade de aspectos, entre eles: políticos, sociais, culturais, físicos, além do equilíbrio social, que envolvem questões de cidadania com valores éticos e morais.

Segundo Boff (2012), enquanto Elkington (1997) descrevia a sustentabilidade apenas a partir desse tripé, outros autores destacaram a formulação de uma natureza mais prática, destacando outras relações, entre elas: a participação do estado (política), a iniciativa privada (empresariado) e a sociedade civil (os representantes da sociedade).

Sachs (2009) fundamenta uma nova abordagem na perspectiva de equilíbrio comum de finalidades sociais, culturais, ecológicas, ambientais, territoriais, econômicas e políticas, conforme observada no Quadro 10, sendo intitulado esse movimento de ecodesenvolvimento, posteriormente, recebendo uma nova denominação conhecida pela expressão desenvolvimento sustentável, que permaneceu inalterada desde a conferência de Estocolmo até a conferência do Rio de Janeiro, que sugeriu a utilização de oito dimensões na busca da sustentabilidade.

Quadro 10 – Concepção de Dimensões de Acordo com Sachs em 2009.

Dimensões	**Finalidade**
Social	Visa o alcance de uma igualdade e equidade social sem distinções.
Cultural	Prevê a harmonia entre o respeito às tradições e as inovações para elaboração de um projeto nacional integrado.
Ecológica	Vislumbra a preservação da natureza e a limitação do uso de recursos não renováveis no planeta.
Ambiental	Tem a responsabilidade de compreender os limites de recebimento de resíduos que causam impactos nos ecossistemas naturais no planeta.
Territorial	Estabelece uma harmonia entre os espaços urbanos e rurais, para a melhoria do ambiente, a superação das desigualdades inter-regionais e a conservação da biodiversidade pelo ecodesenvolvimento.
Econômica	Alcançada com o crescimento econômico intersetorial equilibrado.
Politica (Nacional e Internacional)	Nacionalmente é obtida pela democracia e da capacidade do Estado em implementar o projeto nacional, em parceria com todos os empreendedores.
	Internacionalmente tem como garantia a paz institucional e a promoção da cooperação internacional e do princípio de igualdade entre as regiões, entre outros.

Fonte: Adaptado de Sachs (2009).

Dessa forma, as dimensões da sustentabilidade apresentadas por Sachs (2009), estão em constante interação. Boff (2012), considerando uma visão mais

holística do ser humano, sugere o acréscimo de mais duas dimensões: a psicológica e espiritual. Nascimento (2012) afirma ser fundamental na sustentabilidade considerar a dimensão do poder, visto que, no decorrer do tempo, ocorrem transformações nos padrões de produção, consumo e distribuição de riquezas, em igualdade de condições. Uma outra dimensão a ser considerada para o autor é a cultural, pois, uma transformação no padrão de consumo e no comportamento deveria ser acompanhada, por mudanças de estilos de vida. Neste sentido, o autor recomenda que a sustentabilidade seja considerada a partir de cinco dimensões (Nascimento, 2012).

Para Sanches (2018), cabe ressaltar que, embora as dimensões da sustentabilidade tenham tido influência em um contexto empresarial, elas podem ser utilizadas em um contexto global independente do setor. No Brasil, as dimensões de sustentabilidade foram apresentadas pelo IBGE, em 2015, que as categorizou em quatro dimensões que estão vinculadas a temas e subtemas que trazem à luz um conjunto de informações sobre as especificidades brasileiras, mostrando uma perspectiva com informações da realidade nacional sobre a situação de um conjunto possível de indicadores e variáveis, que pode ser utilizado para identificar as situações problemas que acontecem em determinado ambiente.

Dessa maneira, a ferramenta concebida pelo IBGE pode colaborar no planejamento de ações e formulação de políticas públicas para o desenvolvimento sustentável das regiões (IBGE, 2015), cabe destacar que desde 2002 o IBGE vem publicando edições com esse painel com pequenas mudanças e adaptações necessárias que representam as características locais do Brasil, no Quadro 11 está disposto o Painel mais atualizado da Instituição.

Dentro do Painel dos Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (IDS) do IBGE publicado em 2015, destacam-se as dimensões ambiental, social e institucional, com seus respectivos subtemas que colaboram para a proposição desta pesquisa. Dessa forma, faz-se necessário compreender a realidade de um local e não apenas de aspectos isolados, ou seja, devendo estar integradas ou relacionadas entre si para se ter uma melhor compreensão do que se deseja obter. No Quadro 11 está exposta uma síntese com as informações das dimensões identificadas nos achados da literatura que compõem a tese.

Quadro 11 – Síntese das Dimensões de Sustentabilidade

Autor(es)(Ano)	Quantitativo Dimensional	Enquadramento
Anterior a 1970	Unidimensional (Econômico)	Internacional/Geral
Elkington (1997)	Três dimensões (Econômico, Ambiental e Social)	Internacional
OCDE (1993)	Quatro Dimensões (Ambiental, Social, Econômica e Institucional)	Internacional/Geral
Sachs (1993)	Cinco Dimensões (Ambiental, Social, Econômica, Espacial e Cultural)	Internacional/Geral
Stahel (1995)	Multidimensional (Político, Social, Cultural, Físico, Valores Éticos e Morais, entre outros)	Internacional/Geral
Sachs (2009)	Sete Dimensões (Social, Cultural, Ecológica, Ambiental, Territorial, Econômica e Política).	Internacional/Geral
Boff (2012)	Nove Dimensões (Social, Cultural, Ecológica, Ambiental, Territorial, Econômica, Política, Psicológica e Espiritual).	Internacional/Geral
Nascimento (2012)	Quatro Dimensões (Social, Relação Econômica e Ecológica, Poder e a Cultura).	Internacional/Geral
IBGE (2015) e Vázquez (2015)	Quatro Dimensões (Econômica, Social, Ambiental e Institucional).	Nacional e Internacional

Fonte: Adaptado de Froehlich (2014).

Em síntese, o que deve ser levado em consideração sobre as dimensões de sustentabilidade deve estar relacionado com as condições específicas locais para o levantamento desses dados, o conhecimento das relações existente entre elas, seu enquadramento a nível internacional ou nacional para o que se deseja medir, analisar ou compreender sobre um determinado fenômeno ocorrido.

Pode-se inferir, neste sentido, que as diferentes proposições apresentadas pelos autores em destaque, seja Elkington (1997) no qual a sustentabilidade é atendida quando se consideram três dimensões (ambiental, social e econômica), outros autores propõem o uso de mais dimensões, como por exemplo, OCDE (1993), Sachs (1993; 2009), Stahel (1995), Boff (2012), Nascimento (2012), IBGE (2015) e Vasquez (2015), entre outros que recomendam a utilização de um acréscimo dimensional para o alcance das condições de sustentabilidade em um determinado ambiente. No próximo subtópico será apresentado um conjunto de informações com resultados de pesquisas e estudos com arquivos seminais, organizacionais e mais recentes sobre as definições, particularidades e aplicações com os indicadores de sustentabilidade a nível global e nacional.

3.5 Definições dos Indicadores de Sustentabilidade

De acordo com Ragas *et al*. (1995), um indicador de sustentabilidade é definido como um valor absoluto que é obtido pelo uso dessa ferramenta, mensura as características do ambiente, comparando a situação atual e a idealizada, expressa

pela distância do objetivo da sustentabilidade proposto. Para Gallopin (1996), os indicadores de sustentabilidade podem ser considerados o principal componente da avaliação do progresso em relação a um desenvolvimento próximo ao sustentável.

Segundo Harger e Meyer (1996), o conceito de indicadores de sustentabilidade tem a necessidade de comparar e avaliar os efeitos do projeto, no caso de intervenções realizadas em países, sendo necessário definir uma escala contra a qual as atividades possam ser medidas e verificadas na avaliação de sua contribuição para a sustentabilidade do sistema. Para criar tal escala, é necessário identificar indicadores de desenvolvimento sustentável. Segundo Mitchell (1996), os indicadores de desenvolvimento sustentável podem ser convenientemente divididos em dois grupos: (i) o índice único agregado, no qual apenas uma variável é relatada e (ii) o conjunto de indicadores, no qual muitas variáveis são relatadas.

Segundo a CMMAD (1992), os indicadores de sustentabilidade possuem destaque por conta da sua dinâmica e capacidade de contemplar as diversas dimensões da sustentabilidade: social, ambiental, econômica e institucional. Meadows (1998) relata a visível insustentabilidade das atividades sobre o ambiente, que deveria promover ao menos condições de vida adequadas para todos (desenvolvimento) dentro das regras e dos limites suportáveis do meio ambiente (sustentabilidade). Neste sentido, os indicadores de sustentabilidade devem representar mais do que crescimento econômico, abordando também eficiência, equilíbrio, equidade e condições de vida adequada (Siena, 2002).

Para Jannuzzi (2001), um indicador de sustentabilidade é uma medida que geralmente recebe um valor quantitativo, sendo usado para substituir, quantificar ou operacionalizar um conceito teórico para a pesquisa acadêmica para formulação de políticas públicas. Os indicadores de sustentabilidade possuem como função informar e orientar as partes interessadas da possibilidade de escolha sobre os efeitos e impactos no estado da sustentabilidade que se deseja alcançar (Siena, 2002).

Os indicadores de sustentabilidade mostram as variações de valores no tempo, sinalizando aspectos do processo analisado daquilo que afeta a sustentabilidade do local (Quiroga-Martinez, 2001). Para Van Bellen (2005), os indicadores de desenvolvimento sustentável atuam como meios de comunicação, consistindo em uma ferramenta de explicação e explanação sobre o conceito de desenvolvimento sustentável. Donnelly, Prendergast e Hanusch (2008) destacam que os indicadores de desenvolvimento sustentável são o principal instrumento para demonstrar os impactos de Políticas, Planos e Programas.

Para Tayra e Ribeiro (2006) e Van Bellen (2004), os indicadores de sustentabilidade buscam realizar uma categorização e avaliação crítica dos modelos, metodologias e experiências com o uso de indicadores que possam representar as especificidades locais, destacando a necessidade da verificação e do estabelecimento de parâmetros e critérios para a sua modelagem. Contudo, embora o desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade, seja uma ferramenta relevante e criteriosa para alcançar a sustentabilidade, as especificidades da formulação destes podem impactar radicalmente a sustentabilidade medida de um determinado sistema (Singh et al., 2009).

Os indicadores de sustentabilidade são aqueles que apoiam os processos de construção da sustentabilidade, referindo-se a elementos relativos que possibilitem a construção de um sistema e tornem claros os objetivos, conceitos e o público que fará uso das informações geradas (Gomes, 2011). Os indicadores de sustentabilidade são ferramentas utilizadas para auxiliar no monitoramento da operacionalização do desenvolvimento sustentável, sendo a sua principal função fornecer informações sobre o estado das diversas dimensões (ambientais, econômicas, socioeconômicas, culturais, institucionais etc.) que compõem o desenvolvimento sustentável do sistema na sociedade (Carvalho et al., 2011).

Os indicadores de sustentabilidade traduzem as informações codificáveis em informações confiáveis que são utilizadas na aferição das ações com metas e objetivos para alcançar níveis de equilíbrio para o funcionamento adequado de um determinado sistema (Romero; Linhares, 2014). Os indicadores de sustentabilidade são gerados a partir dos insumos fornecidos pelos ativos naturais e atividades econômicas/antrópicas (Mota et al., 2017).

Com base nas referências observadas no estudo, infere-se que os indicadores de sustentabilidade são sistemas de medida da sustentabilidade que podem ser construídos com ênfase nos aspectos locais e com a participação dos atores envolvidos e podem ser aplicados para avaliação e monitoramento das ações humanas e seus impactos sobre o meio ambiente com vistas da promoção contínua de desenvolvimento sustentável local. No Quadro 12 são expostas as ponderações relevantes sobre a definição e particularidades sobre os indicadores de sustentabilidade.

Quadro 12 – Definições de Indicadores de Sustentabilidade

Autor(Ano)	Descrição Relevante
Ragas *et al*.(1995)	Um indicador de sustentabilidade é definido com um valor absoluto, onde mensura as características do ambiente, comparando a situação atual e a futura.
Gallopin (1996)	Os indicadores de sustentabilidade podem ser considerados o principal componente da avaliação do progresso em relação a um desenvolvimento sustentável.
Harger e Meyer (1996)	Os indicadores de sustentabilidade são relevantes para a comparação e avaliação dos efeitos do projeto, sendo necessário definir uma escala contra a qual as atividades possam ser medidas e verificadas na avaliação de sua contribuição para a sustentabilidade do sistema.
CMMAD (1992)	Os indicadores de sustentabilidade possuem destaque por conta da sua dinâmica e capacidade de contemplar as várias dimensões da sustentabilidade: social, ambiental, económica e institucional.
Jannuzzi (2001)	Um indicador de sustentabilidade é uma medida que pode receber um valor quantitativo, sendo usado para substituir, quantificar ou operacionaliza um conceito teórico em pesquisa académica para formulação de políticas.
Siena (2002)	Os indicadores de sustentabilidade têm a função de informar e orientar as partes interessadas sobre a possibilidade de escolha com efeitos e impactos no estado da sustentabilidade que se deseja alcançar.
Quiroga-Martinez (2001)	Os indicadores de sustentabilidade mostram as variações de valores ao longo do tempo que ocorrem nas variáveis escolhidas, de acordo com as especificidades locais no processo que afetam a sustentabilidade local.
Van Bellen (2005)	Os indicadores de sustentabilidade atuam como meios de comunicação, consistindo em uma ferramenta de explicação e explanação.
Donnelly; Prendergast; Hanusch (2008)	Os indicadores de desenvolvimento sustentável são o principal instrumento para demonstrar os impactos de políticas, planos e programas (PPP).
Tayra e Ribeiro (2006),Van Bellen (2004)	Os indicadores de sustentabilidade fazem a categorização e avaliação crítica dos modelos, metodologias e experiências com o uso de indicadores que possam representar as especificidades locais, destacando o estabelecimento de parâmetros e critérios para a sua modelagem.
Gomes (2011)	Os indicadores de sustentabilidade são aqueles que apoiam os processos de construção da sustentabilidade, com elementos que possibilitem a construção de um sistema e tornem claros os objetivos, conceitos e o público.
Carvalho *et al*. (2011)	Os indicadores de sustentabilidade são ferramentas utilizadas para auxiliar no monitoramento da operacionalização do desenvolvimento sustentável com a função de fornecer informações sobre o estado das diversas dimensões (ambientais, económicas, socioeconômicas, culturais ,institucionais).
Mota *et al*.(2017)	Os indicadores de sustentabilidade são gerados a partir dos insumos fornecidos pelos ativos naturais e atividades econômicas/antrópicas.
Van Bellen (2005), Collings (2020)	Definem os indicadores como se fossem de dois tipos de abordagem: a *top-down* e a *bottom-up*. Na primeira, os especialistas e pesquisadores definem o sistema de indicadores, que podem adaptá-los segundo condições locais. Na segunda ocorre um processo participativo na comunidade acadêmica para os tomadores de decisão, finalizando com a interpretação dos resultados.
Mirchooli (2021), Bahia (2021)	Os indicadores de sustentabilidade devem apresentar certas características qualitativas e quantitativas.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Cabe ressaltar que os trabalhos de CMMAD (1992), Collings (2020), Gallopin (1996), Tayra e Ribeiro (2006), Van Bellen (2005) entre outros ponderam sobre o objetivo dos indicadores de sustentabilidade destacando as especificidades locais, com o uso de parâmetros e critérios para selecionar os adequados para avaliar as condições locais a fim de conceber formas de alcançar o desenvolvimento sustentável. Existe uma grande preocupação por parte de organizações e pesquisadores sobre o uso dos indicadores de sustentabilidade, que é enfatizada ao redor do mundo, com cerca de 559 iniciativas de indicadores de sustentabilidade (OECD, 2003).

Os indicadores de sustentabilidade adequados aparecem como ferramentas capazes de subsidiar o monitoramento da operacionalização do desenvolvimento sustentável, tendo como função principal a revelação de informações sobre o estado das diversas dimensões (ambientais, econômicas, socioeconômicas, culturais, institucionais, entre outras) que compõem o desenvolvimento sustentável do sistema na sociedade (Carvalho et al., 2011). Conforme apresentado no Quadro 13, estes requisitos os diferem dos demais e os qualificam para serem utilizados na mensuração e avaliação da sustentabilidade, conforme Bell e Morse (2013), Patlitzianas *et al*. (2008), Searcy *et al*. (2007), Veleva e Ellenbecker (2001).

Quadro 13 – Requisitos para Proposição de Indicadores de Sustentabilidade

Item	Elementos Qualitativos
1	As informações devem ser confiáveis com base em dados válidos, disponíveis, precisos e acessíveis.
2	Ser mensuráveis, reprodutíveis, de fácil aplicação e avaliação.
3	Identificados e selecionados por meio de processo aberto com participação das partes interessadas.
4	Possível de ser comparado ao longo do tempo e entre organizações.
5	Devem ser simples, mas relevantes, compreendendo um conjunto de indicadores, com a seleção de especialistas e das partes interessadas locais.
6	Passível de ser mensurado em termos qualitativos e/ou quantitativos
7	Com abordagem holística
8	O conteúdo do sindicadores deve ser claro, objetivo e compreensível.

Fonte: Adaptado de Patlitzianas *et al*.(2008) e Searcy *et al*.(2007).

Neste sentido, o uso inadequado de IDS pode produzir informação enganosa, levando a um processo tendencioso ou limitado, e a erros na tomada de decisão (Therivel, 2010). Os indicadores de sustentabilidade são importantes, pois, comunicam o progresso em direção a uma meta de forma simples e objetiva o suficiente para retratarem o mais próximo da realidade, mas dando ênfase aos fenômenos que tenham ligações entre a ação humana e suas consequências, isso porque têm a capacidade de abordar os diferentes segmentos social, ambiental e econômico de forma conjunta (Cerezini *et al*., 2017; Van Bellen, 2005). Sendo assim,

os indicadores de sustentabilidade devem buscar a integração entre as questões ambientais, econômicas e sociais (Coutinho; Malheiros; Padilha, 2009).

Para a definição de indicadores de sustentabilidade, Collings (2020) e Van Bellen (2005) definem dois tipos de abordagem: a top-down e a bottom-up. Na primeira, os especialistas e pesquisadores definem o sistema de indicadores que poderão ser utilizados pelos tomadores de decisão, que o adaptam segundo condições locais. Na segunda, os indicadores são selecionados a partir de um processo participativo na comunidade acadêmica, até chegar à opinião dos tomadores de decisão, com a finalização do processo por meio da participação de especialistas que ajudam a estruturar os resultados obtidos (Singh et al., 2012). Sendo relevante definir uma determinada área de estudo para avaliar o ambiente e promover a potencialização dos aspectos positivos para os tomadores de decisão e o público em geral (Sartori; Siloto, 2013).

Uma possível desvantagem no uso da abordagem bottom up tem a ver com a interpretação que a comunidade pode ter da aplicação dessa técnica, podendo gerar uma interpretação equivocada em relação à sustentabilidade obtida (Van Bellen, 2005). De acordo com Barden (2009), independentemente do processo utilizado para a construção dos indicadores, seja com uso das abordagens top-down e/ou bottom-up, os indicadores são ferramentas importantes para ajudar no processo de desenvolvimento sustentável. Os fenômenos complexos existentes nos ambientes investigados podem ser identificados como uso de indicadores, os quais podem ser utilizados para simplificar e compreender a realidade local observada.

Para Mirchooli (2021) e Bahia (2021), os indicadores de sustentabilidade devem apresentar certas características de caráter qualitativo e quantitativo, tais como: mensurar de forma adequada as propriedades de algo para compreender a complexidade dos fenômenos estudados; possibilitando a participação da sociedade no processo de tomada de decisão, com boa comunicação, relacionando, dessa maneira, as variáveis envolvidas, uma vez que a realidade não é constante e possui várias dimensões. Para isso, conforme elencado no Quadro 14, os indicadores de sustentabilidade, além dos requisitos básicos, devem apresentar alguns elementos básicos de acordo com os estudos de Veleva e Ellenbecker (2001), Patlitzianas *et al*. (2008).

Quadro 14 – Particularidades sobre os Indicadores de Sustentabilidade

Item	Elementos dos Indicadores de Sustentabilidade
1	O período de acompanhamento e cálculo deve ser previamente estipulado, por exemplo, ano, trimestre, bimestre ou mensal.
2	O nível de abrangência deve ter uma hierárquica.
3	Deve ter uma unidade de medida comum (números, porcentagem e horas).
4	O tipo de medição pode ser qualitativo e/ou quantitativo.,.
5	A identificação pode ser alfanumérica pertencente a um único indicador;
6	Sua denominação,deve conter sua designação distintiva
7	Deve ter características essenciais e função específica
8	Devem ser fundamentados e referenciados com abordagem teórica ou desenvolvidos com adequação técnica e científica.

Fonte: Adaptado de Veleva e Ellenbecker (2001) e Patlitzianas *et al*.(2008).

Os indicadores de sustentabilidade são dinâmicos e variam de acordo com a natureza do objeto de estudo (Rabelo; Lima, 2008), sendo fundamental para sua estruturação características pré-existentes e consistentes, para serem considerados sólidos e contribuírem para uma avaliação satisfatória da sustentabilidade (Jannuzzi, 2005). O autor apresenta pontos importantes em relação à aderência dos indicadores em conformidade com as propriedades necessárias, conforme apresentado no Quadro 15.

Quadro 15 – Propriedades Desejáveis para Indicadores de Sustentabilidade

Item	Propriedades necessárias para Jannuzzi (2005)
1	Relevância para a agenda política;
2	Validade de representação do conceito
3	Confiabilidade da medida;
4	Ter cobertura populacional
5	Sensibilidade às ações previstas;
6	Atender as especificidades locais
7	Metodologia replicável e rigorosa na sua construção;
8	Ser informativo e comunicativo ao público;
9	Atualizável
10	Capacidade de ser comparado ao longo do tempo

Fonte: Adaptado de Jannuzzi (2005).

Para Spangenberg (2002), na seleção dos indicadores devem ser atendidas cinco regras, tais como: 1) Independência de cada indicador; 2) Representatividade; 3) Generalização; 4) Robustez; e 5) Sensibilidade. Segundo Bell e Morse (2008), os denominados “Princípios de Bellagio” são constituídos por um conjunto com dez normas guias que servem para medir e avaliar a predisposição para a sustentabilidade, composta por: 1 – Visão e Objetivos; 2 – Perspectiva holística; 3 – Elementos essenciais; 4 – Escopo adequado; 5 – Foco prático; 6 – Abertura; 7 – Comunicação eficaz; 8 – Ampla participação; 9 – Avaliação contínua; 10 – Capacidade institucional. Com a adoção dos “Princípios de Bellagio”, os pesquisadores da área de

sustentabilidade pareciam ter achado uma opção viável, passando a selecionar alguns índices em várias dimensões, superando a ausência de um indicador com um mínimo de aceitação e considerando os vários métodos alusivos definidos anteriormente (Veiga, 2010). Para a seleção e escolha dos indicadores também devem ser levados em consideração escalas expressas por meio de diferentes categorias, por exemplo, Nominais, Ordinais e Cardinais, conforme exposto no Quadro 16.

Quadro 16 – Escala de Indicadores Proposto por Spangenberg

Categorias	Descrição das Regras
Nominais	Consiste na atribuição de dois valores a uma determinada característica (sim ou não), embora não atribuam informações a cerca da qualidade, são menos significativos no que se refere a informação política relevante, mas permitem mensurar dados em caso de temas contraditórios.
Ordinais	Possuem base em uma hierarquia qualitativa. Serve como mensurador das distâncias relativas entre as diferentes classes definidas, atribuem juízos de valor e Podem não ser aceitáveis em níveis internacionais.
Cardinais	São os indicadores quantitativos medem a distância entre às metas planejadas. São conhecidos como indicadores de desempenho. A escala é considerada uma das mais importantes para os indicadores de sustentabilidade.

Fonte: Adaptado de Spangenberg (2002).

Cabe salientar que o conjunto apresentado de requisitos básicos e elementos essenciais, as propriedades necessárias e a escala de indicadores são particularidades necessárias para a seleção adequada destes. Para isso, esses indicadores são utilizados como ferramenta padrão em diversos estudos nacionais e internacionais, facilitando a compreensão das informações sobre fenômenos complexos envolvidos (Campos; Ribeiro; Vieira, 2013), o que colabora para o fortalecimento na proposição de novos indicadores que estão relacionados com a evolução e os modelos propostos sobre os indicadores de sustentabilidade que serão apresentados por seus idealizadores e autores/organizações nacionais e internacionais que estão descritas no próximo subtópico.

3.6 A Evolução dos Modelos de Indicadores de Sustentabilidade

Diante da compreensão da definição dos indicadores de sustentabilidade e da transformação dos conceitos ao longo do tempo. O próximo ponto relevante foi entender como eles evoluíram e quais os principais modelos. Para isso, fez-se a opção por depreender essa trajetória em conjunto por meio da exposição dos eventos marcantes, das demandas existentes, com as relações envolvidas e suas aplicações de uso global e nacional.

Segundo Veiga (2010), a origem dos indicadores de sustentabilidade tem referência literária com os autores D. Nordhaus e de James Tobin's, na obra intitulada: "*Is Grow obslete?*", de 1972, no 5º volume da série *Economic Research: Retrospect and Prospect*. Segundo o autor, a obra apresenta como cerne as respostas dadas à sociedade a partir de indicadores econômicos como o PIB.

Em 1974, o Japão utilizou o Bem-*estar* Nacional Líquido para medir a economia, denominado de *Net National Welfare* (NNW). Em 1979, David Rapport e Anthony Friend conceberam o modelo Estresse-Resposta (ER), pelo Departamento do Governo de Estatística do Canadá. Esse modelo usa uma matriz de indicadores que busca relacionar duas perspectivas de desenvolvimento consideradas opostas, uma sendo a econômica e outra, a ecológica (Rapport; Friend, 1979). Essa matriz expõe as relações existentes entre as perspectivas do meio ambiente, nas quais os conflitos podem ser considerados como desequilíbrios, que podem causar problemas que necessitam ser mitigados e/ou sanados com uma resposta adequada, seja ela uma lei, decreto ou até mesmo ações sociais individuais ou coletivas (Rapport; Friend, 1979).

Por volta dos anos de 1980 começaram a ser desenvolvidos os indicadores ambientais por vários países europeus, com destaque na América do Norte para o Canadá e no continente da Oceania, a Nova Zelândia (Carvalho; Barcelos, 2009). Em 1981, foi lançado o livro, "Crescimento Econômico e Declínio do Bem-estar Social", do economista grego Xenophon Zolotas, no qual foi apresentado o *Index of Economic Aspects of Wellbeing* (EAW) com contribuições significativas para os indicadores, embora o livro não tenha tido grande repercussão na época. No entanto, em 1989, emerge o *Index Sustainable Economic Wellbeing* (ISEW), que trouxe contribuições de Herman E. Daly no capítulo do livro "Nosso Futuro Comum". O índice repercutiu de forma significativa, sendo adotado no cálculo de pelo menos 11 países na época (Veiga, 2010).

A partir da década de 1990, houve pesquisas, discussões e experiências altamente relevantes sobre o uso de indicadores de desenvolvimento, como era denominado o termo na época, movimento inspirado no Relatório de Brundtland, que teve como protagonistas países como: Canadá e Inglaterra, na proposição de indicadores. A Inglaterra foi pioneira no aperfeiçoamento e no uso de metas e indicadores.

O Canadá destaca-se na elaboração de indicadores associados à Agenda 21, que foram publicados em 1995 (Coutinho; Malheiros; Padilha, 2009; Malheiros; Philippi Júnior; Coutinho, 2008). Ainda em 1990 foi criado o IDH por meio do PNUMA, que em seu relatório Human Development Report, sugeriu que para medir o avanço de uma população não se deve considerar apenas a dimensão econômica, mas também outros aspectos como social, cultural e político que interferem as condições de vida e o desenvolvimento humano, envolvendo três elementos fundamentais: longevidade, conhecimento e padrão de vida decente.

No entanto, em 1992, na cidade do Rio de Janeiro, foram estabelecidos alguns princípios para a sustentabilidade, que culminaram na origem da Comissão Sustentável de Desenvolvimento (CSD), cujo objetivo foi de monitorar o progresso alcançado das nações estabelecendo mecanismos para atingir os seus objetivos, tendo em vista o aumento de pessoas no mundo, as diversas atividades desenvolvidas nas cidades e os recursos naturais limitados do planeta. Este evento teve a participação de várias instituições, entre elas: diversos governos, ONGs, instituições educacionais e a ONU.

Nesse processo de construção de indicadores de desenvolvimento sustentável, Quiroga-Martinez (2001) identificou três gerações: a primeira sendo composta por indicadores denominados de indicadores ambientais clássicos que não possuem interrelações entre os componentes de um sistema, como por exemplo: emissões de CO2, desmatamento, erosão, qualidade das águas, entre outros. A segunda sendo constituída por indicadores que são compostos por quatro dimensões: econômica, social, institucional e ambiental, mas ainda sem vínculos entre os temas mencionados, o maior exemplo desse tipo de iniciativa é o Livro Azul da CSD publicado em 1996.

Por último, a terceira geração que possui indicadores que se tem buscado desde 1996. Esses indicadores correspondem aos indicadores vinculantes, sinérgicos e transversais, que incorporam simultaneamente vários atributos ou dimensões do desenvolvimento sustentável (Quiroga-Martinez, 2003). Dessa forma, não está vinculado às listas de indicadores como os propostos de segunda geração, nos quais as variáveis escolhidas têm que possuir correlação muito clara com as outras variáveis, pois fazem parte de um mesmo sistema.

A finalidade da CSD era implementar as determinações estabelecidas pelos capítulos 8 e 40 da “Agenda 21”, elaborada e assinada na conferência internacional Rio-92, a qual resultou na publicação do livro “Indicadores del desarrollo sostenible: marco e metodologias” em 1996, no qual foram inseridos 143 indicadores em quatro anos, posteriormente, eles foram reduzidos para 57 indicadores que foram apresentados contendo fichas metodológicas e diretrizes para sua utilização (Veiga 2009, p. 130). Destaca-se o uso de indicadores como um ambiente de transformação de dados em informações quantitativas e qualitativas para a sociedade, buscando a coerência entre os pontos em comuns para a sua elaboração (Guimarães; Feichas, 2009; Malheiros; Philippi Júnior; Coutinho, 2008; Sartori; Siloto, 2013, Singh et. al., 2012).

Essa ação colaborou para o desenvolvimento de estudos científicos por parte de investigadores e organizações que culminaram na formulação de alguns indicadores, tais como: Pressão-Estado-Resposta (PER), FPEIR, PIB, IDS do IBGE, ESI, Indicador de Progresso Genuíno, Matriz Territorial de Sustentabilidade, Pegada Ecológica, Barômetro da Sustentabilidade, Painel da Sustentabilidade, entre outros.

A OCDE, em 1993, desenvolveu o modelo PER, que contém aproximadamente 50 indicadores que estão classificados em três categorias. Esse modelo teve inspiração no modelo ER (Estresse-Resposta, dos autores Anthony Friend e David Rapport em 1979). O PER fundamentou-se na ação de causalidade, de acordo com as práticas antrópicas que acabam exercendo pressão sobre o ambiente.

Em seguida, foi utilizado um conjunto de indicadores que expressam as condições do meio ambiente que podem promover alterações na qualidade e quantidade dos recursos naturais disponíveis no ambiente, desequilibrando, dessa maneira, a sua situação atual. Por fim, é utilizado um conjunto de indicadores que identifica os problemas que são gerados à sociedade, assim como são promovidas tomadas de decisões que respondam a essas transformações, tais como: o uso de políticas ambientais, econômicas e setoriais que podem anular ou diminuir as pressões ambientais. Uma das vantagens são as conexões entre as ações humanas e o reflexo no ambiente (OCDE, 1993).

Em 1995, o conselho de desenvolvimento sustentável da ONU, a partir da orientação contida no Capítulo 4º, inicia o processo de disseminação da construção de metodologias, treinamento e capacitação no âmbito dos indicadores de desenvolvimento sustentável, com o objetivo de dar suporte à tomada de decisão dos países e servir para a elaboração de relatórios para a CDS-ONU (Malheiros; Philippi Júnior; Coutinho, 2008).

A ONU, em 1996, inspirada também no modelo PER construiu um novo modelo que pudesse atender os 40 capítulos da Agenda 21, esse novo modelo era constituído por indicadores de desenvolvimento sustentável e contou com a participação de especialistas de vários setores da sociedade, esse trabalho ficou conhecido como Livro Azul, contendo uma lista com 134 indicadores (ONU, 1996).

Em 1999 a EEA lançou o modelo composto pelos componentes: Força motriz - Pressão-Estado-Impacto-Resposta (FPEIR). Em 1996, o International Institute for Sustainable Development (IISD), reuniu um grupo de pesquisadores de diversas áreas de conhecimento no centro da conferência de Bellagio, na Itália, com o objetivo de desenvolverem indicadores de sustentabilidade como instrumento de aplicação. O referido instrumento proposto na conferência de Bellagio tem uma abordagem global, propondo um conjunto de indicadores que tenha a capacidade de avaliar o sistema com a produção de resultados relevantes, assim como, com a escolha do método para proposição de indicadores (Sartori; Siloto, 2013).

Em 1996, o método de pegada ecológica foi divulgado por meio da publicação do livro "*Our ecological footprint*" escrito pelos autores Wackernagel e Rees. Segundo Van Bellen (2005), este método obteve uma expressiva divulgação internacional e é utilizado em várias situações. A ferramenta funciona por meio de um modelo que consiste na contabilização da entrada e saída de quantidade de energia que circula dentro de um sistema e que representa os resultados de usos de terra ou água existentes na natureza para equilibrar o funcionamento do sistema de forma interativa e integrada, possibilitando a sustentabilidade do planeta de acordo com a capacidade de uso dos recursos, por meio da categorização do sistema com cinco categoriais: alimentação, habitação, transporte, bens de consumo e serviços. O ponto crucial deste modelo é alicerçado na compreensão da capacidade de carga do sistema.

O barômetro da sustentabilidade é uma ferramenta de avaliação que mede a sustentabilidade, essa ferramenta foi elaborada na década de 1990 por especialistas ligados a instituições internacionais como o *World Conservation Union* e o *International Research Center* (Van Bellen, 2005). Entre os autores que a conceberam a ferramenta, Van Bellen (2005, p. 143) "destaca o autor Prescott-Allen". O método empregado pelo barômetro da sustentabilidade consiste no agrupamento sistêmico, dirigido prioritariamente aos seus usuários, destinado à mensuração da sustentabilidade.

Uma das características importantes do barômetro da sustentabilidade é a capacidade de trabalho com uma combinação de indicadores. Essa combinação de indicadores proposta pelo barômetro da sustentabilidade é feita de forma ordenada e coerente evitando que ocorram distorções no trabalho com indicadores de categorias diferentes. Uma forma de evitar as distorções, informada por Prescott-Allen, consiste na adoção de uma medida comum. Uma das medidas comuns citadas por ele é a monetarização, principalmente nos casos de medidas vinculadas ao comércio e ao mercado. Para os dados não negociáveis, a saída encontrada para mensuração, segundo o barômetro da sustentabilidade, consiste na utilização de escalas de desempenho.

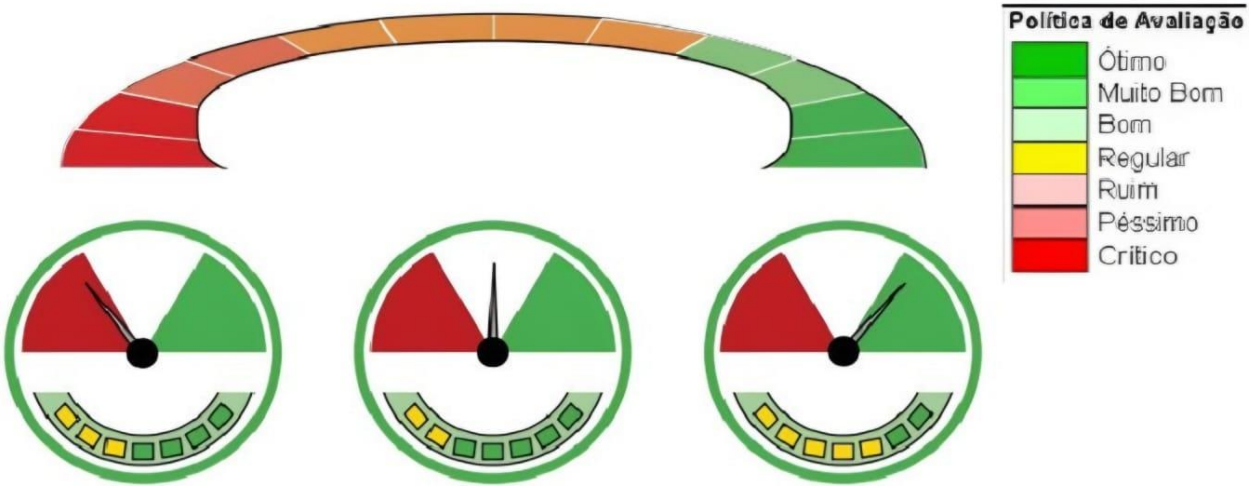
Escalas de desempenho permitem a utilização da medida mais apropriada para cada um dos indicadores. A escolha dos indicadores para o barômetro da sustentabilidade é feita, segundo informa Van Bellen (2005, p. 144), "por um método de hierarquia". Este método é "baseado por um sistema denominado *Participatory Analytical Mapping* (PRAM) desenvolvido pelo *International Research Center*" (Van Bellen, 2005, p. 149). Este processo apresentado por este sistema fornece auxílio aos atores envolvidos na avaliação e identificação das características mais relevantes sobre a unidade na qual ocorrem as relações entre o homem e o meio que o cerca.

Em 2002, dois idealizadores Jochen Jesinghaus e Peter Hardi, apresentaram o Painel de Sustentabilidade em Johanesburgo, na África do Sul, e em seguida no Fórum Social Mundial, em Porto Alegre/RS/Brasil. Essa ferramenta teve inspiração no painel de um automóvel, que agrupou visualmente todas as informações importantes do sistema e as representa de forma clara e objetiva em um único local para acompanhamento e monitoramento (Van Bellen, 2005).

Segundo Van Bellen (2005), existe uma quantidade expressiva de ferramentas que mensuram o grau ou a tendência de sustentabilidade de um sistema. O autor destaca, entre outras ferramentas robustas e aceitas pela comunidade científica internacional, o Dashboard of Sustainability, denominado na língua portuguesa como Painel da Sustentabilidade.

Esse painel vem sendo aplicado desde a década de 90 e tem contribuição de vários estudos coordenados pelo *Consultative Group on Sustainable Development* (CGSDI), que pertence ao IISD, sediado em Winnipeg, no Canadá. Uma representação gráfica da ferramenta pode ser visualizada na Figura 7, na qual há um painel com três comandos principais, que correspondem a três grupos ou dimensões (Louette; Laudisio, 2009).

Figura 7 – Painel da Sustentabilidade



Fonte: Louette e Laudisio (2009).

Essa forma de apresentação dos resultados potencializa a avaliação de dados que muitas vezes são armazenados em extensas planilhas, facilitando o entendimento do seu funcionamento e auxiliando na compreensão do que está acontecendo (Louette; Laudisio, 2009). Para o cálculo, é realizado o uso de uma função por meio da computação da média dos índices que corresponde ao Índice de Sustentabilidade Global chamado de S*ustainable Development Index* (SDI).

O painel da sustentabilidade pode gerar também um Índice de Desempenho Político denominado de *Policy Performance Index* (PPI). Sendo um dos modelos mais utilizados pelo CGSDI com o objetivo de efetuar comparações entre os países em termo de sustentabilidade e representado por quatro dimensões.

Segundo Van Bellen (2005, p. 133) “os indicadores em cada dimensão apresentam pesos iguais”. Dessa maneira, cada dimensão pode apresentar pesos iguais em cada conjunto de indicadores. Vale destacar que os autores Jesinghaus e Hardi elaboradores do modelo proposto têm conhecimento de que os indicadores não possuem a mesma relevância.

Sobre o funcionamento do sistema empregado pelo painel da sustentabilidade, Van Bellen (2005, p.133) “informa que este sistema é flexível permitindo modificações das dimensões sem implicar na alteração da base do próprio sistema”. A adoção de quatro dimensões para o painel da sustentabilidade segue a orientação da Comissão de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (CDSNU) que utiliza este número de dimensões representados pela ecologia, economia, social e institucional. Dessa forma, os indicadores foram classificados no painel da sustentabilidade em quatro dimensões conforme ilustrado no Quadro 17.

Quadro 17 – Painel da Sustentabilidade e suas Dimensões

DIMENSÕES	**PAINEL DA SUSTENTABILIDADE**
Dimensão Ecológica	Mudança Climática
	Depleção da camada de ozônio
	Qualidade do ar
	Agricultura
	Florestas
	Desertificação
	Urbanização
	Zonacosteira
	Pesca
	Quantidade de água
	Qualidade da água
	Ecossistemas
	Espécies
Dimensão Social	Índice de pobreza
	Igualdadede gênero
	Padrão nutricional
	Saúde
	Mortalidade
	Condições sanitárias
	Água potável
	Nível educacional
Dimensão Econômica	Desempenho econômico
	Comércio
	Estado financeiro
	Consumo de materiais
	Consumo de energia
	Geração e gestão do lixo
	Transporte
Dimensão Institucional	Implementação estratégica do desenvolvimento sustentável
	Cooperação internacional
	Acesso à informação
	Infraestrutura de comunicação
	Ciência e tecnologia
	Desastres naturais–preparo eresposta
	Monitoramento do desenvolvimento sustentável

Fonte: Van Bellen (2005).

O painel da sustentabilidade foi concebido com uma visão holística baseada em uma abordagem relacionada com a teoria dos sistemas, no qual há dois tipos de sistemas: “o econômico e o ecológico que o circunda” (Van Bellen, 2005, p. 139). Existem também modelos de painel de sustentabilidade nos quais são considerados o sistema institucional, além do sistema econômico e ecológico. Este sistema funciona da mesma forma que o sistema econômico está circundado pelo sistema ecológico, porém são tratados de forma separada do sistema econômico, podendo não representar o melhor resultado para o uso dessa ferramenta.

Contudo, no Fórum Econômico Mundial em 2002 foi apresentado o Índice de Sustentabilidade Ambiental por estudantes das Universidades de Yale Columbia, o denominado *Environmental Sustainability Index* (ESI) que era composto por 69 variáveis agrupadas em 20 indicadores básicos e abrange cinco dimensões: sistemas ambientais, estresses, vulnerabilidade humana, capacidade social e institucional e responsabilidade global.

Os sistemas ambientais são compostos pelos indicadores da qualidade do ar, água, biodiversidade e a terra. O estresse é representado pelos tipos de poluição do ar, água, ecossistemas, pressões do desperdício e consumo e do crescimento populacional. Por outro lado, a vulnerabilidade humana compreende indicadores e variáveis relacionadas basicamente com o sustento humano e as condições de saúde da sociedade. O indicador ESI é uma ferramenta que funciona de forma organizada e estruturada como uso de um ranqueamento dos resultados obtidos por um índice que representa os componentes de acordo com o seu desempenho em cada indicador e respectiva variável vinculada.

O estudo de Veiga (2009) adverte para a necessidade da obtenção de dados estatísticos específicos sobre fatores relevantes, de acordo com o proposto no conjunto de variáveis. Em 2006, foram apresentados no livro intitulado “Os novos indicadores de riqueza” dos autores Jean Gadrey e Florence Jany-Catrice, os resultados dos indicadores que apresentaram uma diminuição de bem-estar individual, apesar do crescimento do PIB. Veiga (2010) faz críticas a alguns índices específicos, que tratam de questões ambientais, ganhos de lazer e trabalho doméstico, dando origem às grandes e variadas coleções de painéis de informações.

Em 2009, aconteceu uma grande virada relacionada às recomendações sobre indicadores, está escrito no relatório da comissão sobre a medição do desempenho econômico e do progresso social, que instruí mensurar diferente da sustentabilidade e do desenvolvimento, a qualidade de vida ou o bem-estar. Ainda neste ano, a OECD realizou, na Coreia do Sul, uma atualização, que chamou de "*Bellagio STAMP*", reduzindo de dez para oito os princípios gerais e retirando duplicidades e ambiguidades dos indicadores (Sartori; Siloto, 2013; Veiga, 2010).

Os IDS devem ser selecionados, revisados e refinados com base nas comunidades de interesse apropriadas. Eles simplificam, quantificam, analisam e comunicam a informação, devido à sua capacidade de resumir, focar e condensar dados (Singh *et al*., 2012). Um sistema de avaliação por indicadores requer investimento e capacitação dos recursos humanos e aquisição de equipamentos para o monitoramento, diálogo, comunicação e transparência (Bell; Morse, 2013; Malheiros; Philippi Júnior; Coutinho, 2008).

No Brasil, em 1996, inspirado no Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), algumas instituições nacionais realizaram alguns ajustes para o uso dessa ferramenta nas políticas públicas dos municípios do País, dessa forma a Fundação João Pinheiro, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e o PNUD elaboraram o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) (Sartori; Siloto, 2013).

O IBGE, no Brasil, dispõe de uma série de publicações de indicadores que teve início em 2002, 2004, 2008 e 2015, inspirado no movimento internacional pela criação de indicadores de sustentabilidade promovido pela CSD. A primeira versão deixou de incluir alguns indicadores propostos pela ONU, em decorrência de falta de regularidade, impossibilidade de agregação, ausência de monitoramento ou falta de relevância para a realidade brasileira. A versão de 2015 contempla indicadores não incluídos anteriormente. Destacam-se nas publicações de IDS pelo IBGE que marcam o início de uma sistematização com dados e informações que fazem conexões com as dimensões ambiental, social, econômica e institucional. Ressalta-se que o trabalho encontrou limitações, como a inexperiência por parte dos profissionais com o uso de indicadores, sendo organizado em cinco temas principais, tais como: atmosfera; terra; oceanos, mares e áreas costeiras; biodiversidade e saneamento.

Na publicação de 2015, o documento, apresenta 63 indicadores, que são obtidos a partir de pesquisas realizadas com dados do próprio IBGE e de diversas instituições nacionais, que procuram mensurar, em aspectos essenciais a qualidade ambiental e de vida da população, o desempenho macroeconômico do País, os padrões de produção e consumo, bem como a governança para o desenvolvimento sustentável.

Os IDS em nível nacional, são, muitas vezes, desenvolvidos por meio de processos interativos dinâmicos e diálogos entre uma ampla gama de partes interessadas, incluindo representantes governamentais, especialistas, técnicos e representantes da sociedade civil. Este processo permite que os participantes definam a sustentabilidade a partir de suas próprias perspectivas, levando em conta aspectos locais relevantes, bem como seus próprios sistemas de valores (United Nations, 2007). Os indicadores de sustentabilidade têm sido utilizados também como forma de melhorar a base de informações sobre o meio ambiente, auxiliar a elaboração de políticas públicas, simplificar estudos, relatórios e assegurar a comparabilidade entre diferentes regiões (Milanez; Teixeira, 2003).

O emprego de listas pré-existentes de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável é vantajoso por representar economia de tempo e recursos, mas refutado por sua grande falta de especificidade (Donnelly et al., 2006a, 2006b, 2007). Os autores destacam a impossibilidade de defini-los com base em um conjunto de critérios utilizados para selecionar indicadores para outros fins. Os autores frisam, ainda, a importância do conhecimento local e da participação dos stakeholders quanto possível no processo de construção de critérios, de forma que diferentes expertises e pontos de vista possam ser incorporados (Donnelly et al., 2007).

Para Donnelly et al. (2007), uma ação interessante pode ser um workshop reunindo uma equipe multidisciplinar de especialistas apresentando critérios a serem empregados na escolha de indicadores de sustentabilidade para Avaliação Ambiental Estratégica (AAE), sendo eles: (a) ser relevante ao plano; (b) ser politicamente relevante; (c) cobrir uma faixa de receptores ambientais; (d) apresentar tendências; (e) ser compreensível; (f) estar baseado em padrões técnicos e científicos; (g) priorizar questões-chave e emitir alarme precoce; (h) ser adaptável; (i) identificar conflitos.

A pesquisa realizada por Guimarães e Feichas (2009) compreende uma diversidade de estudos, com base em pesquisas bibliográficas, que trabalham com os indicadores de sustentabilidade, onde foram analisadas cinco propostas de indicadores que são relevantes e de grande repercussão para mensurar o desenvolvimento. Esses indicadores apontam critérios que estão relacionados à anuência, destaque na mídia, aportes e às limitações. Os critérios utilizados são: o IDH, o Índice de Bem-estar Econômico Sustentável (IBES), o Índice de Progresso Genuíno (IPG), a Pegada Ecológica, o IDS do IBGE e a Matriz Territorial de Sustentabilidade.

De acordo com Feng e Joung (2009), os quadros de indicadores disponibilizados limitam-se à comunicação das informações, sendo que as partes interessadas têm uma contribuição restrita no direcionamento das ações a serem seguidas para a tomada de decisão adequada, visando a solução de uma problemática identificada. A questão relacionada à seleção de indicadores de sustentabilidade está na possibilidade da agregação temática, depois se determinam o método e as unidades, que serão agregadas de forma técnica. Posteriormente, estabelecem-se as ponderações, que devem ser feitas de forma transparente com análise adequada.

Ressalta-se que a compatibilidade das variáveis de entrada é uma preocupação importante (Singh et al., 2012). Para o uso adequado dos indicadores de sustentabilidade como uma ferramenta de gestão para o acesso da água potável, é necessária a compreensão de diversos fenômenos sejam eles simples e/ou complexos que ocorrem em determinada região, para isso se destaca a necessidade de realizar pesquisas em estudos nacionais e internacionais, buscando auxiliar, apoiar e compreender o processo de tomada de decisão em diferentes níveis (United Nations, 2007; Barros; Silva, 2012), como é o caso da construção de indicadores para uma avaliação da sustentabilidade em determinada região (Campos; Ribeiro; Vieira, 2014; Lacerda; Cândido, 2013; Van Bellen, 2005).

O trabalho desenvolvido pelo IBGE, em 2015, destaca-se também pela atualização, no Caderno 10, que trata dos IDS, apresentando as dimensões: ambiental, social, econômica e institucional, com a recomendação de indicadores para se criar parâmetros de avaliação. Em função da complexidade de se mensurar o nível de sustentabilidade, há um consenso na comunidade científica de que bons indicadores devem contemplar as características de multidimensionalidade,

comparabilidade, participação social, comunicação com a sociedade e relacionamento entre as variáveis.

Neste sentido, o uso combinado de indicadores de forma objetiva e subjetiva pode mitigar as respectivas deficiências de ambos os conjuntos trabalhados isoladamente e fornecem informações melhores e mais precisas para os tomadores de decisão criarem um sistema forte de monitoramento que pode melhorar o processo de desenvolvimento (Liern; Pérez-Gladish, 2018). Dessa maneira, fica evidente que o modelo unidimensional não possa responder adequadamente à sustentabilidade e que o modelo tradicional do TBL esteja sendo o modelo mais adotado para análises em estudos no Brasil (Oliveira et al., 2017).

Diante do exposto pela literatura, fica claro que para a escolha de indicadores de sustentabilidade, é necessário ter uma visão holística com o envolvimento de várias áreas do conhecimento, levando em consideração dimensões e parâmetros, que podem variar de acordo com a especificidade e complexidade do ambiente que se deseja investigar. O Quadro 18 contém de forma simplificada os principais modelos de indicadores de sustentabilidade com suas respectivas dimensões envolvidas que foram encontradas nas pesquisas.

Quadro 18 – Modelos de Indicadores de Sustentabilidade

Autor(es)(Ano)	**Modelos**	**Dimensões**
Nordhaus e Tobin (1972)	PIB	Econômico e Social
Governo Japonês (1974)	NNW	Econômico e Social
Friend e Rapport (1979)	ER	Ambiental e Social
Xenophon Zolotas (1981)	EAW	Econômico e Social
Cobb e Daly (1989)	ISEW	Econômico, Social e Ambiental
Report Development Human (1990)	IDH	Econômico, Social, Cultural e Politico
OCDE (1993)	PER	Ambiental e Social
CDS-ONU (1995)	PSR	Ambiental e Social
Prescott-Allen (1995)	Barômetro da Sustentabilidade	Ambiental e Social
Wackernagel e Rees (1996)	Pegada Ecológica (Ecological Footprint)	Ambiental
EEA (1999)	DPEIR	Ambiental
Universidade Yale e Columbia (2002)	ESI	Sistemas Ambientais,Estresses, Vulnerabilidade, Social, e Responsabilidade Global
Jesinghaus e Hardi (2002)	Painelda Sustentabilidade	Ambiental, Social, Econômicoe Institucional
IBGE (2002, 2004,2008, 2015)	IDS	Ambiental,Econômico, Social, Institucional
ONU (2015)	ODS	17 Objetivos

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Os indicadores de sustentabilidade possuem algumas limitações, como a dificuldade de expressar qualitativamente e/ou quantitativamente aquilo que o conceitua, assim como o conjunto de informações vinculadas. Este tipo de situação pode ser observado na escolha de indicadores e de mecanismos utilizados para realizar uma determinada medição que pode ser considerada ou não. Embora seja possível identificar uma expressiva quantidade de modelos que utilizam indicadores para medir, monitorar e processar as informações sobre a sustentabilidade nas organizações a nível global é necessário conhecer e compreender como elas estão sendo utilizadas no Brasil.

No Brasil, a Lei nº 9.433 de 1997, assegura à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, proporcionando a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável. Neste sentido, a situação e as características locais são fundamentais, podendo corroborar o uso adequado dessa ferramenta. No caso dos indicadores de sustentabilidade, as especifidades são mais complexas em virtude de englobarem características multidimensionais conectadas a elementos relevantes.

3.7 Uso de Indicadores de Sustentabilidade na Gestão da Água

Para a análise dos artigos selecionados foram consideradas as seguintes questões, quais são os principais autores/ano, quais as principais aplicações dos indicadores, objetivos, modelos de avaliação utilizados e informações relevantes em cada documento selecionado na pesquisa. Na pesquisa realizada por Pires et al. (2017), foi utilizado um conjunto contendo 170 indicadores relacionados com gestão da água, para isso foi proposto um conjunto de critérios de sustentabilidade.

Esses indicadores foram avaliados por um painel internacional de especialistas que avaliaram os atendimentos aos quatro critérios de sustentabilidade: social, econômico, ambiental e institucional. Ao final, foi utilizada uma matriz de avaliação que classificou todos os indicadores de acordo com o modelo Driving forces – Pressures – States – Impacts – Responses (DPSIR). Os resultados do estudo mostram que apenas 24 indicadores atendem à maioria dos critérios de sustentabilidade, outros 59 indicadores são bidimensionais e 86 são indicadores unidimensionais, além de um indicador não atender a nenhum dos

critérios de sustentabilidade. Entretanto, no estudo de Gain, Guipponi e Wada (2016) foi realizado um trabalho com indicadores de sustentabilidade para analisar o papel que a água desempenha na sustentação de sociedades equitativas, estáveis e produtivas e ecossistemas. As Nações Unidas já reconheceram a garantia da segurança hídrica como um item importante que compõe o Objetivo 6, dentro dos 17 ODS.

As bacias hidrográficas internacionais tendem a experimentar ‘baixa segurança hídrica’ nas próximas décadas. Nesta pesquisa é apresentada uma estrutura de análise espacial multicritério para fornecer uma avaliação global de segurança da água. Os indicadores selecionados são baseados no Objetivo 6 dos ODS. O termo 'segurança' é conceituado como uma função de 'disponibilidade', 'acessibilidade aos serviços', 'segurança e qualidade', e 'gestão'. O Global Water Security Index (GWSI) é calculado agregando valores do indicador, usando o método de média ponderada ordenada.

No estudo de Cerezini et al. (2017), os autores propõem um sistema de indicadores de sustentabilidade com a finalidade de diagnosticar, avaliar e monitorar a gestão dos recursos hídricos em um campus universitário. No caso, o Campus de São Carlos da Universidade de São Paulo foi o escolhido para estudo de caso. Para o processo de construção do Sistema de Indicadores de Sustentabilidade, foi selecionado o modelo estrutural de matriz de análise PEIR (Pressão–Estado– Impacto–Resposta) e realizado um diagnóstico do uso da água no Campus. O sistema de indicadores de sustentabilidade proposto forneceu informações sobre a qualidade dos recursos hídricos, sobre os programas e políticas ambientais em andamento, assim como outras questões relevantes foram consideradas pelos gestores, esse modelo proposto despertou o interesse do investigador em elaborar algo semelhante a ser aplicado nessa pesquisa em curso.

Esse tipo de pesquisa com as adaptações necessárias pode ser um caminho viável para avaliação da efetividade dos indicadores de sustentabilidade que serão usados nesse estudo e o seu monitoramento pode ser uma ferramenta importante para o acesso à água potável. Considerando as características únicas da região amazônica, neste sentido, esses instrumentos podem ser capazes de monitorar os indicadores a serem selecionados para o desenvolvimento da região sendo importante para promover melhores condições de vida para a população e a garantia de preservação do meio ambiente para as gerações atuais e futuras.

O Programa das Nações Unidas e Meio Ambiente (PNUMA), em 2007, diante das suas atribuições, deliberou um modelo como o resultado entre as pressões ocasionadas pelas atividades humanas e o meio ambiente. Mediante aos fatos, a identificação das atividades que de algum modo afetam o meio ambiente ficam identificadas como PEIR. O PEIR é analisado como um programa de comunicação, cujo objetivo é mostrar e discutir as questões ambientais, proporcionando alternativas para ações como análise de medidas corretivas, direcionando as organizações a um rumo concreto no enfrentamento dos problemas ambientais, como também, identificar aptidões e níveis de responsabilidade dos agentes sociais comprometidos (Silva *et al*., 2012).

Um estudo interessante realizado por Van Oel *et al*. (2019) relaciona a demanda global por alimentos, pela sociedade, com o aumento dos impactos ambientais relacionados com as mudanças do clima, em alguns casos se tornando até mais graves. Os mecanismos de governança tornaram-se ainda mais relevantes, sendo que esforços individuais e coletivos dos atores da água para governança alimentar poderiam contribuir para a gestão sustentável dos escassos recursos hídricos localmente mobilizados para atender à demanda mundial por alimentos.

A pesquisa de D'Ambrosio, Gentile e Girolamo (2020) sobre a pegada hídrica teve como objetivo avaliar a sustentabilidade no uso da água na escala da bacia, por meio da pegada hídrica. A metodologia proposta foi a de uma pegada hídrica integrada a um sistema hidrológico e modelo de qualidade da água e dados com monitoramento em fluxo para avaliar a pegada hídrica no Canale D'Bacia Aiedda (Itália). A ferramenta de avaliação de solo e água foi usada para estimar o escoamento, evapotranspiração e nutrientes no escoamento.

A pesquisa de Ferreira, Lima e Corrêa (2020), sobre o uso de indicadores de sustentabilidade para fortalecer a gestão dos recursos hídricos no Brasil, apontou que, embora exista uma determinada abundância, isto também obscurece os problemas reais de poluição, demanda, disponibilidade e conflitos desses recursos na região. Com isso, o estudo visa contribuir para a avaliação dos processos de desenvolvimento da região nordeste do estado do Pará, com o uso de Índices de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas para considerar a situação hidrológica, ambiental, social e de gestão dos recursos hídricos da Bacia do Rio Moju e para sugerir um modelo de pagamento pelo uso de seus recursos hídricos.

Destaca-se também o estudo de Silva *et al*. (2020) no qual apresentam uma proposta para avaliação da sustentabilidade da água em bacias hidrográficas que está associada com os resultados obtidos nos estudos de Maurya *et al*. (2020) os quais tem como culminância com a criação de um único índice baseado na combinação do *Integrated Urban Water Management* (IUWM) e *frameworks* de Pressão—Estado—Resposta (PSR).

A pesquisa de Vanham e Mekonne (2021) utilizou e promoveu o indicador pegada hídrica ponderado pela escassez, que visa abranger tanto o uso da água azul como o *stress* da água azul num único indicador que é recomendado em um documento ISO sobre pegada hídrica e muitos estudiosos têm utilizado indicadores associados de uso de água ponderados pela escassez. No Quadro 19 está apresentado um conjunto de informações que foram categorizadas com as aplicações de indicadores para a gestão dos recursos hídricos que servem de fundamentos teóricos para a seleção dos indicadores mais adequados para uma determinada localidade.

Quadro 19 – Referências com Aplicações à Gestão de Recursos Hídricos

Autores	Aplicação	Objetivos	Indicadores Utilizados	Informações Relevantes
Pires*etal* (2017)	Avaliação de indicadores de sustentabilidade usadosnagestãode recursos hídricos	Avaliar como os indicadores de uso e gestãodaáguaquanto ao cumpri- mento os quatro critérios de sustentabilidade: social, econômica, ambientaleinstitucional.	Foram identificados 170 indicadores relacionados ao uso e gestão da água. Estes abordam um ou mais dos aspectoscom o uso consuntivo da água ligado aos três setores: agrícola, industrial e doméstico; uso não consuntivo da água em práticas não extrativistas; relacionados ao papel ambiental dos recursos hídricos; relacionados à governança da água e indicadores hidrológicos.	Aplicou-se uma matriz de avaliação que classificou todos os indicadores de acordo com o Quadro de DPSIR (Forças motrizes, Pressões, Estados, Impactos e Respostas). Onde 24 indicadores atenderam à maioria dos critérios de sustentabilidade; 59 foram classificados bidimensionais (cumpriram apenas dois critérios);86 unidimensionais e um que não atendeu a nenhum dos critérios de sustentabilidade.
Gain, Giupponi, Wada (2016)	Avaliação de segurança da água.	Criação de uma estrutura de análise espacial multicritério para avaliação global de segurança da água com indicadores baseados no Objetivo 6 dos ODS.	Índice de escassez de água azul (WSI), Índice de seca (DI), esgotamento da água subterrânea, acesso ao saneamento, acesso à águapotável,índicedegovernança mundial, índice de qualidade da água, índice de frequência de inundação, estrutura legal transfronteiriça, estrutura jurídica transfronteiriça	Critérios de seleção dos indicadores: disponibilidade, acessibilidade aos serviços; segurança e qualidade; gestão. Os indicadores de avaliação do espaço e performances temporais foram associados à identificação das necessidades específicas de melhoria em cada país. As análises espaciais para aumentar a disponibilidade de recursos hídricos, e expandir a acessibilidade à água potável e saneamento,para melhorar a qualidade da água, reduzir inundações frequentes e melhorar a capacidade de instituições nacionais e internacionais.
Cerezini*etal* (2017)	Gestão de recursos hídricos locais	Propor um sistema e IS para diagnosticar, avaliar e monitorar a gestão de recursos hídricos em um campus universitário.	Indicadores (baseado na matriz de análise PEIR): Consumo de água, Geração de efluentes líquidos, índice de qualidade da água, disponibilidade hídrica, gastos com água e coleta, tratamento de efluentes, manutenção dos sistemas hidráulicos.	A utilização do sistema de IS proposto deve ser combinado com ações de transparência como apresentação de relatórios de sustentabilidade periódicos para que a gestão de sustentabilidade dos recursos hídricos seja efetiva.

(Continua...)

Autores	Aplicação	Objetivos	Indicadores Utilizados	Informações Relevantes
Van Oel *et al* (2019)	Governança sustentável de sistemas de água para comida	Sintetizar percepções de gestão de água agrícola, de recursos hídricos e socio-hidrologia para contribuir para uma governança sustentável da água para alimentos.	Produtividade agronômica da terra; Intervalo de rendimento; eficiência de irrigação; produtividade econômica da terra; produtividade agronômica da água; contas de água em nível de bacia; produtividade econômica da água; Produção de safra; pegada hídrica de pessoas/nações; Transferência de água virtual.	Para melhorar a governança sustentável de água para alimentos é mais adequado do que um único indicador seja construído a partir do conjunto de indicadores de água para alimentos considerados.
Maurya *et al* (2020)	Desenvolvimento de ferramenta de tomada de decisão para desenvolvimento sustentável da água em área urbana.	Criar um único índice baseado na combinação de Gestão Integrada de Águas Urbanas (IUWM) e frameworks de Pressão-Estado-Resposta (PSR)	Índice de Planejamento de Desenvolvimento de água (WDPI) baseado nas categorias: Segurança da água, Investimento, Qualidade da água, Quantidade da Água, Infraestrutura, Reuso, Reciclagem e Recarga e Governança.Construídas a partir de 22 IS.	A criação do WDPI foi realizada com sucesso, a partir do desenvolvimento de inúmeros indicados compostos e parâmetros qualitativos. Entretanto, o grande número de medidas associadas à avalição de sustentabilidade no setor de gestão do abastecimento urbano adiciona complexidade devido a integração destes indicadores.
D'Ambrosio, Gentile, De Girolamo(2020)	Avaliação da sustentabilidade no uso da água por meio de indicadores de bacia para cálculo de pegada hídrica	Avaliar a pegada hídrica na Bacia de Canale D'Aiedda, Itália.Estimar o escoamento, evapotranspiração e nutrientes no escoamento.	Indicadores de solo: cargas de fluxo de corrente (Q), sedimento (TSS), nitrogênio total (TN) e fósforo total (TP). Indicadores da Bacia: precipitação (Pcp); rendimento de água (WY); percolação de água (P); evapotranspiração de referência (ET_0); real evapotranspiração (ET_a) considerando chuva (ETa sem irr) e irrigadas (ETa); LTN e LTP, carregamento deTN eTP na saída.	A estrutura proposta para cálculo da pegada hídrica-PH (verde, azul e cinza) se mostrou útil para explorar a heterogeneidade temporal e espacial de PHs de diferentes culturas, e na identificação de áreas de hotspot dentro de uma bacia onde as formulações de resposta são necessárias para alcançar o uso sustentável.

(Continua...)

(Conclusão)

Autores	Aplicação	Objetivos	Indicadores Utilizados	Informações Relevantes
Silva *et al* (2020)	Avaliação da sustentabilidade da água a partir da perspectiva dos capitais de desenvolvimento sustentabilidade	Desenvolver um sistema de indicadores para avaliação da sustentabilidade da água em bacias hidrográficas.	Disponibilidade média de água per capita no período de avaliação; Variação ao longo do tempo de avaliação; Perdas nos sistemas de abastecimento de água e irrigação (%); índice de conformidade de qualidade; Cobertura de tratamento de águas residuais e sistemas de controle de efluentes (urbano e rural); Estado da capacidade de recarga da água subterrânea, saúde do solo no abastecimento de água bacias e zonas ribeirinhas e saúde ecológica; Proporção de Corpos d'água degradados;	Definiu-se uma estrutura analítica a partir da perspectiva dos capitais naturais, sociais e construídos a partir de parâmetros de sustentabilidade relacionados. Cada capital foi subdividido hierarquicamente em categorias, subcategorias e atributos, levando a 54 aspectos para a avaliação de sustentabilidade da água; propôs-se um Índice de Sustentabilidade Hídrica da Bacia Hidrográfica (RBWSI) e subíndices associados às categorias e subcategorias do modelo.
Ferreira, Lima e Corrêa (2020)	Fortalecer a gestão da água contribuindo para desenvolvimento no nordeste da Amazônia	Usar Índices de Sustentabilidade na para a gestão dos recursos hidrológicos, da Bacia do Rio Moju	Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográfica (ISBH) baseado nos indicadores de bacia: definidor de comportamento hidrológico (Pw_H), ambiental (Pw_E), social (Pw_M) e de gestão(Pw_M).	O índice avaliado foi fortemente impactado pela falta de informação sobre aspectos hidrológicos como volume retirado e capacidade; e de dados sociais. Mas, foi suficiente para apontar possíveis estratégias Para região e outras similares no país.
Vanham, Mekonne (2021)	Avaliação da Pegada Hídrica ponderada	Avaliar as inconsistências no uso da pegada hídrica azul (WF) com ênfase nos indicadores de eficiência hídrica e estresse hídrico azul.	Pegada hídrica ponderada: eficiência hídrica e estresse hídrico azul.	A análise da produção global de trigo irrigado mostrou que o uso do indicador WF ponderado pela escassez gera resultados inconsistentes. O trigo irrigado de forma insustentável apresenta, paradoxalmente, melhores pontuações de WF do que o produzido de forma sustentável, comprometendo a Meta de Desenvolvimento Sustentável (SDG) Para avaliar a melhora da sustentabilidade do uso de água azul, é necessário utilizar separadamente os indicadores de estresse hídrico e eficiência Hídrica de forma complementar.

Fonte: Elaborado pelo Auor (2023).

A nível nacional, foram selecionados oito artigos, sendo que o primeiro que se destaca está na pesquisa de Castro, Silva e Marchand (2015), na qual é feita uma abordagem sistêmica de caráter investigativo com natureza descritiva e analítica, sendo recomendado o seu desenvolvimento em cinco etapas. A base para isso se deu no estudo que foi realizado nos municípios de Iranduba, Manacapuru e Novo Airão, que estão localizados no estado do Amazonas, Brasil. O uso de indicadores teve um processo de adaptação para a gestão sustentável de resíduos sólidos que teve como referencia os trabalhos de Milanez (2002) e Polaz e Teixeira (2009), os quais utilizaram indicadores de sustentabilidade com fins de avaliar a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos.

O estudo de Mello e Fogaça (2016) apresenta, com clareza, quais os efeitos de um programa para avaliação de indicadores sobre a gestão ambiental, nos municípios do estado de São Paulo, para enfrentar os problemas ambientais e qualificar as cidades quanto à situação ambiental, com base no Indicador de Avaliação Ambiental (IAA) que é publicado, segundo a Secretaria de Estado de Meio Ambiente, para que o poder público e toda a população possam utilizar como um indicador na formulação e aprimoramento de políticas públicas e demais ações sustentáveis.

Na investigação de Silva e Cândido (2016), foi realizada a aplicação de indicadores de sustentabilidade para monitorar um sistema na área do turismo. Este sistema foi adaptado inspirado no que havia sido proposto por Hanai em 2009, que consiste em um sistema de indicadores de sustentabilidade composto por seis dimensões, com seus respectivos indicadores de sustentabilidade selecionados, hierarquizados e ponderados a partir da participação da comunidade local. O objetivo do estudo foi identificar o nível de sustentabilidade da atividade turística de Areia/PB. Em termos metodológicos, foi realizado um estudo de abordagem quantitativa, exploratório e descritivo, conduzido sob a forma de um estudo de caso realizado em Areia/PB.

Os autores Itacaramby e Henkes (2016) utilizaram indicadores de sustentabilidade para a gestão de unidades de conservação de uso sustentável. Tal proposta aplicou a ferramenta do Barômetro da Sustentabilidade como metodologia de avaliação do desenvolvimento sustentável de uma região e também no caso específico da gestão da Área de Preservação Ambiental de Pouso Alto com a construção de escalas de desempenho, contendo intervalos com os níveis de sustentabilidade com atribuições comparativas.

De acordo com Barros e Silveira (2019), o uso de indicadores de sustentabilidade deve ser utilizado como ferramenta para permitir o auxílio aos gestores no processo de tomada de decisão. Este trabalho teve como contribuições desenvolver e validar um conjunto de indicadores modificados, com base em variáveis quantitativas que consideraram as diversas dimensões da sustentabilidade. A estratégia empregada para proposição dos indicadores consistiu na revisão bibliográfica de documentos nacionais e internacionais, seguida da análise de sua aplicabilidade na gestão em municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte/MG/Brasil. O resultado da proposta foi a proposição de um conjunto de 16 indicadores, validados em três municípios, cujos valores expressam tendências à sustentabilidade e mostram as deficiências da gestão local.

A pesquisa realizada por Amaral, Moret e Marta (2019) propõe indicadores para a construção de um indicador geral de sustentabilidade que possibilita classificar as microgrids térmicas de acordo com a contribuição ambiental, social e econômica, com o uso de dez indicadores ambientais, oito sociais, sete econômicos compondo um indicador geral. Neste estudo, foram utilizados dados oficiais e levantamento de dados junto às concessionárias de distribuição de energia elétrica. A modelagem proposta contribui para definir políticas para o controle de gases efeito estufa, a mitigação de riscos, o desenvolvimento de novas tecnologias e a distribuição de recursos públicos para investimentos em fontes alternativas de energia.

O trabalho de Bueno et al. (2020) faz a aplicação de indicadores socioambientais em pisciculturas familiares, nas quais foram utilizados 14 indicadores sociais e oito ambientais. Estes indicadores foram bem-sucedidos no mapeamento de sustentabilidade capaz de auxiliar na gestão das unidades de pisciculturas e na elaboração de ações para o desenvolvimento social e econômico local, porém não houve o uso de outros tipos de indicadores.

Na pesquisa de Silva, Coelho e Souza (2021) foi realizada uma síntese dos principais indicadores de sustentabilidade utilizados em agroecossistemas de várzea, com reflexão nos critérios empregados durante sua seleção, construção e seus resultados. Foram identificados 12 indicadores compostos e um simples. O trabalho demonstrou que a efetividade do uso está intimamente ligada ao caráter participativo e à flexibilidade na construção. Além de uma adequada avaliação da situação problema sob diferentes perspectivas, a análise das respostas aos indicadores utilizados para cada situação particular (lembrando que a adaptação de indicadores às situações particulares é altamente recomendada) permitiu aos pesquisadores, na maioria dos casos, propor soluções e estabelecer novas metas a serem alcançadas.

Todos os estudos da pesquisa corroboraram com conhecimentos relevantes dotando o pesquisador com habilidades e competências necessárias para subsidiar o alicerce do referencial a ser seguido e para auxiliar na seleção dos indicadores de sustentabilidade adequados para a proposta de avaliação e o monitoramento do desenvolvimento sustentável de uma região, tendo como papel fundamental colaborar para a formulação e implementação de ações, investimentos, projetos e políticas públicas voltados ao desenvolvimento sustentável local no objeto de estudo escolhido.

O uso dos indicadores de sustentabilidade para análise das situações problema propostas mostrou-se útil, ou seja, permitiu uma avaliação criteriosa da situação, discriminação minuciosa de fatores e o aprofundamento da compreensão sobre o contexto. Contribuindo para a formação de visão holistica adequada para a avaliação das questões problema que fez abordagens sob diferentes perspectivas, a análise das respostas aos indicadores utilizados para cada situação particular. Dessa forma, no Quadro 20 são elencados os artigos nacionais sobre o uso dos indicadores que podem ser utilizados como base no que se pretende investigar. Sendo assim, buscou-se aprofundar as discussões para caracterizar especificamente cada aplicação com os indicadores que foram utilizados nesta Tese.

Quadro 20 – Referências com Aplicações Gerais

Autores	Aplicação	Objetivos	Indicadores Utilizados	Informações Relevantes
Castro, Silva, Marchand (2015)	Gestão de resíduos sólidos (AM)	Avaliar os sistemas de gestão dos resíduos municipais por meio de indicadores de sustentabilidade	Adaptados de Milanez (2002); Polaz e Teixeira (2009). (1) configuração do sistema; (2) infraestrutura; (3) sustentabilidade financeira; (4) prestação dos serviços; (5) recursos humanos; (6) aspectos organizacionais; (7) extensão social; (8) conformidade legal;(9) impactos ambientais	Os três municípios executam apenas alguns dos serviços de gestão dos RSU, e os resultados mostraram-se inferiores a um estágio médio de sustentabilidade. O sistema se mostrou viável, mas precisa diminuir o grau de subjetividade.
Mello e Fogaça (2016)	Gestão Pública (SP)	Avaliar os efeitos de um programa de avaliação de indicadores sobre a gestão ambiental nos municípios do Estado de São Paulo	*Indice de Avaliação Ambiental* IAA=ΣIDi–PP ΣIDi — é o somatório dos Indicadores de Desempenho (IDi) nas Diretivas Ambientais do Programa Município Verde Azul (pontuação: 0-100). PP - São passivos e/ou pendências ambientais de responsabilidade do Município (pontuação:0-30).	Enfrenta dificuldades de ordem técnica, administrativa e financeira de muitos municípios é insuficiente para desenvolver uma política ambiental que atenda às necessidades locais e, seja compatível com as diretrizes definidas nas esferas superiores de governo.
Silva e Cândido (2016)	Desenvolvimento do Turismo (PB)	Identificar e analisar o nível de sustentabilidade da atividade turística por meio de aplicação do SISDTur.	*SISDTur - Sistema de Indicadores de Sustentabilidade do Desenvolvimento do Turismo* (14 ambientais; 7 culturais; 5 sociais; 5 econômicos; 11 turísticos; 5 institucionais).Total: 47 indicadores	A aplicação dos indicadores foi bem-sucedida e forneceu um conjunto de informações fundamentais para a formulação e implementação de ações, investimentos, projetos e políticas públicas voltados ao desenvolvimento do turismo sustentável.
Itacaramby e Henkes (2016)	Gestão de Área de Proteção Ambiental (GO)	Proposta de implementação de um indicador de sustentabilidade para otimizar a gestão de uma APA.	*Barômetro de Sustentabilidade* criado pela IUCN e IDRC. Combina bem-estar humano com do ecossistema, medidos individualmente por seus respectivos índices e relacionados através de um gráfico orientado por coordenadas cartesianas.	Os autores concluíram que a metodologia permitirá a avaliação e monitoramento do desenvolvimento sustentável da região, e orientar as políticas públicas necessárias para atingir o objetivo da criação da APA e seu consequente Plano de Manejo.

(Continua...)

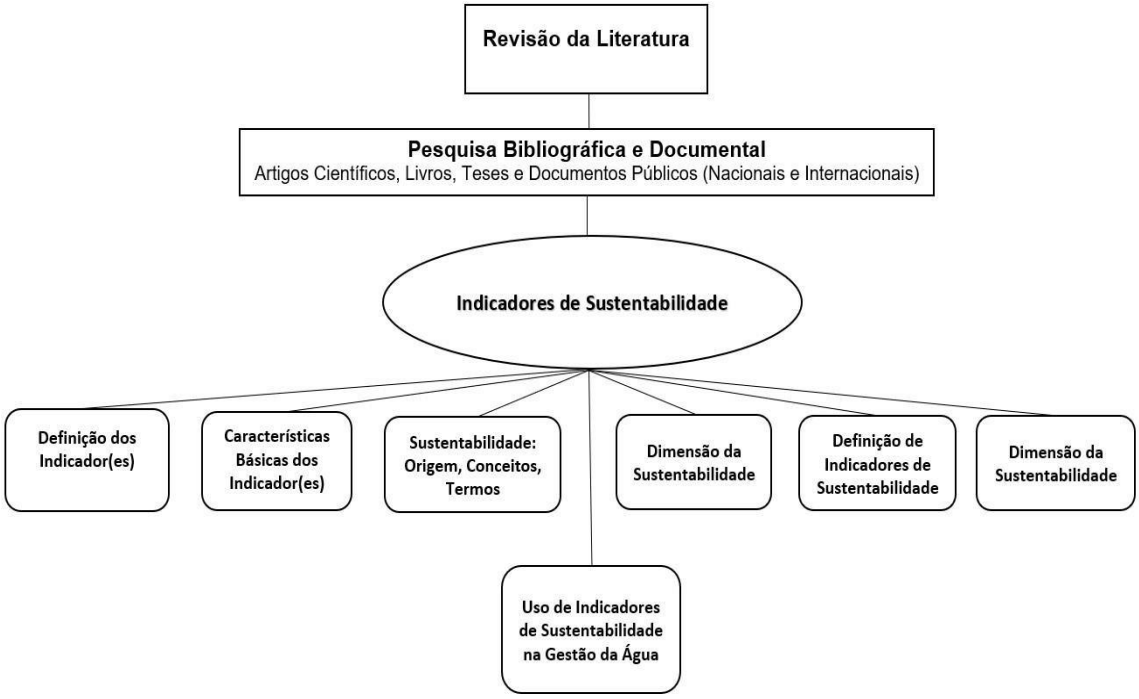
(Conclusão)

Autores	Aplicação	Objetivos	Indicadores Utilizados	Informações Relevantes
Barros e Silveira (2019)	Gestão de resíduos sólidos integrada (MG)	Contribuir para o desenvolvimento e validação de um conjunto de indicadores modificados com base em variáveis quantitativas que considerem as várias dimensões da sustentabilidade.	16 indicadores adaptados de Polaz e Teixeira (2008) organizados em uma matriz preliminar e categorizados em faixas avaliativas respeitando as dimensões: Ecológica; Econômica; Social; Político-institucional; e Cultural.	O uso de indicadores se mostrou útil para formulação e acompanhamento das políticas públicas, mas pressupõe condições adequadas para uma mais consistente. Sua adoção requer amadurecimento do consórcio de gestão de RSU, sistematização dos procedimentos de coleta, de análise e de difusão dos resultados, além de uma adequada representação da realidade.
Amaral, Moret e Marta (2020)	Usinas Térmicas em sistemas isolados (RO)	Apresentar uma metodologia de análise de sustentabilidade de usinas térmicas com base em indicadores para a construção de um indicador geral de sustentabilidade para classificar as *microgrids* térmicas de acordo com a contribuição ambiental, social e econômica.	10 indicadores ambientais, 8 sociais, 7 econômicos compondo um indicador geral	A aplicação dos indicadores foi adequada para constatação do nível crítico de sustentabilidade das *microgrids*, pois, o modelo de geração de energia não privilegia recursos locais e sustentáveis, nã opromove a geração de empregos e renda, e não é suficiente para promover a expansão da infraestrutura básica.
Bueno et al (2020)	Piscicultura Familiar (SP)	Aplicação de indicadores socioambientais em pisciculturas familiares	14 indicadores sociais e 8 ambientais.	Os indicadores de sustentabilidade social e ambiental foram bem-sucedidos no mapeamento de sustentabilidade capaz de auxiliar na gestão das pisciculturas e na elaboração de ações para o Desenvolvimento social e econômico local.
Silva, Coelho e Sousa (2021)	Agro ecossistema de várzea (AM)	Sintetizar os principais indicadores de sustentabilidade utilizados em agroecossistema de várzea, com foco nos critérios de seleção, construção e resultados.	MESMIS: ferramenta para escolha de indicadores Masera, Astier e López-Ridaura (2000) 12 indicadores compostos e 1 simples	Nenhum dos 13 indicadores de sustentabilidade selecionados para os agros ecossistemas de várzea, por meio da ferramenta MESMIS, podem ser excluídos durante uma análise multidimensional. Se houver uma compreensão adequada da lógica de produção local é possível contribuem realizar uma seleção que melhor caracterize satisfatoriamente a realidade a ser estudada.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Diante do exposto nessa etapa e conforme o proposto neste capítulo, demonstrou-se a relevância científica e os argumentos que apoiam e sustentam a pesquisa com coerência, objetividade e lógica necessária. Sendo assim, uma vez descritos os componentes que se referem a pesquisa sobre os assuntos que envolvem os indicadores de sustentabilidade, optou-se por apresentar, na Figura 8, os elementos que sintetizam e compõem este capítulo, que foram obtidos na busca e seleção do conjunto de documentos realizados pela pesquisa bibliográfica e documental que embasam teoricamente e cientificamente a tese.

Figura 8 – Recorte com os Tópicos da Etapa II da Revisão da Literatura



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Segundo Van Bellen (2005), a maioria dos sistemas de indicadores existentes utilizados para tratar das questões humanas foram elaborados para tratar sobre assuntos específicos, embora não possam ser considerados indicadores de sustentabilidade. Esses sistemas, contudo, possuem potencial representativo dentro do contexto de desenvolvimento sustentável. Posteriormente, serão descritos os procedimentos metodológicos concebidos pelo pesquisador que se encontram em harmonia, congruência e sequenciamento lógico com os demais capítulos apresentados.

O estudo sobre o acesso à água potável e os indicadores de sustentabilidade, por meio da revisão bibliográfica, realizado nessa tese, considerou a definição de acesso à água potável como sendo um conjunto de condições que são necessárias para obter permanentemente um recurso líquido que recebeu tratamento adequado ou que pode ser utilizado pelas pessoas em quantidade, qualidade e sem interrupções, de forma segura, para suprir a necessidade de consumo e uso para as suas atividades diárias.

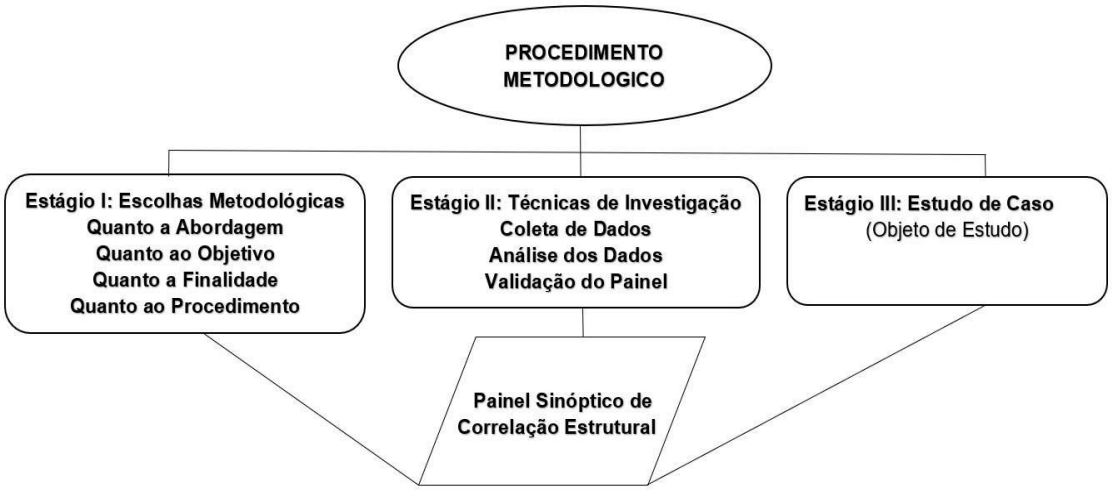
O conceito de indicadores está alicerçado como sendo elementos que permitem sintetizar informações sobre fenômenos complexos, tornando-os mais acessíveis e mensuráveis, facilitando a interpretação de um determinado contexto (Van Bellen, 2005). No caso, o conceito de sustentabilidade adotado, baseia-se na definição pela busca por alcançar uma harmonia dinâmica e simultânea entre o equilíbrio dos subsistemas existentes sejam eles: ecológicos (sustentabilidade ambiental), sociais (sustentabilidade social), econômicos (sustentabilidade econômica), entre outros, com características multidimensionais e que só pode ser auferido de forma integrada com compromissos e equilíbrios entre as múltiplas dimensões da sustentabilidade (Wu, 2013).

A definição de indicadores de sustentabilidade considerou-os como um conjunto de elementos que se caracterizam pelas evidências obtidas em um estudo, sendo categorizadas em multidimensões, constituindo as especificidades locais de maneira qualitativa e/ou quantitativa, com a finalidade de criar condições favoráveis para o desenvolvimento sustentável de um determinado ambiente.

4 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Neste capítulo, são apresentados os procedimentos metodológicos adotados, os quais foram organizados de forma sistêmica, utilizando uma combinação de estágios, fases e ações praticadas para o alcance do objetivo geral dessa tese, a qual é de natureza aplicada, tendo como culminância a proposição de um conjunto de indicadores de sustentabilidade adequado para melhorar as condições de acesso à água potável para os habitantes do perímetro urbano no distrito do Apeú/Castanhal/Pará. Para isso, este capítulo está estruturado em três estágios sendo: I – Escolhas metodológicas, II – Técnicas de Investigação e III – Estudo de Caso (Objeto de Estudo). Conforme apresentado na Figura 9.

Figura 9 – Estágios do Procedimento Metodológico da Pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Os estágios I, II e III, ilustrados na Figura 9, exibem o percurso efetivado para o êxito desse capítulo. Sendo que, ao final deste, está exposto um painel sinóptico de correlação estrutural, contendo os principais elementos utilizados para alcançar os objetivos específicos e geral com a realização das ações praticadas. Na sequência, são descritas as escolhas metodológicas que foram empregadas nessa pesquisa.

4.1 Estágio I: Escolhas Metodológicas

As escolhas metodológicas adotadas envolveram quatro subtópicos fundamentais, evidenciados quanto à abordagem, ao objetivo, à finalidade e aos procedimentos, com o uso de dados secundários e primários (Creswell, 2010; Maxwell, 2012; Stake, 1995; Yin, 2015).

Os dados secundários foram obtidos com o uso de pesquisa bibliográfica em periódicos, livros e monografias de acesso livre que resultou na fundamentação da revisão de literatura, nas bases de dados: Web of Science, Scopus, Portal de Periódico da Capes, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e a Biblioteca Digital da Univates (BDU). Os dados primários foram alcançados por meio de duas atividades, a primeira com o uso da pesquisa documental para a coleta de documentos existentes nas secretarias municipais que possuem afinidade com a temática da pesquisa e a segunda com o estudo de campo com a aplicação de um questionário, realizado junto aos gestores locais no município de Castanhal/PA. Nas atividades empreendidas, foram efetivados registros fotográficos, observações, anotações, validação do instrumento proposto e o pré-teste que foi realizado antes da aplicação final do questionário junto ao público alvo, sendo que os participantes da pesquisa foram escolhidos de forma intencional.

4.1.1 Quanto à abordagem

Nessa pesquisa, a abordagem adotada foi a quali-quantitativa para poder investigar melhor o fenômeno que ocorre nessa comunidade, trabalhando, com isso, as características específicas locais e a seleção do conjunto de indicadores mais adequados que possam representar as especificidades locais das partes interessadas no processo de tomada de decisão, proporcionando, com isso, melhorias nas condições de acesso à água potável no local da pesquisa. Segundo Creswell (2010), o método misto apresenta-se como um procedimento de coleta, análise e combinação de técnicas, tanto quantitativas quanto qualitativas em uma mesma pesquisa. Dessa forma, a interpretação dos dados obtidos deu-se por meio de cálculos realizados com os números da observação, da interação participativa com informações importantes obtidas na pesquisa para a apresentação dos resultados.

4.1.2 Quanto ao objetivo

Quanto ao objetivo da pesquisa, optou-se por classificar este trabalho como sendo um estudo exploratório-descritivo, pois, do ponto de vista teórico, os autores Cervo, Bervian e Silva (2007) e Gil (2010) classificam a pesquisa exploratória como uma ação para validar instrumentos e proporcionar mais familiaridade com o tema em estudo. Neste caso, a pesquisa desenvolvida encontra-se pouco explorada. Os autores mencionados recomendam, dessa forma, o uso em estudos iniciais para se obter uma visão geral acerca de determinados fatos ou fenômenos (Cervo, Bervian e Silva, 2007; Gil, 2010). No entanto, as pesquisas descritivas, de acordo com Gil (2010), possuem como objetivo a descrição das características de uma população, fenômeno ou de uma experiência, sendo que nesta pesquisa foi descrito o fenômeno que ocorre no objeto de estudo.

4.1.3 Quanto à finalidade

Essa pesquisa é de natureza aplicada, pois, segundo Gil (2010), a pesquisa aplicada tem como finalidade a busca de soluções de problemas identificados na sociedade, neste caso, os problemas identificados estão relacionados ao uso de indicadores de sustentabilidade e o acesso à água potável para os habitantes locais. Neste sentido, a pesquisa propôs conceber um conjunto de indicadores de sustentabilidade adequados para criar condições apropriadas à realidade local para o acesso à água potável, com o propósito de melhorar as condições de vida dos habitantes que residem no perímetro urbano no distrito do Apeú/Castanhal/Pará.

Para isso, foi observado o que dispõe a legislação brasileira e o contido na Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021, do gabinete do MS, que em seu capitulo II, art. 5º trata das definições adotadas para o acesso à água potável e água para consumo humano, conforme disposto nos Incisos I e II. Dessa forma, as contribuições da realização desta pesquisa podem influenciar a melhoria das condições de vida da comunidade local, na solução dos problemas identificados com relação à quantidade, qualidade, interrupções no acesso à água potável, mitigando possíveis problemas, tais como: disponibilidade de recursos para a manutenção e melhoria contínua do sistema, condições adequadas de salubridade ambiental, aparecimento de doenças de veiculação hídrica, desperdício de água, entre outros. Além de promover a saúde, educação, oportunidade de trabalho e renda e as condições sanitárias e ambiental nas residências e no local que envolvem interesses individuais e coletivos.

4.1.4 Quanto ao procedimento

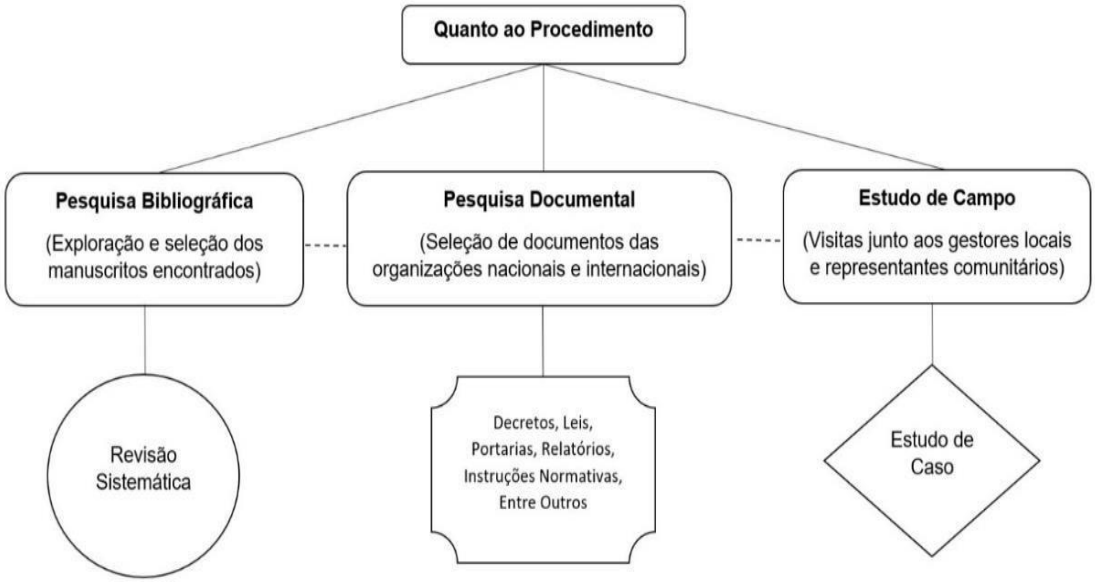
Os procedimentos adotados considerados foram: a realização de pesquisa bibliográfica, documental e o estudo de campo, por meio de um estudo de caso (Creswell, 2010; Gil, 2010; Yin, 2014). As atividades da pesquisa bibliográfica envolveram a exploração e seleção dos manuscritos encontrados, sendo efetuada com uso de uma revisão sistemática que colaborou para a compreensão da temática, com a seleção, leitura, análise dos arquivos coletados nas fontes consultadas (Gil, 2010).

A pesquisa documental foi executada com a seleção de documentos das organizações nacionais e internacionais que foram analisados e que são constituídos por: decretos, leis, relatórios, instruções normativas, portarias, entre outros, que foram categorizados de acordo com o tipo de documento, organização vinculada, ano de publicação e informações relevantes. No caso do estudo de campo, Gil (2010) declara que esse tipo de investigação colabora com a observação direta das atividades do grupo estudado pelo pesquisador, como o estudo de caso, possibilitando o alcance das informações que ocorrem naquela realidade.

Para as atividades de campo foram realizadas visitas com agendamento prévio que seguiu o mesmo procedimento, tanto para os gestores locais das secretarias municipais quanto para os representantes locais do distrito do Apeú, para a coleta dos dados primários. Também nessa pesquisa, optou-se pelo uso de um estudo de caso (Yin, 2015), em virtude da complexidade, limitada quantidade de estudos da temática abordada e pelo contexto local.

Para Yin (p. 17, 2015), os estudos de caso justificam-se quando o propósito da pesquisa é “investigar um fenômeno contemporâneo em profundidade e em seu contexto de mundo real”. Sendo que nessa investigação optou-se por um delineamento de um estudo de caso, em corte transversal, de natureza aplicada e com uma abordagem quali-quantitativa. Na Figura 10 são expostos o conjunto de elementos adotados quanto aos procedimentos realizados para o estágio I.

Figura 10 – Compêndio dos Procedimentos Adotados para a Pesquisa



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

A Figura 10 mostra o conjunto dos elementos utilizados no estágio I, composto pelas pesquisas bibliográfica, documental e estudo de campo. De acordo com Gil (2010), na pesquisa bibliográfica e documental são desenvolvidas a revisão de literatura que tem como finalidade fundamentar teoricamente essa parte da pesquisa. Conforme Stake (1995), o estudo de campo é crucial para entender o contexto em que o caso ocorre. Dessa maneira, permite que o pesquisador obtenha uma visão holística e detalhada do fenômeno estudado, considerando os múltiplos fatores e influências que moldam o caso.

Para Yin (2015) e Creswell (2010), o estudo de caso é particularmente útil para explorar fenômenos complexos em seu contexto natural, oferecendo uma compreensão detalhada do caso estudado. Sendo relevante para identificar, registrar e selecionar o conjunto de documentos válidos para o estabelecimento dos procedimentos adotados que compõem esse estágio. Em sucessão, são apresentadas as informações pertinentes sobre as técnicas de investigação utilizadas na realização dessa pesquisa.

4.2 Estágio II: Técnicas de Investigação

Para a aplicação das técnicas utilizadas nessa pesquisa, optou-se, por dividi-las em três subtópicos, que compreenderam a coleta de dados, análise de dados e a validação do painel proposto. Os subtópicos representam o percurso realizado que justificam a estrutura concebida que converge para alcançar os objetivos específicos propostos nesta pesquisa e o objetivo geral da tese, na sequência é descrita a coleta de dados e as fases realizadas para essa pesquisa.

4.2.1 Coleta e armazenamento de dados

A coleta de dados foi fundamental para ter-se conhecimento específico sobre a temática, com foco nos aspectos ambiental, econômico, social, governança e resposta com seus respectivos parâmetros, diante dos materiais encontrados nas pesquisas bibliográfica, documental e no estudo de campo sobre os indicadores de sustentabilidade e o acesso à água potável. Gil (2010), declara que para a efetivação da pesquisa é necessário o emprego de uma série de técnicas. Contudo, para a coleta de dados, resolveu-se dividi-la em quatro fases.

A primeira fase compreendeu a realização de pesquisa bibliográfica digital para a exploração da temática por meio de buscas junto às bibliotecas da BDTD e a BDU. Posteriormente, foram realizadas consultas nas bases de dados, Portal de Periódico da Capes, Scopus (Elsevier) e Web of Science (Scielo Citation Index), para a realização da RSL no qual foram elencados os seguintes termos escritos no idioma inglês: "*indicators*" *and* "*sustainability*" *and* "*potable water*", que foram utilizados para a seleção dos documentos nas plataformas elencadas no item título e palavras chaves, para obtenção dos artigos, resumos e textos completos. A pesquisa foi realizada no período de janeiro de 2020 a julho de 2023.

A segunda fase contou com a seleção dos documentos encontrados na pesquisa documental que foram adquiridos pelo pesquisador. Nesta fase, foram visitados os sítios digitais das organizações internacionais e nacionais que tratam da temática, tais como: ANA, CF do Brasil de 1988, Constituição do Estado do Pará de 1989, Resoluções CONAMA (274/2000, 357/2005, 397/2008), OECD (1993), Política de Recursos Hídricos do Estado do Pará (Lei Estadual nº 6.381 de 2001),

PNRH (Lei Federal nº 9.433 de 1997), PNSB (Lei Federal nº 11.445 de 2007), SNIS (2022), IBGE (2015), ONU (2000, 2007, 2015), Decretos, Leis, Portarias, Normativas da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS) e da Prefeitura Municipal de Castanhal, entre outras. Isso foi importante para ter-se um conhecimento geral para compreender as definições e abordagens dos termos elencados na fase anterior, assim como depreender as relações, conexões e aplicações existentes entre eles para avançar no desenvolvimento da pesquisa.

A terceira fase foi realizada com o processo de estruturação preliminar do painel de indicadores de sustentabilidade, sendo realizada, neste processo, primeiramente a identificação e seleção dos documentos contidos na revisão da literatura com os achados em: Camargo, Ugaya e Agudelo (2004), Carvalho *et al*. (2011), Collings (2020), Donnelly, Prendergast e Hanusch. (2008), Gallopin (1996), Gomes (2011), Harger e Meyer (1996), Jannuzzi (2001), Mota *et al*. (2017), OECD (2003), Quiroga-Martinez (2003), Ragas *et al*. (1995), Siena (2002), Tayra e Ribeiro (2006), Van Bellen (2005), entre outros.

Destaca-se que, nesta fase, teve influência também as declarações contidas nos capítulos 8, 18 e 40 da “Agenda 21” elaborada e assinada na conferência internacional Rio-92. O capítulo 8 da agenda, versa sobre a integração entre meio ambiente e desenvolvimento na tomada de decisões, em seguida, o capítulo 18 discute a proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos com aplicação de critérios integrados no desenvolvimento e uso dos recursos hídricos. Por fim, o capítulo 40 apresenta como essa informação torna-se relevante para a tomada de decisões. Na sequência da revisão da literatura foi realizada a RSL, com a identificação dos estudos que aplicaram indicadores de sustentabilidade para a gestão da água tomando-se como base as pesquisas encontradas nos trabalhos: Cerezini *et al*. (2017), D’Ambrosio, Gentile e De Girolamo (2020), Ferreira, Lima e Corrêa (2020), Gain, Giupponi e Wada (2016), Maurya *et al*. (2020), Pires *et al*. (2017), Silva *et al*. (2020), Van Oel *et al*. (2019), Vanham e Mekonne (2021), entre outros. No entanto, com relação às dimensões de sustentabilidade, optou-se por levar em consideração as dimensões originárias preconizadas por Elkington (1997), com o modelo TBL e derivações dos trabalhos de IBGE (2015), Silva e Candido (2016) e Van Bellen (2005), sendo que foi adaptado do modelo mencionado com a inclusão das dimensões governança e resposta, seguindo os trabalhos de Andrade (2011) e Cerezini et al. (2017). No caso, as dimensões propostas são condizentes

com a realidade local e envolvem as partes interessadas, servindo de referência para representar as condições da população no perímetro urbano do distrito do Apeú, além da possibilidade de uma proposta para avaliar e monitorar a evolução da situação local.

Para a composição dos indicadores, foram levados em consideração os requisitos básicos e critérios de seleção destacados pelos autores: Bell e Morse (2013), Patlitzianas et al. (2008), Searcy et al. (2007), Veleva e Ellenbecker (2001), entre outros, além das propriedades apontadas por Jannuzzi (2005). Ao total, foram identificados 28 requisitos básicos e critérios para seleção, que em muitos casos se repetem ou possuem nomenclaturas semelhantes. Sendo que para essa pesquisa foram adotados os critérios apontados por Jannuzzi (2005), os quais possuem relevância por suas informações serem confiáveis com base em dados válidos, disponíveis e acessíveis, sendo mensuráveis, reprodutíveis, de fácil aplicação e avaliação, transformando as informações identificadas e selecionadas por meio de processo aberto com participação das partes interessadas, possível de ser comparado ao longo do tempo, de forma simples, relevante e mensurado em termos qualitativos e/ou quantitativos holísticamente.

Os indicadores selecionados tiveram como base a revisão da literatura com a complementação da RSL para servirem de subsídios para a concepção do questionário para o acesso à água potável, levando em consideração a percepção dos gestores locais do município de Castanhal, no qual está localizada a comunidade urbana do distrito do Apeú. De acordo com os materiais coletados, foram propostas dimensões e indicadores para a elaboração do painel, que propõe-se em melhorar o acesso à água localmente e, com isso, melhorar as condições de vida da população local. Tendo ciência que o uso inadequado de indicadores de sustentabilidade pode produzir informação enganosa, levando a um processo limitado e a erros na tomada de decisão (Therivel, 2010).

Os indicadores propostos são fundamentais para o uso relacionado com a gestão da água nos estudos de: Cerezini *et al*. (2017), D'ambrosio, Gentile e Girolamo (2020), Ferreira, Lima e Corrêa (2020), Gain, Giupponi e Wada (2016), Maurya *et al*. (2020), Pires *et al*. (2017), Silva *et al*. (2020), Van Oel *et al*. (2019), Vanham e Mekonne (2021).

Diante do contexto apresentado, Van Bellen (2005) e Collings (2020) definem como ideal a utilização em combinado desses dois tipos de abordagem: a *top-down,* com a identificação de estudos que utilizaram especialistas para a sua formulação e a *bottom-up,* com a seleção dos indicadores que possuem mais representatividade para os representantes da localidade do estudo, como sendo ações necessárias na construção de indicadores de sustentabilidade, pois colaboram juntos no desempenho em direção à sustentabilidade. Essa fase foi realizada no período de janeiro a fevereiro de 2024.

A quarta fase foi desenvolvida com o estudo de campo e a estruturação do questionário com a seleção dos indicadores nas fases anteriores, além das escolhas dos formatos dos arquivos que foram armazenados no computador. O estudo de campo ocorreu por meio de visitas do pesquisador ao gestor máximo municipal para dar ciência da pesquisa em desenvolvimento, conforme disposto no apêndice A.

Além de serem realizadas visitas a sete gestores locais, sendo cinco gestores das pastas municipais (assistência social, infraestrutura, meio ambiente, obras, planejamento e saúde), um gestor responsável pela subprefeitura do distrito do Apeú e um gestor representante da COSANPA no município, essas ações foram necessárias para obter documentos oficiais relativos a planos, programas e projetos existentes, conforme disposto no apêndice B.

A estruturação do questionário contou com a elaboração de uma versão definitiva. O questionário foi concebido com seis questões, sendo cinco de atribuição de notas de um a cinco e a sexta era subjetiva para preenchimento conforme o participante entendesse ser mais apropriado. As cinco questões para atribuições de notas contavam com cinco dimensões (ambiental, econômico, social, governança e resposta) e com 38 indicadores selecionados na pesquisa bibliográfica e documental.

Para a concepção adequada do questionário, foi adotado, junto aos indicadores pré-selecionados, a escala do tipo Likert de cinco pontos, Fagundes e Schreiber (2017) corroboram o entendimento que o uso de uma escala Likert associada a uma adequada análise estatística, permite a identificação do posicionamento de determinada variável para o preenchimento por parte dos respondentes.

Sendo que nesta pesquisa as alternativas levaram em consideração as seguintes alternativas: (5) Essencial, (4) Relevância Alta, (3) Relevância Média, (2) Relevância Baixa, (1) Irrelevante, de acordo com o exposto no apêndice D. Cabe destacar também que o estudo de campo contou com a aplicação de um pré-teste, para isso foi escolhido um dos gestores das secretarias selecionadas para a realização do pré-teste. De acordo com Mattar (1996), os pré-testes, devem ser realizados com o questionário numa versão quase definitiva. Sendo importante sua aplicação para identificar a adequação do instrumento concebido (GIL, 2010).

Ressalta-se que antes da aplicação do questionário foi realizado um pré-teste em dia e horário agendado, essa atividade contou com o agendamento prévio por parte do pesquisador responsável, que fez o contato telefônico e agendou a reunião durante a semana, por meio de mensagem via WhatsApp. No dia 24 de maio de 2024 às 10h foram apresentados e lidos os apêndices C, D e E, os quais continham informações sobre a carta convite, o questionário concebido e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Para a escolha do armazenamento dos arquivos foram levados em consideração *softwares* de fácil manuseio, sendo escolhido o *Microsoft Office Excel* Versão 2019, *Microsoft Office Word* Versão 2019 e *Portable Document Format* (PDF), que são *softwares* simples e de fácil manuseio que permitiram o uso para a organização e sistematização dos dados obtidos, os quais foram transformados em informações para a conclusão da pesquisa. Essa parte da pesquisa foi importante para coletar e armazenar os documentos encontrados que contemplam os indicadores de sustentabilidade, sendo publicadas por pesquisadores e especialistas no assunto, além de identificar abordagens dimensionais utilizadas e áreas de aplicações, com o uso dessa ferramenta nas pesquisas desenvolvidas.

Cabe salientar que este trabalho, embora metódico, não procurou esgotar as possibilidades de estudos existentes envolvendo os indicadores de sustentabilidade mas propôs-se a conhecer as principais aplicações desenvolvidas, em especial com o acesso à água potável. Essa fase foi realizada no mês de junho de 2024.

4.2.2 Análise de dados

Os dados coletados foram analisados, de acordo com os arquivos que foram encontrados na pesquisa bibliográfica, documental e do estudo de campo com a aplicação do questionário elaborado nessa pesquisa, sendo feita ao final uma triangulação dos dados (Patton, 2002). Para isso, resolveu-se dividir essa ação em cinco fases.

A primeira fase foi composta pela leitura seletiva e analítica qualitativa dos documentos científicos que foram utilizados na pesquisa bibliográfica, para isso, adotou-se alguns critérios de inclusão, tais como: atendimento aos termos utilizados nas buscas, estivessem disponíveis nos idiomas português, espanhol ou inglês, artigos e documentos científicos, que tivessem livre acesso pela internet, que fossem revisados por pares, além de decretos, instruções normativas, leis, planos, programas, projetos, portarias, resoluções, entre outros, com o período temporal adotado a partir de 1988. Sendo realizada a partir de julho de 2023.

Para a RSL, os critérios de exclusão utilizados foram os seguintes: falta de atendimento a um dos critérios de inclusão, omissão dos termos utilizados na busca, ausência de vínculo com as fontes de dados utilizadas, não estar escrito nos idiomas inglês, espanhol e português. Os arquivos selecionados foram armazenados no formato PDF para facilitar o acesso, leitura e análise nas demais fases que compõem essa Tese.

Em seguida, foram realizados fichamentos e analisados os conteúdos de acordo com Bardin (2016), sendo organizados e categorizados os autores, os objetivos dos estudos, metodologias e resultados encontrados, que tratam sobre a temática dos indicadores de sustentabilidade e a gestão da água potável. Sendo exibida, ao final, os resultados por meio de quadros, tabelas e gráficos, contendo os conteúdos sintetizados das informações existentes nos documentos selecionados com as contribuições do pesquisador responsável pela pesquisa. Essa fase ocorreu durante o período de julho de 2023 a dezembro de 2024. O Quadro 21 representa a estrutura resumida formulada para a RSL da pesquisa.

Quadro 21 – Elementos Utilizados para a Pesquisa Bibliográfica e Documental

Base de Dados	*Web of Science, Scopus*, Portal de Periódico da Capes, BDTD e da Biblioteca Virtual da Univates
Organizações Nacionais e Internacionais	ANA, CF (1988), Constituição do Estado do Pará de 1989, CONAMA, COSANPA, OECD, Política de Recursos Hídricos do Estado do Pará, PNRH, PNSB, SNIS, IBGE, ONU, SEMAS, Prefeitura Municipal de Castanhal/PA, entre outras.
Termos de Busca	*"Indicators" and "Sustainability"and "Water Management"*
Critérios de Inclusão	a) Abordamos termos utilizados na Pesquisa; b) Estejam nos Idiomas Português, Inglês e Espanhol; c) Artigos em periódicos e documentos científicos revisados por pares; . Apenas publicações disponíveis livremente na internet; d) Decretos, Instruções Normativas, Leis, Planos, Programas, Projetos, Portarias, Resoluções, Relatórios Técnicos; e) Período temporal adotado a partir de 1988.
Critérios de Exclusão	a) Omissão dos termos adotados na busca da Pesquisa; b) Incoerente com a proposta da pesquisa; c) Ausência de vínculo com as fontes de dados utilizadas; d) Não ser uma Organização Nacional ou Internacional; e) Não estar no Idioma Português, Inglês ou Espanhol;

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Na segunda fase, ainda foi desenvolvida uma análise qualitativa com os conteúdos oriundos dos documentos oficiais das organizações internacionais e nacionais que foram realizados na pesquisa documental, fornecidos pelo acesso digital de decretos, instruções normativas, leis, resoluções e disponibilizados pelos servidores dos órgãos públicos (Secretarias Municipais) e documentos existentes nos planos, programas, projetos, relatórios técnicos na área do abastecimento de água e dos indicadores de sustentabilidade localmente.

Para analisar os conteúdos, foi utilizada a metodologia proposta por Bardin (2016), na qual a análise do conteúdo compreende um conjunto de técnicas de análise de comunicações que visam obter, através de procedimentos sistemáticos e objetivos, uma descrição robusta do conteúdo investigado, de forma qualitativa, que permite a proposição de inferências relativas às produções analisadas e suas implicações no contexto em que se inserem. Os dados analisados foram publicados por meio do uso de tabelas, quadros, figuras e gráficos que compõem a tese com o auxílio dos programas *Microsoft Word* e *Excel* versão 2019, essa fase ocorreu no período de fevereiro a março de 2024.

A terceira fase foi organizada com uma listagem geral contendo as dimensões e indicadores encontrados na literatura e na pesquisa documental, os quais convergiram para a formatação de um painel preliminar de indicadores que serviram de referência para a concepção do modelo de questionário a ser aplicado a um determinado grupo de pessoas com experiência de gestão e com as

especificidades locais, de acordo com a sugestão de Feil e Schreiber (2019), em que a percepção deve ocorrer por meio da seleção de um grupo de especialistas ou de partes interessadas. Dessa maneira, a percepção dos gestores participantes da pesquisa foi determinante para a seleção dos indicadores.

Na quarta fase, foram realizadas as análises quantitativas com o uso da estatística descritiva, com a obtenção da média ponderada, desvio padrão, Coeficiente de Variação (CV) e Nível do Consenso (NC). Para a seleção dos indicadores nesta pesquisa, foi determinante o alcance dos resultados da aplicação dos questionários junto aos gestores respondentes, no qual os dados obtidos foram agrupados, tratados e analisados em planilhas eletrônicas e calculados por meio do uso do *software Excel* versão 2010. A média ponderada serviu para avaliar as respostas obtidas sob pesos diferentes, por meio dos resultados da aplicação do questionário para cada gestor respondente. Para obter o resultado, soma-se as notas atribuídas por todos os gestores participantes da pesquisa para cada indicador e divide-se pelo número de gestores participantes.

O conceito de NC adotado considerou os estudos de acordo com Scarparo et al. (2012), no qual os autores definem o NC como o grau de concordância entre diferentes participantes em relação a determinadas questões, especialmente em contextos de sustentabilidade e gestão de recursos hídricos. Para os autores, um consenso com percentuais de 70% ou mais é considerado um limite mínimo para garantir que as estratégias ou respostas obtidas sejam amplamente aceitas e consideradas válidas para os gestores envolvidos.

O NC para essa pesquisa refere-se ao grau de concordância ou divergência obtido entre as respostas de um grupo de indivíduos em relação a um conjunto de perguntas que obteve como unidade de medida para sua representação a porcentagem. Sendo obtido pela divisão entre a média ponderada e a resposta de peso de maior valor (5). Neste sentido, para calcular o nível de consenso, divide-se a média ponderada pela resposta de maior peso e multiplica-se por 100. O nível de consenso é frequentemente medido para entender se os participantes compartilham de percepções, opiniões ou decisões semelhantes.

O NC adotado para os indicadores encontrados nessa pesquisa foi igual ou superior a 70%. Utilizou-se como amparo argumentativo a recomendação de Scarparo et al. (2012) que salientam que o corte de alguns indicadores com base no percentual do nível de consenso é uma decisão do pesquisador, pois não existe

uma regra padrão para sua determinação. Por fim, os resultados foram transformados em informações que contemplam as convergências, pontos chaves e divergências que são apresentadas nos resultados, discussões e considerações finais desta tese. A ferramenta estatística adotada para esta pesquisa foi o coeficiente de variação, o qual constitui o percentual de desvio padrão da média ponderada. Sendo calculado pela relação entre o desvio padrão pela média ponderada, multiplicados por 100, conforme recomendado por Gonçalves (2010). Este tipo de coeficiente é uma medida útil para a comparação do grau de concentração em relação à média de séries distintas (Fonseca e Martins, 2012).

Pimentel Gomes (2000) sustenta ainda que, para o CV inferior a 10%, significa que o estudo possui alta precisão, ou seja, existe baixa variabilidade entre as percepções dos participantes da pesquisa, se os valores foram entre 10% e 20%, significa uma variabilidade média, o que ainda representa uma boa precisão, no entanto para valores compreendidos entre 20% e 30%, representa uma alta variabilidade, ou seja, imprecisão, e se o valor estiver acima de 30%, indica altíssima imprecisão.

A ponderação das dimensões foi realizada com base em pesos iguais recebendo um total de peso de 0,20 (Vinte decimos) para cada dimensão cujo esse valor é subdividido pelo número total de parâmetros pertencentes a cada dimensão adotada, que ao final representam um total de um ponto, ou seja, cada uma das cinco dimensões consideradas (ambiental, econômico, social, governança e resposta) possuem mesmo peso. A escolha da ponderação de pesos igual foi motivada pela sua forma simples e fácil aplicação, o que corrobora Lee e Huang (2007).

Cabe ressaltar que, após a montagem preliminar do painel contendo os indicadores, foi aplicado um pré-teste que contou com a participação de um participante que trabalha e desenvolve estudos relacionados com a temática da pesquisa. O pré-teste do questionário serviu para uma primeira validação, sendo aplicado o pré-teste junto a um gestor municipal que foi escolhido de forma intencional, que possui experiência e desenvolve trabalhos relacionados com os indicadores de sustentabilidade e recursos hídricos na secretaria que faz a gestão ambiental no município. Essa fase foi desenvolvida no mês de junho de 2024.

Na quinta fase, foi usado o *software Excel* para representação gráfica e de tabelas, que organizou os dados obtidos pelo pesquisador iniciando suas atividades com a reunião dos textos selecionados, transformando-os em informações, estabelecendo uma hierarquização do conhecimento que se obteve na pesquisa.

O conjunto de técnicas de investigação utilizados para a coleta e análise de dados cooperou para transformar os dados e as percepções obtidas em informações relevantes que foram traduzidas para a formulação de um painel de indicadores de sustentabilidade que auxiliaram para validar e efetivar a participação de um grupo das partes interessadas no acesso à água potável para a comunidade do distrito do Apeú/Castanhal/Pará. Esta etapa foi executada no mês de julho de 2024.

4.2.3 Validação do painel proposto

Para a validação do painel proposto foi utilizado o método *Delphi* que consiste em uma técnica de consulta a especialistas cujo objetivo é mensurar uma situação por meio de um consenso a partir de um grupo de indivíduos sobre uma determinada conjuntura (Marques; Freitas, 2018). A técnica consiste em obter informações de especialistas de forma anônima por meio de um questionário (Marques; Freitas, 2018). Neste sentido, o método *Delphi* pode ser considerado como uma técnica que converge opiniões de um grupo específico de indivíduos sobre um determinado assunto, por meio do consenso entre as respostas sobre a aplicação de um questionário.

Em virtude da necessidade de resultados ágeis, optou-se pelo uso da técnica *Delphi* simplificado. De acordo com Linstone e Turoff (2002), a técnica *Delphi* simplificada segue os princípios básicos do método convencional, mas é realizada de forma mais rápida e com menos rodadas de questionários, nessa pesquisa foram realizadas cinco etapas e apenas uma rodada para o alcance satisfatório do nível de consenso entre os participantes da pesquisa.

Dessa maneira, essa atividade permitiu obter uma resposta consensual de um grupo de gestores de forma mais rápida e eficiente, sem perder a qualidade da informação. No Quadro 22, estão descritas as etapas típicas para uma versão da técnica *Delphi* simplificada, assim como suas respectivas atividades praticadas.

Quadro 22 – Etapas do Método *Delphi* Simplificado

Etapas	Descrição da Atividade Praticada
1	Concepção do questionário
2	Seleção dos Participantes: escolha de um grupo de participantes com conhecimento sobre o assunto de interesse. O número de participantes costuma ser menor do que em um *Delphi* tradicional, para agilizar o processo.
3	Aplicação do Pré-teste e a Rodada de Questionários:
4	Análise e Resumo das Respostas: são analisadas para identificar o nível de consenso das respostas, áreas de desacordo e postos-chaves em comum. Sendo elaborado um resumo destas respostas, destacando as principais tendências e divergências.
5	Conclusão e Resultados: Os dados obtidos são transformados em informações que são utilizadas para gerar uma síntese final. Em uma técnica *Delphi* simplificada, esta etapa pode ser executada após apenas uma ou duas rodadas. Nas conclusões são destacadas as áreas de consenso e outros tópicos que mereçam consideração.

Fonte: Adaptado de Linstone e Turoff (2002).

A técnica *Delphi* simplificada é útil quando o tempo e os recursos são limitados ou quando é necessária uma rápida coleta de opiniões dos participantes. Embora possa não fornecer o mesmo nível de profundidade que um processo *Delphi* convencional, ainda é uma ferramenta valiosa para obter percepções e consenso sobre assuntos complexos. Para esta pesquisa, foram selecionados sete participantes, sendo cinco gestores das secretarias de assistência social, meio ambiente, planejamento, saúde e obras, além de um gestor da subprefeitura do distrito do Apeú e um gestor local da COSANPA que tem sede no município de Castanhal/PA.

Os autores Santiago e Dias (2012) mencionam que para alguns estudos Delphi, especialmente aqueles que são mais exploratórios, um grupo de cinco a dez participantes pode ser adequado, esta pesquisa contou com sete participantes. Para a escolha do número, é importante o nível de conhecimento dos participantes selecionados, nesta pesquisa foi considerada a complexidade do problema investigado e a relação que a pasta municipal tem com o assunto para o uso do instrumento.

Segundo Yousuf (2007), embora importante, um elevado grau de especialidade não é necessário. Sendo assim, após a seleção dos participantes, o pesquisador responsável entregou em mãos aos gestores selecionados da pesquisa um documento que continha uma carta convite com informações detalhadas para a sua participação efetiva para o preenchimento do questionário estruturado.

De acordo com Cortez e Johnston (2017) e Engelke *et al.* (2015), embora não haja uma regra definitiva para o tamanho ideal de um painel de especialistas, o aspecto temporal e a identificação dos participantes corretos são fundamentais para a qualidade do resultado da pesquisa. Dessa maneira, o número de participantes levou em consideração a atuação das secretarias selecionadas, capacidade de

representação com que os gestores poderiam representar de forma apropriada e selecionar adequadamente os indicadores que poderiam colaborar com o acesso à água potável para os habitantes no perímetro urbano do distrito do Apeú.

O nível de conhecimento dos gestores foi ponderado pela capacidade de expressar um juízo de valor de forma consensual sobre a relação existente entre indicadores disponibilizados para o acesso à água potável com idoneidade. Sendo realizada apenas uma rodada com o atendimento de níveis satisfatórios de estabilidade das respostas e consenso que alcançaram 75%, conforme recomendado no estudo de Rowe e Wright (1999). Na sequência, são apresentadas informações relevantes sobre as funções ou competência de cada secretaria e gestor selecionado.

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA), é um órgão público municipal que foi criada pela Lei Municipal nº 013 de 2008 e reorganizada pela Lei Complementar nº 001 de 2020, tendo como funções: Implementar a Política Municipal de Meio Ambiente, formular, coordenar e executar planos e programas de desenvolvimento, promover a utilização adequada do espaço territorial e dos recursos hídricos e minerais destinados para fins urbanos e rurais.

A Secretaria Municipal de Assistência Social (SEMAS) é o órgão público municipal que está responsável pela política de assistência social no Município por meio da execução dos programas, projetos e serviços vinculados às Proteções Sociais, visando melhorar a qualidade de vida da população, tendo como competência: Planejar, organizar, dirigir, coordenar e monitorar os planos, programas, projetos e atividades ligados à política de assistência social; Formular, executar, coordenar e avaliar a política pública municipal de proteção e assistência social; Aprimorar os serviços socioassistenciais, observando os indicadores de monitoramento e avaliação pactuados.

A Secretaria Municipal de Planejamento (SEPLAGE) é um órgão público municipal que foi reorganizado de acordo com o Decreto nº 117 de 2017 possuindo cinco coordenações, tendo como competência: Planejar, coordenar e avaliar o planejamento das atividades, programas e políticas de desenvolvimento do Município; Elaborar, em conjunto com outras secretarias, o plano plurianual, as propostas para a Lei de diretrizes orçamentárias e orçamento anual da Prefeitura; Planejar, organizar, dirigir, coordenar, controlar e atualizar os planos Municipais, em integração com as demais secretarias; Elaborar, coordenar e gerenciar convênios, projetos e planos ou programas de ação governamental, compatibilizando-os com prioridades e diretrizes do governo Municipal para o desenvolvimento social e econômico do Município.

A Secretaria Municipal de Infraestrutura (SEINFRA) é um órgão público municipal que foi reorganizado de acordo com o Decreto nº 117 de 2017 possuindo sete coordenações, que tem como funções: Formular, executar e avaliar a política municipal de desenvolvimento da infraestrutura urbana, em consonância com as diretrizes gerais do governo Municipal, com o plano diretor urbano e com alegislação vigente; Expedir licenças e alvarás para a execução de obras públicas e/ou particulares no Município; Coordenar e prestar apoio técnico-administrativo aos órgãos colegiados de atuação da secretaria.

A Secretaria Municipal de Saúde (SESMA) é um órgão público municipal que foi reorganizado de acordo com o Decreto nº 117 de 2017 possuindo vinte e uma coordenações, tendo como competência: Planejar, programar, elaborar e executar a política de saúde do município, por meio da implementação do sistema municipal da saúde e do desenvolvimento de ações de promoção, proteção e recuperação da saúde da população, com a realização hierarquizada e integrada das ações assistenciais, atender de forma integral, universal e equânime, garantindo acesso da população a todos os níveis de serviços, contemplando ações de promoção, proteção e recuperação da saúde individual e coletiva; Promover, no âmbito do município, a fiscalização e o controle das condições sanitárias, de higiene, saneamento, alimentos e medicamentos.

A Subprefeitura do Apeú é um órgão público municipal composto por três coordenações e o cargo de subprefeito que é subordinado ao cargo de Prefeito Municipal de Castanhal/PA. Tendo como funções: Planejar, coordenar e avaliar o planejamento das atividades, programas e políticas de desenvolvimento para o distritodo Apeú; Formular, executar e avaliar uma política de desenvolvimento para a infraestrutura urbana, em consonância com as diretrizes gerais do governo Municipal; Coordenar e executar planos e programas de desenvolvimento local para a utilização adequada do espaço territorial e dos recursos hídricos e naturais destinados para fins urbanos e rurais.

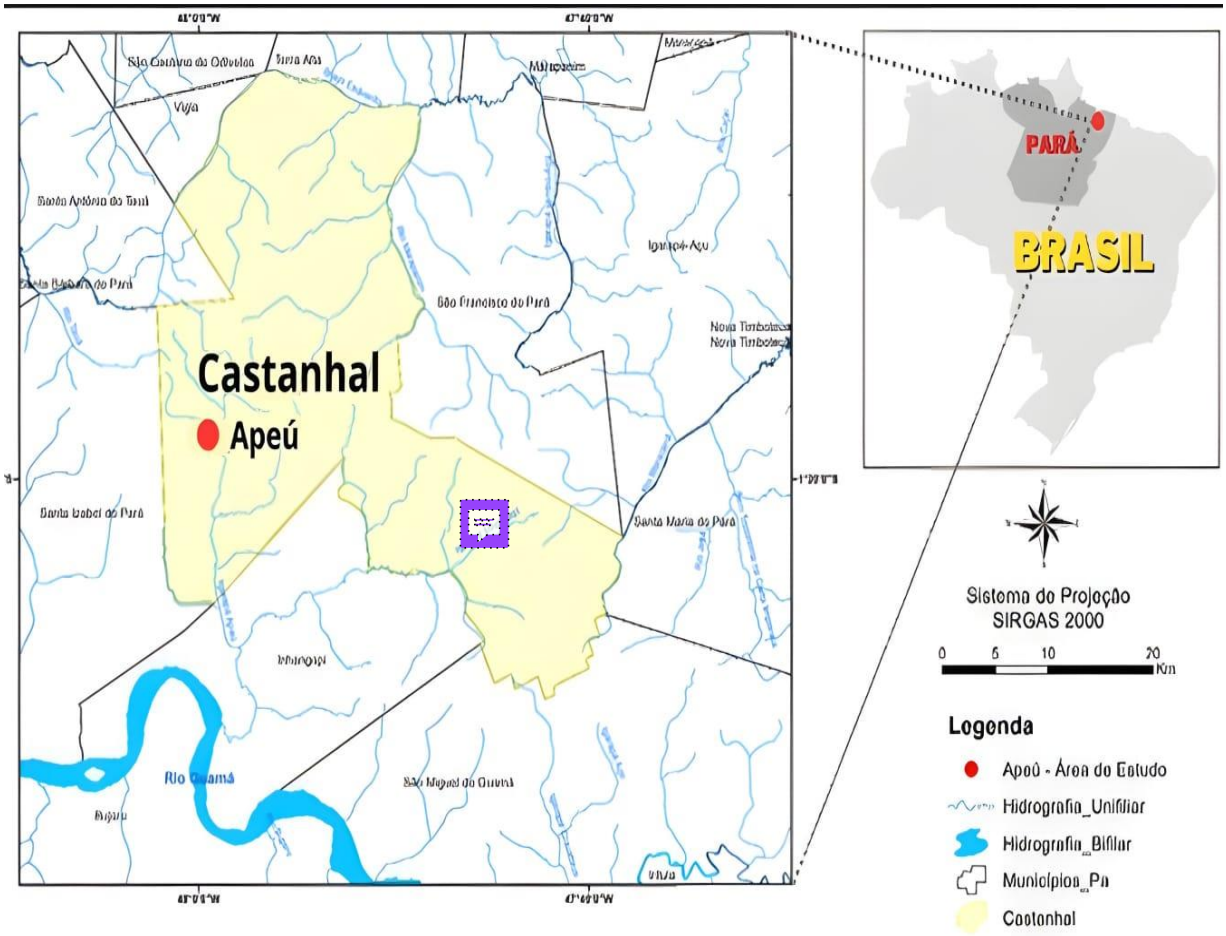
A Gerência Local da COSANPA é um órgão público estadual que possui um escritório que se encontra localizado na avenida Presidente Vargas nº 2318, possuindo um gestor local, um gestor adjunto, além de quatro engenheiros e seis técnicos que cuidam das ETA na Região Nordeste Paraense, incluindo as unidades operacionais no município de Castanhal/PA.

A técnica *Delphi* simplificada mostrou-se adequada para essa pesquisa, em virtude do atendimento à realização de todas as etapas do método utilizado e dos resultados obtidos. Diante do exposto, os dados obtidos das respostas foram destacados e apresentados por meio de gráficos agregados, quadros e tabelas que compõem o capitulo de apresentação dos resultados e discussões.

4.3 Estágio III: Estudo de Caso (Objeto de Estudo)

O local escolhido para o desenvolvimento da pesquisa é o distrito do Apeú. O nome Apeú possui significado relacionado a língua tupi, que quer dizer “o caminho das águas de ouro”, tendo o povo tupi grande importância para o início da ocupação local, conforme consta na Figura 11 (Castanhal, 2019).

Figura 11 – Mapa de Localização do Bairro do Apeú



Fonte: SIRGAS (2020) modificado pelo Autor (2023).

O distrito do Apeú está situado entre as coordenadas geográficas 01° 17’ 56” S de latitude e 47° 59’ 76” W de longitude, sendo o primeiro local de fixação dos seus habitantes no municipio de Castanhal/PA. A Vila do Apeú possui uma população aproximada de 11.990 mil habitantes que está localizada no perímetro urbano do Município de Castanhal (Castanhal, 2019). O bairro está localizado em uma área de aproximadamente 3 km do centro comercial do município. Possuindo características urbanas e rurais, podendo-se encontrar várias áreas verdes, diferentemente do centro do município que se apresenta fortemente urbanizado (Castanhal, 2019).

No distrito do Apeú, o abastecimento público de água urbano é realizado por um sistema gerenciado pela COSANPA. A Companhia dispõe de um escritório local no distrito do Apeú, onde fica a Estação de Tratamento de Água (ETA) do tipo desferrização. Segundo Castanhal (2019), no tratamento, são adicionadas pastilhas de cloro para desinfecção da água, não possuindo um operador exclusivo para operar o sistema de distribuição (Castanhal, 2019).

O abastecimento ocorre por meio de um sistema isolado, abastecido por manancial subterrâneo. A captação de água é feita por um poço com profundidade de 100 metros. Com relação à vazão e ao tempo de operação do poço utilizado, não foram obtidas informações. A unidade operacional Apeú dispõe de ETA, composta de aerador e filtro, além de desinfecção com adição de pastilhas de cloro (Castanhal, 2019).

Vale observar que a água fornecida à população pode apresentar qualidade duvidosa, em virtude da inexistência de um operador e do controle da qualidade da água fornecida a população local (Castanhal, 2019). Com relação à reservação, a unidade operacional do distrito do Apeú possui reservatório elevado (Castanhal, 2019). O recalque é realizado por um conjunto motor e bomba, sendo que estes sistemas de elevação não possuem instrumentos de medição de vazão e pressão, o que ocasiona dificuldades no controle operacional como: redução da pressão e da vazão ou a intermitência no abastecimento de água, o que naturalmente dificulta o controle operacional, manutenção no sistema e a determinação do volume perdido de água (Castanhal, 2019). A capacidade de reservação do reservatório elevado não foi fornecida (Castanhal, 2019). A água é recalcada para o reservatório elevado por meio de uma estação elevatória, formada por três conjuntos motor bombas e, a partir disso, segue para a rede de distribuição. Posteriormente, a água é levada para a rede de distribuição através de uma bomba submersa de 75 cv.

Vale destacar ainda que o cenário apresentado dificulta a regularização da vazão e das pressões na rede de distribuição de água, além da falta de segurança e qualidade na prestação desse serviço de abastecimento de água. Todas as informações obtidas nos estágios I, II e III foram registradas e categorizadas no formato PDF e armazenadas em uma planilha no Excel para serem utilizadas na escrita final da tese. Para isso, adotou-se a relevância dos dados em três cores para o seu uso: a) verde para os materiais que seriam utilizados, b) amarelo para os materiais que poderiam ser utilizados e c) vermelho para os materiais que não foram utilizados.

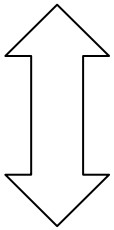
Dessa forma, foi possível realizar, de forma simples e objetiva, a fragmentação dos dados que seriam utilizados para as análises e escrita das informações que estão contidas nos resultados e considerações finais desta tese. Para essa pesquisa, os dados adquiridos foram alcançados por meio da coleta de dados primários e secundários e análises documentais e bibliográficas dos materiais encontrados nas pesquisas realizadas para a obtenção de evidências dos termos indicadores de sustentabilidade e acesso à água potável nos documentos encontrados nas pesquisas documentais, bibliográficas e de campo, em especial com os resultados da aplicação dos questionários no público alvo escolhido.

Com o intuito de representar de forma simplificada e ilustrativa os elementos que compõem os estágios dos procedimentos metodológicos adotados para essa pesquisa, baseada na matriz de amarração de Mazzon (2018), elaborou-se uma matriz de amarração que teve como finalidade ilustrar as bases do estudo em um contexto de conexão, apresentando ligação com os principais elementos do estudo. Sendo que nesta pesquisa propôs-se a elaboração de um Painel Sinóptico de Correlação Estrutural dos Procedimentos Metodológicos da Tese (PSCEPMT), conforme apresentado no Quadro 23.

Quadro 23 – Painel Sinóptico de Correlação Estrutural dos Procedimentos Metodológicos da Tese

<table>
<tr><th colspan="4">PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</th></tr>
<tr><td rowspan="6">Estágio I

Caracterização da Área do Estudo e



Estagio II
Escolhas Metodológicas da Pesquisa)</td><td colspan="2">Objetivo Geral da Tese
Propor um conjunto de indicadores de sustentabilidade adequado para melhorar as condições de acesso água potável para os habitantes do Perímetro Urbano no Distrito do Apeú/Castanhal/Pará.</td><td>Estágio III
Técnicas de Investigação</td></tr>
<tr><td>Objetivo Específico I
- Realizar uma pesquisa bibliográfica por meio de uma RSL sobre os principais conceitos, abordagens e uso de indicadores de sustentabilidade para a gestão da água potável.</td><td>Ações Praticadas I
Coleta de dados secundários com pesquisa documental. Onde os dados obtidos foram selecionados, por meio da leitura e análise dos arquivos encontrados identificando as informações de cunho nacional e internacional.</td><td>Revisão da Literatura, Revisão Sistemática (Artigos Científicos, Livros, Teses, Leis, Decretos, Normativas, Relatórios,Planos,etc.</td></tr>
<tr><td>Objetivo Específico II
- Efetuar uma pesquisa de campo e documental com visitas ao local e as instituições para a coleta, organização, ordenamento e categorização dos achados.</td><td>Ações Praticadas II
Coleta de dados primários, com a realização de pesquisa de campo e com visita aos ambientes selecionados para observações, registros e aplicação do instrumento.</td><td>Visitas ao distrito do Apeú, as Secretariais locais, Observações, Registro Fotográfico e Aplicação do Instrumento.</td></tr>
<tr><td>Objetivo Específico III
- Identificar nas pesquisas bibliográfica e documental e montagem do conjunto de indicadores de sustentabilidade que estejam associadas aos aspectos ambientais, econômicos, governamentais e sociais.</td><td>Ações Praticadas III
Desenvolvimento de habilidades e competências para a escolha do método mais adequado com uso de software que represente melhor o conjunto de dados obtidos para a publicidade das informações de forma descritiva e/ou ilustrativa.</td><td>Análise do conteúdo, Analise descritiva, uso do Software Excel.</td></tr>
<tr><td>Objetivo Específico IV
- Selecionar um conjunto de indicadores de sustentabilidade identificados nas pesquisas para a aplicação teste no público alvo escolhido.</td><td>Ações Praticadas IV
Uso da abordagem top-down e bottom-up para a seleção dos indicadores que compõem o Painel de Indicadores de Sustentabilidade para a sua aplicação no público escolhido.</td><td>Uso da Revisão Sistemática, Análise documental e descritiva</td></tr>
<tr><td>Objetivo Específico V
- Validar o conjunto de indicadores de sustentabilidade testados junto aos habitantes locais e gestores locais.</td><td>Ações Praticadas V
Validação da ferramenta junto aos habitantes e gestores locais para tomada de decisão no distrito do Apeú/Castanhal/Pará.</td><td>Aplicação da ferramenta e análise dos resultados.</td></tr>
<tr><td colspan="4">PERÍODO DE EXECUÇÃO –2020 a 2024</td></tr>
</table>

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Embora existam uma variedade de procedimentos metodológicos na literatura, escolheu-se essa opção por entender que melhor representa o propósito da pesquisa e como não há consenso sobre o melhor caminho, entende-se que o juízo de valor adotado foi adequado. No próximo capítulo, são apresentados os resultados, discussões e as considerações finais, com as informações relevantes obtidas nas análises realizadas nessa pesquisa que integram, fundamentam e embasam a proposição do conjunto de indicadores de sustentabilidade adequados para o acesso à água potável para os habitantes locais do perímetro urbano no distrito do Apeú com os elementos e evidências obtidos na pesquisa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio do uso dos procedimentos metodológicos adotados para a pesquisa, chegou-se à apresentação dos resultados e discussões que detém um conjunto de informações que compõem esta tese. Diante da variedade de possibilidades de configuração dos resultados, optou-se pela simplicidade, objetividade e aplicabilidade como desenvolvimento de cinco práticas, a primeira por meio de uma análise da estrutura do questionário concebido que foi obtida com os resultados do conjunto de dados da pesquisa documental e bibliográfica alcançados na pesquisa.

Em seguida, foram descritos os meios utilizados para a seleção dos indicadores de sustentabilidade que foram utilizados na pesquisa, com a exposição das abordagens identificadas, os critérios considerados e seus respectivos indicadores, com a proposição do painel preliminar com suas dimensões, logo depois foram descritos os resultados do pré-teste e da aplicação do questionário junto ao público-alvo selecionado com a divulgação das respostas obtidas. Para isso, são apresentados os dados estatísticos obtidos e o nível de consenso alcançado na pesquisa para cada indicador, por meio da exposição de gráficos, tabelas e quadros.

5.1 Análise da Estrutura do Questionário Elaborado

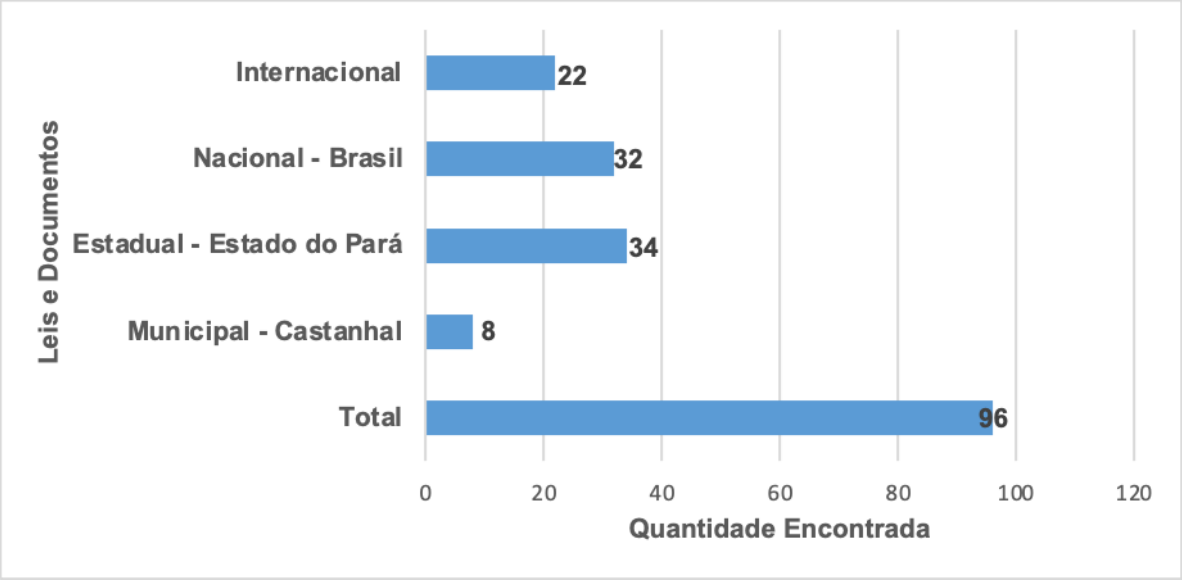
Com o intuito de identificar as dimensões e os indicadores relevantes nos documentos selecionados, procurou-se conhecer e compreender os documentos científicos que compreendem esforços para o uso apropriado de dimensões e indicadores de sustentabilidade para que fosse possível conceber de forma adequada uma estrutura para o questionário. Neste sentido, os documentos contidos na pesquisa documental e bibliográfica alicerçam a estrutura do documento criado.

5.1.1 Resultados da pesquisa documental

A pesquisa documental obteve como respostas informações contidas nos dados secundários totalizando 96 documentos analisados publicados por instituições internacionais e pela legislação nacional relacionada com a questão hídrica, tanto a nível internacional (ONU 2000; 2005; 2015 e OECD 1993), quanto a nível nacional (ANA, 2022; IBGE, 2022; SNIS, 2022; CF do Brasil de 1988; Constituição do Estado do Pará de 1989, Resoluções CONAMA 274/2000; 357/2005; 397/2008; a Lei Federal nº 9.443 de 1997; a Lei Federal nº 11.445 de 2007).

A nível estadual, a Lei nº 6.381 de 2001; Decretos, Leis, Portarias e Instruções Normativas da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS) e a nível municipal, a Lei nº 032 de 1977 que autorizou a COSANPA à prestação dos serviços de abastecimento de água para o município, a Lei nº 034 de 2011 com a elaboração de uma Política Municipal de Saneamento Básico e a Lei nº 055 de 2019 que revisou PMSB de Castanhal, entre outras. No Gráfico 1, apresenta-se o quantitativo documental a nível internacional e nacional encontrado na Pesquisa.

Gráfico 1 – Resultado da Pesquisa Documental sobre a Questão Hídrica



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

A nível internacional, o total de documentos encontrados equivale a 22,93% que representam as principais contribuições dos achados entre os quais pode-se citar o Painel dos ODS 6 da ONU que estabelece indicadores para orientar a formulação de soluções nacionais (ONU, 2015). Sendo que os indicadores propostos devem ser relevantes qualitativamente para enfrentar os desafios relacionados com as questões

locais, em especial nessa pesquisa para melhorar o acesso à água potável, de acordo com as especificidades dos habitantes locais (ONU,2010).

Também foram relevantes o conceito de água segura que foi inicialmente articulado no Relatório de Brundtland, em 1987, que destacou a necessidade de garantir o acesso humano à água potável como um componente essencial para o desenvolvimento sustentável (WCED, 1987). O reconhecimento inicial da essencialidade da água foi expandido no primeiro Fórum Mundial da Água (FMA), realizado em Marrakesh, Marrocos, em 1997, onde se enfatizou a urgência de políticas globais voltadas para a universalização do acesso à água potável (Biswas, 2001). Esse evento reconheceu o acesso à água como um direito humano fundamental pelo Conselho de Direitos Humanos da ONU em 2010/2011 (ONU, 2010). Esses eventos representam não apenas conquistas sociais significativas, mas também mudanças transformadoras nas políticas globais de água, com implicações profundas para o desenvolvimento sustentável das sociedades em comunidades ao redor do mundo.

A nível nacional, o percentual de documentos analisados foi de 33,33%, em que o conjunto de dados destaca qualitativamente a promulgação da PNRH em 1997, que estabeleceu bases jurídicas fundamentais para disciplinar e regulamentar o uso da água no Brasil (Formiga-Johnsson; Kemper, 2005). A PNRH identificou prioridades estratégicas, como o abastecimento de água para consumo humano e a dessedentação de animais, considerados usos nobres (Brasil, 1997). Além disso, a política instituiu seis instrumentos essenciais para facilitar a GIRH no país, como a outorga de direito de uso, a cobrança pelo uso da água, o enquadramento dos corpos d'água em classes de uso, entre outros (Jacobi, 2004).

A Portaria nº 2.914 de 2011, emitida pelo MS, organizou os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água destinada ao consumo humano, estabelecendo padrões rigorosos para garantir a segurança hídrica (Brasil, 2011). Mais recentemente, a Resolução nº 232 de 2022 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) aprovou o Plano Nacional de Recursos Hídricos até 2040, um marco na gestão hídrica que contou com a participação representativa de todos os estados, sendo considerado um avanço significativo rumo ao desenvolvimento sustentável, socioeconômico e ambiental do Brasil (ANA, 2022).

O painel com os IDS do IBGE (2015) foi essencial para a proposição de um conjunto de indicadores de sustentabilidade, pois oferece uma estrutura robusta e integrada para a avaliação de aspectos ambientais, sociais e econômicos.

Esses indicadores proporcionam uma base sólida para medir não apenas a disponibilidade e qualidade da água, mas também fatores relacionados à gestão, infraestrutura e impacto social. A aplicação desses indicadores permite uma análise detalhada das condições locais, ajudando a identificar lacunas e desafios específicos enfrentados pelos habitantes de um bairro. Além disso, ao alinhar os indicadores locais com as diretrizes estabelecidas pelo IBGE, é possível garantir que as estratégias e políticas de acesso à água potável sejam sustentáveis, eficazes e adaptadas às necessidades reais da comunidade, promovendo um desenvolvimento equitativo e sustentável.

A nível estadual, obteve-se um percentual de 35,41% de documentos, principalmente legislações, apresentando-se o maior percentual de documentos encontrados relacionados à temática hídrica. Com as disposições evidenciadas pela Lei Estadual nº 4.336, de 21 de dezembro de 1970, foi instituída a COSANPA, a qual desempenha um papel fundamental na prestação de serviços de abastecimento de água para a maioria dos municípios do estado do Pará. A atuação da COSANPA foi complementada pela Lei Estadual nº 6.381, de 25 de julho de 2001, que estabeleceu a PERH e pelo decreto nº 2.181, de 17 de fevereiro de 2022, que regulamentou mecanismos de gestão hídrica no estado (Pará, 2022).

Esses instrumentos legais são cruciais para a institucionalização e funcionamento dos comitês gestor e operacional vinculados ao Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Água, conhecido como “Água para Todos”, conforme publicado pelo Decreto nº 7.535, de 26 de julho de 2011. No entanto, apesar dos esforços promovidos por essas políticas e instituições, a universalização do acesso à água ainda não foi plenamente alcançada no estado do Pará, indicando desafios persistentes na efetiva implementação dessas iniciativas.

A nível municipal, foi onde encontrou-se o menor valor de 8,33% dos documentos relacionados à questão hídrica, com os destaques valorosos para a Lei nº 032 de 1977, que autorizou a COSANPA a prestar serviços de abastecimento de água no município de Castanhal, representa um marco significativo na infraestrutura hídrica local. Essa legislação foi fundamental para a implementação de sistemas de abastecimento que atendem a crescente demanda da população. No entanto, desafios persistem na expansão e manutenção dos serviços, que analisam o papel da COSANPA na gestão hídrica regional.

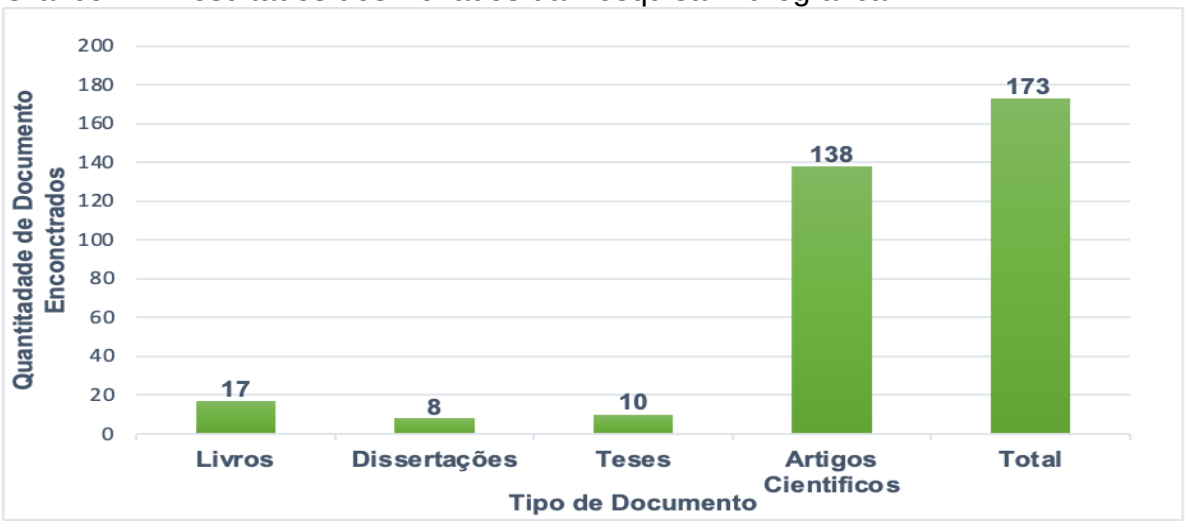
A promulgação da Lei nº 034 de 2011, que estabeleceu a PMSB e criou o CMS, embora tenha sido vista como um avanço institucional, a efetividade da política foi limitada pela superficialidade das informações contidas no plano sobre abastecimento de água, que foram criticadas por serem reduzidas e generalistas. Além disso, a atuação descontínua do CMS comprometeu a implementação plena das diretrizes estabelecidas.

A Lei nº 055 de 2019 revisou o eixo de abastecimento de água do PMSB de Castanhal, buscando aprimorar as estratégias de gestão hídrica municipal. No entanto, a revisão do plano ainda enfrenta desafios na adaptação às reais necessidades da população e na superação das deficiências históricas da política de saneamento básico no município.

5.1.2 Resultados da Pesquisa Bibliográfica

Com relação à pesquisa bibliográfica foram realizadas duas etapas, a primeira com a busca de referências em livros, teses e dissertações, nas bibliotecas da BDTD e BDU e a segunda foi realizada com uma RSL, com a finalidade de obter o conhecimento de autores e pesquisas que discutem a temática, sendo realizadas buscas nas bases de dados: Web of Science, Scopus, Portal de Periódico da Capes, com os termos indicadores de sustentabilidade e acesso à água. No Gráfico 2 é apresentada uma síntese dos principais achados e resultados obtidos com a pesquisa bibliográfica.

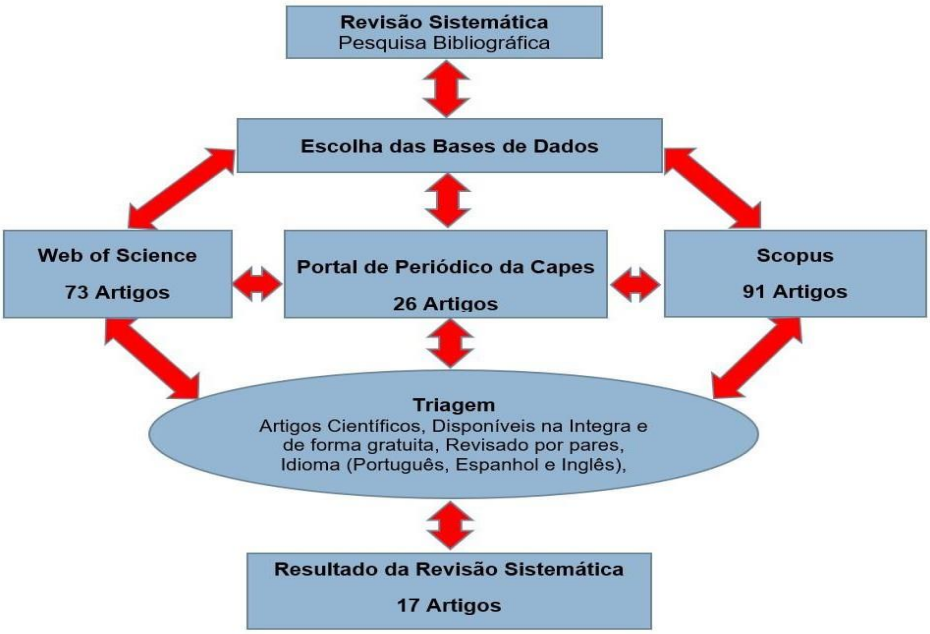
Gráfico 2 – Resultados dos Achados da Pesquisa Bibliográfica



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

Para alcançar os resultados da RSL, foram utilizados critérios de inclusão e exclusão para a triagem, ao final foram considerados 17 artigos, sendo que após a análise de conteúdo dos artigos qualificaram-se 15 artigos que são apresentados com a identificação dos autores/ano de publicação e os principais resultados alcançados com a pesquisa, que colaboraram para a construção da proposta compreendida nesta tese, de acordo com o exposto na Figura 12.

Figura 12 – Síntese dos Principais Achados na Revisão Sistemática da Literatura



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

As informações relevantes dos estudos selecionados são apresentadas para compreender sobre os critérios, modelos e métodos que devem ser levados em consideração para selecionar indicadores para uma determinada temática. Os resultados obtidos na RSL contribuíram para a organização, categorização e compreensão dos achados na literatura, sendo possível compreender a dinâmica dos estudos que discutem a temática dos indicadores de sustentabilidade e o acesso à água. Cabe informar que dois estudos foram excluídos, em virtude de problemas identificados na metodologia aplicada e nos próprios resultados obtidos, devido à falta de clareza dos procedimentos e também por não alcançarem os objetivos propostos nos estudos.

No Quadro 24 são exibidos os artigos selecionados da RSL que apresentam informações sobre os indicadores empregados, critérios de sustentabilidade ponderados, modelos adotados e métodos utilizados para a questão hídrica, com a finalidade de identificar os indicadores de sustentabilidade que auxiliem a gestão e

melhore as condições de acesso à água potável para os habitantes do perímetro urbano no distrito do Apeú/Castanhal/Pará.

Quadro 24 – Artigos Selecionados na Pesquisa Bibliográfica com a RSL

AUTOR/(ANO)	PRINCIPAIS RESULTADOS
Pires *et al.* (2017)	Um total de 170 indicadores, sendo que 24 atenderam a maioria dos critérios de sustentabilidade para a elaboração de uma matriz com o uso do método DPSIR.
Gain, Giupponi, Wada (2016)	Foram criados critérios de seleção dos indicadores, como disponibilidade, acessibilidade, segurança, qualidade e gestão, para identificar necessidades de melhoria em cada país. O objetivo é aumentar os recursos hídricos, expandir o acesso à água potável e saneamento, melhorar a qualidade da água, reduzir Inundações e fortalecer instituições nacionais e internacionais.
Cerezini *et al.* (2017)	Sistema de indicadores de sustentabilidade combinado com ações de transparência com apresentação de relatórios de sustentabilidade periódicos para a gestão de sustentabilidade dos recursos hídricos. (baseado na matriz de análise PEIR).
Van Oel *et al.* (2019)	Melhoramento da governança sustentável de água para alimentos a partir do conjunto de indicadores de água para alimentos.
Maurya *et al.* (2020)	Proposição de um Índice de Planejamento de Desenvolvimento de Água (WDPI) baseado nas categorias: segurança da água, investimento, qualidade da água, quantidade da água, infraestrutura, reuso, reciclagem e recarga e governança. construídas a partir de 22 indicadores de sustentabilidade.
D'Ambrosio, Gentile, De Girolamo (2020)	Estruturação de uma proposta para cálculo da pegada hídrica - PH (verde, azul e cinza) sendo útil para explorar a heterogeneidade temporal e espacial de PHs de diferentes culturas e na identificação de áreas de ponto de acesso dentro de uma bacia onde as respostas são necessárias para alcançar o uso sustentável.
Silva *et al.* (2020)	Definição de uma estrutura analítica na perspectiva dos capitais naturais, sociais e construídos com parâmetros de sustentabilidade relacionados. Cada capital foi subdividido hierarquicamente em categorias, subcategorias e atributos, levando a 54 aspectos para aavaliação de sustentabilidade da água, ao final propôs um Índice de Sustentabilidade Hídrica da Bacia Hidrográfica (HBWSI) e subíndices.
Ferreira, Lima e Corrêa (2020)	Criação de um índice que foi impactado pela falta de informação sobre aspectos hidrológicos como volume retirado e capacidade e de dados sociais. Mas, que teve resultados para apontar estratégias para região e outras situações no país.
Vanham, Mekonnen (2021)	Uso da pegada hídrica para analisar a produção global de trigo irrigado com resultados inconsistentes. Assim, a aplicação do indicador WF ponderado pela escassez é contraproducente para atingir a SDG meta 6.4 na redução do estresse hídrico. Logo, para avaliar a sustentabilidade de uso de água azul ou WF azul, os dois indicadores de estresse hídrico e eficiência hídrica devem ser utilizados separadamente.
Itacaramby e Henkes (2016)	Uso do Barômetro de Sustentabilidade criado pela IUCN e IDRC. Onde os autores concluíram que a metodologia permite a avaliação e monitoramento do desenvolvimento sustentável da região e orienta as políticas públicas necessárias para atingir o objetivo da criação da APA e seu Plano de Manejo.
Barros e Silveira (2019)	Utilização de uma matriz com 16 indicadores adaptados de Polaz e Teixeira (2008), organizados em cinco dimensões: ecológica, econômica, social, político-institucional e cultural. Essa matriz se mostrou útil para formular e acompanhar políticas públicas, mas sua adoção exige aprimoramento na gestão de resíduos sólidos, Com a istematização da coleta e análise de dados e representação da realidade.

(Continua...)

(Conclusão)

AUTOR/(ANO)	PRINCIPAISRESULTADOS
Amaral, Moret e Marta (2020)	Foram utilizados 25 indicadores (10 ambientais, 8 sociais e 7 econômicos) para compor um indicador agregado, aplicado para avaliar a sustentabilidade das *microgrids*. O modelo de geração de energia atual não favorece o uso de recursos locais, a criação de empregos, ageração de renda, nem ésuficiente para expandir a Infraestrutura básica.
Bueno *et al.* (2020)	Uso de 22 indicadores ao total, sendo 14 sociais e 8 ambientais. Os indicadores foram utilizados para o mapeamento de sustentabilidade mostrando-se capaz de auxiliar na gestão das pisciculturas e na elaboração de ações para o desenvolvimento social e econômico local.
Silva, Coelho e Sousa (2021)	Uso de 13 indicadores de sustentabilidade, sendo 12 indicadores compostos e um simples, selecionados por meio da ferramenta MESMIS de Masera, Astier e López-Ridaura (2000) para os agroecossistemas de várzea, em uma análise multidimensional.Considerados adequados na lógica de produção local é contribuem para realizar uma seleção satisfatória a realidade local.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

As pesquisas publicadas no Quadro 24 têm como destaque o uso de indicadores de sustentabilidade que contribuem como ferramenta e estrutura analítica para o apoio à gestão, servindo de fundamento para a seleção de critérios na escolha de indicadores, sendo utilizados para melhorar a governança e o planejamento para a questão hídrica. Assim como, esse conjunto de informações é relevante e apresenta elementos com evidências, atuando como um respaldo técnico científico para a concepção do painel de indicadores de sustentabilidade na proposta desta tese, buscando encontrar as convergências e pontos chaves em comum, para estruturá-lo, sendo criado o Quadro 25 com os trabalhos do modelo TBL de Elkington (1997), Painel com os IDS do IBGE (2015), OCDE (1993) e diversos estudos da RSL, que foram considerados para a escolha das dimensões adequadas para a concepção da proposta.

Quadro 25 – Referências Selecionadas na Pesquisa Bibliográfica e Documental

Modelo Dimensional	Quantidade de Dimensões
Elkinghton (1997) TBL	Tridimensional (Ambiental, Econômico eSocial)
Painel Dimensional do IBGE (2015)	Polidimensional Ambiental, Econômico, Institucional e Social)
OCDE (1993)	Tridimensional (Pressão, Estado e Resposta)
Estudos da RSL	Multidimensional (Pressão, Estado, Resposta, Impacto, Disponibilidade, Acessibilidade, Ambiental, Econômico, Social, Institucional, Segurança, Qualidade e Gerenciamento)

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

Para contribuir com a elaboração do questionário e servir como estrutura inicial do conjunto de indicadores de sustentabilidade proposto neste estudo, optou- se por fazer a inclusão da dimensão governança no lugar da dimensão institucional, em virtude da colaboração que essa ferramenta pode proporcionar para a gestão local. Dessa forma, os documentos encontrados na RSL serviram de base para identificar os indicadores que foram utilizados para a composição final do questionário proposto com cinco dimensões para avaliação da sustentabilidade (ambiental, econômico, governança, social e resposta).

As dimensões ambiental, econômica e social foram encontradas em três dos quatros conjuntos dimensionais elencados e a dimensão resposta, em dois dos quatros conjuntos apresentados. Dessa maneira, as dimensões do TBL, Painel do IBGE de 2015 e os estudos da RSL, possuem convergências e pontos chaves em comum, assim como o modelo da OCDE (1993) e os estudos da RSL, como disposto no Quadro 26.

Quadro 26 – Dimensões Selecionadas para Compor o Questionário

DIMENSÕES	ELKINGHTON (1997)	IBGE (2015)	OCDE (1993)	ESTUDOS DA RSL
Acessibilidade				X
Ambiental	X	X		X
Disponibilidade				X
Econômico	X	X		X
Estado			X	X
Força Motriz				X
Gerenciamento				X
Impacto				X
Institucional		X		X
Pressão			X	X
Qualidade				X
Resposta			X	X
Social	X	X		X
Segurança				X

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

A escolha das dimensões justifica-se pela importância de utilizar o TBL como referência na escolha dos indicadores de sustentabilidade. Esta afirmação encontra contribuições em diversas obras encontradas na literatura, tais como Cerezini *et al*. (2017), IBGE (2015), Maurya *et al*. (2020), OCDE (1993), Pires *et al*. (2017), Van Bellen (2005), entre outros. Esses estudos ajudam a integrar múltiplas perspectivas na avaliação da sustentabilidade do acesso à água, promovendo uma gestão mais holística e eficiente dos recursos hídricos. Compreende como necessário e coerente avaliar a governança, observando a referência segundo Furtado (2009) e Tundisi (2013), em que a escolha de indicadores adequados para a governança proporciona resultados significativos relacionados com a gestão de recursos hídricos.

5.2 Seleção dos Indicadores de Sustentabilidade

Para a seleção dos indicadores de sustentabilidade, foram levadas em consideração duas abordagens: *top-down* e *bottom-up* de forma simultânea. Para a estruturação preliminar dos indicadores, utilizou-se trabalhos publicados por pesquisadores e especialistas sobre o assunto por meio da revisão da literatura, no estudo de Andrade (2011), ODS 6 da ONU (2015), IDS do IBGE (2015), Van Bellen (2005) e nos estudos da RSL realizada nessa pesquisa.

Para o uso das abordagens *top down* e *bottom up*, o estudo de Feil e Schreiber (2019) discutem a importância de integrar ambas as abordagens para assegurar que os indicadores sejam cientificamente rigorosos (característica da abordagem *top-down*) e, ao mesmo tempo, relevantes e aceitáveis para as comunidades locais (característica da abordagem *bottom-up*). Neste sentido, os autores reconhecem que a integração das duas abordagens colabora no equilíbrio entre o conhecimento técnico por parte dos especialistas com as contribuições da experiência local.

Na sequência, a pesquisa baseou-se na premissa das propriedades necessárias que os indicadores necessitam ter, conforme apontado por Jannuzzi (2005), que apresenta dez critérios, sendo eles: a) relevância política, b) validade metodológica, c) confiabilidade para a medição, d) simples e objetivo, e) sensível a mudanças, f) atender às especificidades locais, g) ser replicável, h) agregar informações, i) ser atualizável e j) comparável ao longo do tempo.

Dessa maneira, para a estruturação preliminar dos indicadores de sustentabilidade, de um total 241 indicadores encontrados na literatura e após a exclusão daqueles que não estavam de acordo com a proposta da pesquisa e possuíam a mesma nomenclatura ou parecida, resultaram na seleção de 38 indicadores de sustentabilidade para o acesso à água potável, que foram incluídos no questionário para serem utilizados na aplicação do pré-teste e posteriormente, de forma definitiva, junto aos participantes da pesquisa, conforme observado no Quadro 27.

Quadro 27 – Painel de Indicadores Preliminar para o Acesso à Água Potável

INDICADORES
Disponibilidade hídrica do aquífero subterrâneo
Alterações nos padrões de chuvas e níveis de água do aquífero subterrâneo
Sistema de captação e tratamento de água bruta
Sistema de distribuição de água
Perda de água no sistema de captação, tratamento e na rede de distribuição
Cobertura dos serviços de abastecimento de água
Regularidade no fornecimento da água potável
Consumo de água per capta
Quantidade de água potável disponível para consumo humano
Qualidade da água
Monitoramento da qualidade da água
Disponibilidade de recursos do orçamento público (R$) para o desenvolvimento de ações relacionadas com os serviços de abastecimento de água
Investimento em aquisição de tecnologia e equipamentos para o SAA
Investimento em capacitação e/ou treinamento de profissionais técnicos para a gestão e o funcionamento adequado do SAA da comunidade local
Despesa com o SAA
Quantidade de habitantes residentes no local
Percentual da população local satisfeita com a prestação dos serviços de abastecimento de água
Quantitativo da população com acesso a água potável por meio de alternativas Poço de boca, Poço artesiano, Poço comunitário, etc.
Número de residências que possuem ligações ativas de água potável
Condições sanitárias adequadas nas residências
Quantidade de pessoas atendidas por surtos de doenças de veiculação hídrica ou eventos endêmicos, epidêmicos e/ou pandêmicos relacionados com a água
Participação dos representantes locais nas tomadas de decisões sobre a água
Tipos de atos legislativos sobre a questão hídrica
Estrutura física e recursos disponíveis para o planejamento e a gestão de ações para o fornecimento de água potável a população local
Manutenção e/ou ampliação da infraestrutura local do SAA
Frequência de monitoramento da qualidade da água
Implantação de um sistema de gerenciamento de recursos hídricos localmente
Uso de instrumentos da Lei nº 9.433/1997
Existência de Conselho Municipal de Meio Ambiente
Parcerias, cooperações técnicas, convênios, consórcios ou colaborações com ONGs,instituições públicas e/ou privadas relacionadas com a questão hídrica
Medidas de prevenção e combate a sinistro e/ou desastre hídrico local
Planos de segurança hídrica e/ou Plano de emergência com execução de protocolo de ações para resposta a situações de excesso ou escassez de água
Disponibilidade de recursos e materiais para mitigar os efeitos de sinistro e/ou desastre hídrico
Existência de um Plano Municipal de Gestão de Recursos Hídricos – PMGRH

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

Na sequência, são apresentadas as cinco dimensões (ambiental, econômico, governança, social e resposta) selecionadas e justificadas e os 38 indicadores de sustentabilidade para o acesso à água potável para os habitantes do perímetro urbano no distrito do Apeú no município de Castanhal/PA que compõem o painel preliminar, sendo 11 indicadores vinculados à dimensão ambiental, cinco indicadores relacionados à dimensão econômica, sete indicadores que compreendem a dimensão social, dez indicadores que compõem a dimensão

governança e cinco indicadores que constituem a dimensão resposta. Com relação às especificidades locais, algumas características influenciam diretamente na seleção e justificativa para a escolha das dimensões e dos indicadores para a gestão dos recursos hídricos, tais como: clima, regime hidrológico, fontes de água, saneamento básico, crescimento populacional, urbanização, aspectos socioeconômicos, educação, conscientização ambiental, políticas e governança (Nobre et al., 1991; Fearnside, 2008; Tundisi, 2011; Sen, 1999; Veiga, 2009; Rebouças, 2002).

No caso do clima, a região é classificada como sendo tropical úmido, o regime hídrico é sazonal constituído por dois períodos, um com intensas chuvas, nos meses de janeiro a junho e o período de poucas chuvas, no qual ocorrem chuvas de formas mais isoladas, nos meses de julho a dezembro. As fontes de água disponíveis na região são abundantes, sendo compostas por águas superficiais (rios, corrégos e igarapés) e subterrâneas (lençóis freáticos e lençóis artesianos). Em relação à contaminação e à poluição das águas, estas são originadas pelas atividades antrópicas (retirada da vegetação, lançamentos de agrotóxicos no solo, despejos de efluentes industriais e domésticos nas águas sem tratamento) que são realizadas na região (Nobre et al. 1991; Fearnside, 2008).

No tocante ao saneamento básico, crescimento populacional, urbanização e os aspectos socioeconômicos alguns aspectos como a cobertura nos índices de tratamento de esgoto, coleta e destino final adequado dos resíduos sólidos e o abastecimento de água potável acabam pressionando os sistemas existentes que, na maioria dos casos, funcionam de forma ineficiente, sem atender satisfatoriamente a população, uma vez que a região norte possui os piores índices de cobertura dos sistemas de saneamento básico, de acordo com dados do relatório do SNIS publicado em 2022. Cabe ainda destacar que a demanda crescente por água, impulsionada pela desigualdade no acesso, em virtude da precariedade da prestação dos serviços, em especial para os mais vulneráveis, acaba intensificando as dificuldades e criam condições desfavoráveis para o pagamento pelos serviços prestados da água que em muitas ocasiões limitam o acesso ou dificultam o acesso de forma adequada e segura (Tundisi, 2011; Sen, 1999).

Diante desse contexto o consumo consciente da água, a proteção das nascentes, a regulamentação hídrica local e a participação das comunidades nas

decisões poderiam potencializar uma mudança na situação local dos habitantes, para garantir a sustentabilidade do sistema de gestão dos recursos hídricos com ações de curto, médio e a longo prazo, mitigando e/ou prevenindo a degradação ambiental e melhorando o atendimento das demandas das comunidades locais (Veiga, 2009; Rebouças, 2002).

A inclusão de uma dimensão ambiental é fundamental para monitorar a qualidade e a quantidade das fontes de água localmente, como rios, lagos ou aquíferos. A degradação ambiental pode comprometer a disponibilidade de água potável. Portanto, indicadores que avaliem a preservação de áreas de mananciais e o controle da poluição hídrica são cruciais. Nesta pesquisa, foram elencados 11 indicadores na dimensão ambiental caracterizando-se pelo uso adequado dos recursos hídricos locais que podem ser utilizados para o consumo humano e a gestão eficiente do abastecimento que influenciam diretamente na saúde e no bem-estar da população local (IBGE, 2015; ONU, 2015; Silva; Candido, 2016). Os indicadores monitoram a integridade da disponibilidade hídrica, identificando alterações nos padrões de chuvas e níveis de água do manancial utilizado e avaliam a eficácia de políticas públicas, assegurando que todos os habitantes tenham acesso contínuo e seguro a esse recurso.

Em relação a dimensão econômica faz-se necessária para assegurar que os investimentos na infraestrutura e gestão da água sejam financeiramente sustentáveis, acessíveis à comunidade e capazes de gerar benefícios econômicos locais. Além disso, essa abordagem garante que o acesso à água potável seja promovido de forma eficiente, atendendo às necessidades imediatas e futuras da população, sem comprometer a viabilidade financeira do sistema de abastecimento. A eficiência econômica ajuda a identificar formas de reduzir desperdícios e maximizar a satisfação da população nos investimentos feitos, esse monitoramento permite planejar o uso adequado de recursos financeiros, otimizando os gastos. Para essa dimensão, foram propostos cinco indicadores que buscam compreender como os investimentos em infraestrutura hídrica, tecnologias de tratamento de água e políticas de investimento em pesquisa e desenvolvimento em projetos relacionados com o abastecimento de água podem assegurar a disponibilidade e a qualidade da água para todos os habitantes locais (Cerezini *et al*., 2017; Silva e Candido, 2016). Os indicadores têm potencial para monitorar a alocação eficiente de recursos, identificar necessidades de financiamento e avaliar o impacto

econômico das políticas implementadas, promovendo uma gestão sustentável que equilibre custos e benefícios para a comunidade.

Em relação à dimensão social, esta configura-se essencialmente para identificar desigualdades no acesso à água potável, especialmente entre grupos mais vulneráveis, como famílias de baixa renda, mulheres e crianças. A dimensão social ajuda a garantir que as pessoas participem das tomadas de decisões e para que as políticas públicas e as ações alcancem toda a população de maneira justa. Essa dimensão possui 7 indicadores que se fundamentam na participação comunitária e equidade com o acesso a elementos-chaves que devem ser considerados para alcançar condições adequadas para o acesso à água potável.

Esses indicadores são capazes de avaliar a satisfação com a prestação dos serviços de abastecimento de água, identificar quantitativamente as formas de acesso à água potável e monitorar o impacto das políticas públicas nas condições sanitárias adequadas dos habitantes locais (Andrade, 2011; IBGE, 2015; Van Bellen, 2005). Além disso, podem promover o engajamento participativo da comunidade nas tomadas de decisão e no uso sustentável da água, assegurando que todos tenham acesso contínuo e seguro a esse recurso essencial. A relevância de considerar a dimensão governança é essencial para assegurar que as decisões relacionadas ao acesso à água potável sejam transparentes, participativas e eficientes, além de garantir o cumprimento das leis e a continuidade das políticas.

A presença dessa dimensão no painel de indicadores de sustentabilidade promove uma gestão mais integrada e responsável dos recursos hídricos, beneficiando a comunidade de forma duradoura e justa. Esta dimensão é composta por dez indicadores que buscam uma gestão transparente e adequada para o acesso à água potável, com políticas públicas bem definidas e a participação ativa de todos os interessados, sendo essencial para garantir a sustentabilidade. Tais indicadores auxiliam no monitoramento, uso de instrumentos e na verificação dos resultados relacionados com a questão hídrica, além da mensuração da estrutura e aplicação dos recursos disponíveis para o planejamento e execução de ações entre o governo e a comunidade (OECD, 2016; Rogers; Hall, 2003; UNESCO, 2015). Isso pode assegurar uma abordagem integrada e participativa na gestão da água.

A dimensão resposta faz-se necessária para avaliar como as ações implementadas estão resolvendo ou lidando com os desafios relacionados ao acesso à água potável. Ela garante que haja uma adaptação, engajamento comunitário e monitoramento contínuo, resultando em uma abordagem mais eficaz, integrada, preventiva e sustentável para garantir água potável de qualidade e em quantidade adequada para a comunidade.

Neste estudo, a dimensão contempla cinco indicadores que corroboram para avaliar a eficácia das ações e políticas implementadas em resposta aos desafios hídricos, permitindo ajustes e melhorias contínuas.

Os indicadores da dimensão resposta podem ajudar na implementação de planos com medidas preventivas e monitorar a implementação de projetos para ajustes corretivos, para a eficiência na aplicação de recursos e materiais para mitigar os impactos advindos com às mudanças ambientais e socioeconômicas (Araújo; Ribeiro; Braga, 2019). Por meio dessa avaliação, pode ser possível conceber estratégias para que todos os habitantes locais tenham acesso efetivo, contínuo e seguro à água potável.

As dimensões e os indicadores propostos servem de referência neste estudo para a construção de um questionário. O questionário teve como finalidade mensurar a percepção dos respondentes quanto à adequação dos indicadores de sustentabilidade que foram selecionados para promover o acesso à água potável para os habitantes do perímetro urbano do distrito do Apeú.

5.3 Resultados da Aplicação do Questionário junto aos Participantes da Pesquisa

Os dados obtidos por meio da aplicação da pesquisa foram tabulados e organizados de forma a facilitar sua apresentação e discussão. Na Tabela 3 podem ser observados os resultados obtidos com a aplicação do questionário junto aos sete gestores que participaram da pesquisa, posteriormente foram realizadas análises para verificar as relevâncias (Pontos Chaves) encontradas na pesquisa, como convergências e divergências que são apresentadas nos resultados obtidos.

Tabela 3 – Resultado da Aplicação do Questionário sobre os Indicadores de Sustentabilidade Proposto na Pesquisa

DIMENSÕES	INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA O ACESSO A ÁGUA POTÁVEL	Gestor1	Gestor2	Gestor3	Gestor4	Gestor5	Gestor6	Gestor7
AMBIENTAL	Disponibilidade hídrica do aquífero subterrâneo	5	5	1	4	5	4	5
	Alterações expressivas nos padrões de chuvas e níveis de água do aquífero subterrâneo	4	2	3	4	5	5	5
	Sistema de captação e tratamento de água bruta	5	5	4	3	3	5	5
	Sistema de distribuição de água	5	5	4	3	5	5	5
	Perda de água no sistema de abastecimento	3	5	2	3	4	4	4
	Cobertura dos serviços de abastecimento de água	5	5	3	3	5	5	4
	Regularidade no fornecimento da água potável	5	5	4	3	1	5	4
	Consumo de água por habitante	4	5	3	3	5	3	5
	Quantidade de água potável disponível para consumo humano	5	5	4	4	1	4	5
	Qualidade da água	5	5	4	3	4	5	5
	Monitoramento da qualidade da água	5	5	3	3	4	4	5
ECONÔMICA	Disponibilidade de recursos do orçamento público (R$) para o desenvolvimento de ações junto aos serviços de abastecimento de água	4	5	2	3	2	5	5
	Investimento em aquisição de tecnologia e equipamentos para o SAA	4	5	2	3	3	4	5
	Investimento em capacitação e/ou treinamento de profissionais técnicospara a gestão e o funcionamento adequado do SAA	4	5	3	4	2	3	5
	Investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) em projetos relacionados com o abastecimento de água	4	5	2	4	2	3	4
	Despesa com o Sistema de Abastecimento de Água	4	5	4	3	2	4	5

(Continua...)

(Conclusão)

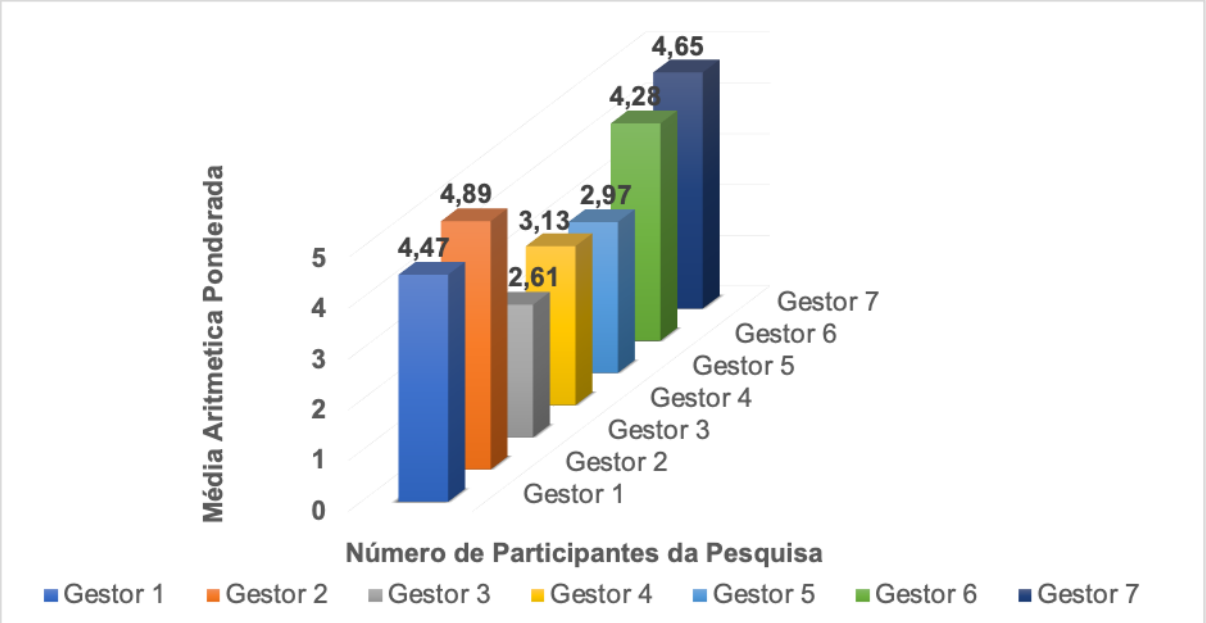
SOCIAL	Quantidade de habitantes residentes no local	4	5	3	3	5	4	5
	Percentual da população local satisfeita com a prestação dos serviços de abastecimento de água	4	5	3	3	3	5	4
	Quantitativo da população com acesso a água potável por meio de alternativas Poço de boca, Poço artesiano, Poço comunitário	5	5	2	3	5	3	5
	Número de residências que possuem ligações ativas de água potável	4	5	4	3	5	4	5
	Condições sanitárias adequadas nas residências	5	5	3	3	5	2	4
	Quantidade de pessoas atendidas por surtos de doenças de veiculação hídrica ou eventos endêmicos, epidêmicos e/ou pandêmicos relacionados com a água	5	5	1	3	1	5	5
	Participação dos representantes locais nas tomadas de decisões relacionados com a água	5	5	3	3	3	5	4
GOVERNANÇA	Tipos de atos legislativos sobre a questão hídrica	4	5	2	3	1	5	5
	Estrutura física e recursos disponíveis para o planejamento e a gestão de ações para o fornecimento de água potável a população local	4	5	3	3	2	4	5
	Manutenção e/ou ampliação da infraestrutura local do SAA	5	5	4	3	2	5	5
	Frequência de fiscalização na prestadora dos serviços de abastecimento de água a população local	4	5	2	3	1	4	5
	Frequência de monitoramento da qualidade da água	4	5	2	3	2	5	5
	Implantação de um sistema de gerenciamento de recursos hídricos localmente	4	5	2	3	4	5	4
	Uso de instrumentos da Lei nº 9.433/1997	5	5	3	3	2	5	5
	Existência de Conselho Municipal de Meio Ambiente	5	5	3	3	2	4	4
	Existência de Comitê Municipal de Bacia Hidrográfica	5	5	1	3	2	4	4
	Parcerias, cooperações técnicas, convênios, consórcios ou colaborações com ONGs, instituições públicas e/ou privadas relacionadas com a questão hídrica	5	5	1	3	2	5	5
ECONÔMICA	Formação de comitê local responsável para executar planejamento e ações para o combate a sinistro e/ou desastre hídrico	4	5	2	3	2	3	3
	Medidas de prevenção e combate a sinistro e/ou desastre hídrico local	4	5	2	3	2	5	4
	Planos de segurança hídrica e/ou Plano de emergência com execução de protocolo de ações para resposta a situações de excesso ou escassez de água	5	4	2	3	2	4	5
	Disponibilidade de recursos e materiais para mitigar os efeitos de sinistro e/ou desastre hídrico sucedido	4	5	2	3	2	4	5
	Existência de um Plano Municipal de Gestão de Recursos Hídricos – PMGRH	5	5	2	4	5	5	5

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

O Gráfico 3 apresenta o compartilhamento da média das notas atribuídas pelos gestores participantes da pesquisa. As informações dispostas expressam o resultado obtido na avaliação de cada gestor que respondeu ao questionário com o cálculo da média aritmética ponderada obtida para os indicadores que compõem o questionário. Os valores obtidos exibem resultados expressivos para as médias atribuídas pelos gestores 1, 2, 6 e 7 com médias respectivamente de 4,47, 4,89, 4,28 e 4,65. No entanto, os gestores 3, 4 e 5 obtiveram as menores médias com resultados de 2,61, 3,13 e 2,97.

Cabe destacar que os resultados expressam a categorização de dois grupos de gestores, sendo o primeiro grupo com um perfil de profissionais que atribuiu notas mais elevadas aos indicadores apresentados e o segundo grupo composto por profissionais que atribuíram notas menores em comparação aos do primeiro grupo, embora tenha sido realizado o mesmo procedimento para os gestores, de leitura e apresentação do questionário, tendo como possíveis explicações o nível de formação e usabilidade de indicadores nas atividades dos gestores no ambiente de trabalho do primeiro grupo, sendo que o segundo grupo pode não desenvolver atividades com uso de indicadores. No entanto, todos os gestores afirmaram que os indicadores são pertinentes e são adequados para serem utilizados pela gestão para auxiliar como ferramenta na melhoria das condições de acesso à água para os habitantes do distrito urbano do Apeú no município de Castanhal/PA.

Gráfico 3 – Média das Notas Atribuídas pelos Gestores para cada Indicador

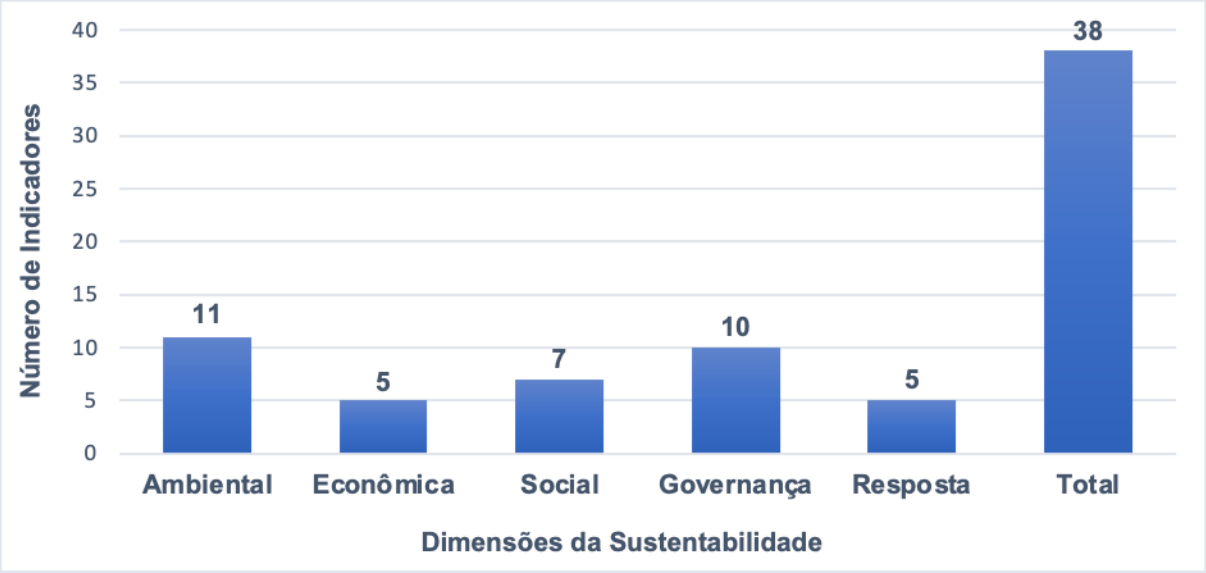


Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

Uma outra possível explicação para o grupo de gestores 3, 4 e 5 deve-se ao fato de serem indicados politicamente pelo gestor máximo local, com falta de critérios para sua indicação, nesse caso os profissionais podem não ter formação na área de atuação ou ter pouco conhecimento da importância e relevância do conjunto de indicadores apresentados e da potencialibilidade da sua mensuração e usabilidade para a formulação de políticas públicas, efetiva participação da população local e partes interessadas, além de proporcionarem o desenvolvimento de atividades de prevenção e remediação a situações futuras que podem ocorrer em tempos de mudança climática e eventos climáticos extremos.

O Gráfico 4 expõe o quantitativo total de dimensões e indicadores que compõem o questionário, sendo constituído por cinco dimensões e 38 indicadores no total. Tendo a dimensão ambiental onze indicadores e a dimensão governança dez indicadores, juntas as duas dimensões representam 55,26% do total de indicadores de sustentabilidade propostos nesse questionário. Embora não tenha sido feita de forma intencional, essa distribuição dos indicadores nas dimensões mencionadas colaboram para o alcance do objetivo geral relacionado com o acesso à água potável e o uso de indicadores de sustentabilidade que podem auxiliar a gestão local e melhorar as condições de vida dos habitantes no perímetro urbano no bairro do Apeú.

Gráfico 4 – Quantidade de Indicadores por Dimensões da Sustentabilidade



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

A partir das dimensões e dos indicadores de sustentabilidade considerados na pesquisa, foi possível realizar uma análise geral da pontuação obtida em cada dimensão pelo quantitativo de indicadores vinculados a cada dimensão e pelo valor

atribuído de notas de um a cinco que cada participante assinalou no preenchimento do questionário.

A Tabela 4 divulga as pontuações e média de pontos obtidos, assim como a média aritmética ponderada calculada em cada dimensão, ficando perceptível que a dimensão ambiental com seu conjunto de indicadores teve uma avaliação mais favorável por parte dos participantes da pesquisa, com uma pontuação de 317 pontos e com uma média de 28,81 pontos pelo conjunto de indicadores presente nesta dimensão. Destaca-se que os indicadores das dimensões econômica e resposta obtiveram as avaliações mais desfavoráveis com as menores pontuações (129 e 128 pontos) e as menores médias de pontos do conjunto analisado.

Possíveis explicações ao fato constatado podem ser atribuídas à baixa capacidade de financiamento ou limitações orçamentárias para implementar e manter soluções para a infraestrutura de água. O que pode levar os gestores a priorizar ações imediatas e de curto prazo em detrimento de um planejamento econômico, minimizando a importância dos indicadores econômicos, além de uma capacidade técnica limitada sobre a importância dos indicadores econômicos e de resposta, que pode levar à subvalorização dessas dimensões. Muitos gestores podem não estar adequadamente preparados para entender como esses aspectos impactam a sustentabilidade do acesso à água potável ou para formular políticas que integrem de forma eficiente tais indicadores.

Foco em soluções emergenciais para atender necessidades imediatas, relegando a segundo plano uma análise mais aprofundada de questões econômicas e de resposta a longo prazo, entre outras. Embora as dimensões apresentem os piores resultados da pesquisa seus valores em termos percentuais representam níveis superiores a 73% de estabilidade entre as respostas, sendo estes satisfatórios para a pesquisa.

Tabela 4 – Pontuação Obtida com a Média de Pontos de cada Dimensão

Dimensões	**Númerode Indicadores**	**Pontuação Obtida**	**Média**	**Pontos Possíveis**
Ambiental	11	317	28,81	385
Econômico	5	129	25,80	175
Social	7	194	27,71	245
Governança	10	261	26,10	350
Resposta	5	128	25,60	175

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Com o resultado das respostas dos participantes da pesquisa com orientação na escala Likert de cinco pontos, foi possível realizar análise quantitativa dos dados, dentro das possibilidades existentes para o conjunto de indicadores de sustentabilidade relacionados com o acesso à água potável em cada dimensão com o grupo de indicadores correlacionados, mostrando-se simples, objetivo e propício para a apresentação das informações que são reveladas na sequência.

Dessa maneira, o cenário analisado para a média aritmética ponderada para o grupo de indicadores da dimensão ambiental teve baixa variação com valores médios compreendidos entre 4,57 a 3,57, no entanto a variância apresenta-se elevada no intervalo de 2,14 a 0,61, e o desvio padrão percebido encontra-se limitado no distanciamento de 1,46 a 0,78 e o CV apresentou resultados superiores a 30% para três indicadores nessa dimensão, conforme pode ser visto na Tabela 5.

Tabela 5 – Resultados dos Indicadores da Dimensão Ambiental

Indicadores	Média	Variância	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação (%)
Disponibilidade hídrica do aquífero subterrâneo	4,14	2,14	1,46	35,26
Alterações expressivas nos padrões de chuvas e níveis de água do aquífero subterrâneo	4	1,33	1,15	28,75
Sistema de captação e tratamento de água bruta	4,28	0,90	0,94	22,14
Sistema de distribuição de água	4,57	0,61	0,78	17,08
Perda de água no sistema de captação, tratamento e na rede de distribuição	3,57	0,95	0,97	27,28
Cobertura dos serviços de abastecimento de água	4,28	0,90	0,94	22,14
Regularidade no fornecimento da água potável	3,85	2,14	1,46	37,92
Consumo de água per capta	4,28	1	1	23,36
Quantidade de água potável disponível para consumo humano	4	2	1,41	35,25
Qualidade da água	4,42	0,61	0,78	17,67
Monitoramento da qualidade da água	4,14	0,80	0,89	21,60

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

Os valores considerados para o CV estão expressos em porcentagens e diante dos dados obtidos na pesquisa, pode-se constatar, conforme apresentado na Tabela 5, que os indicadores da dimensão ambiental estão classificados em três categorias, sendo que dois localizam-se na faixa de boa precisão, com valores compreendidos entre 10% a 20%, seis estão na faixa de alta variabilidade com porcentagens de 20% a 30% e três encontram-se na faixa acima de altíssima imprecisão com valores superando os 30%, de acordo com Pimentel Gomes (2000).

Embora 82% dos indicadores classifiquem-se como alta ou altíssima imprecisão segundo Pimentel Gomes (2000), os indicadores são importantes para comporem o painel, em virtude da relevância das informações a serem obtidas no levantamento das especificidades a serem observadas para promover políticas públicas e desenvolver projetos para melhorar as condições de vida dos habitantes da comunidade local.

Em virtude da existência de uma alta dispersão para os indicadores mencionados, existe também a necessidade de uma abordagem holística que contemple diferentes perspectivas e nuances, considerando que o consenso pode ser difícil de ser alcançado em temas ainda pouco explorados, como é o caso do apresentado nessa pesquisa. Uma outra questão importante ocorre em relação às questões específicas da comunidade local. Cada especialista pode ter dado ênfase a aspectos diferentes com fundamento em seu campo de conhecimento, mas a relevância local dos indicadores justifica sua inclusão. Indicadores com dispersão elevada podem representar fatores cruciais para resolver problemas específicos da comunidade, que demandam de uma análise mais abrangente e sensível às realidades locais.

Além disso, a realidade local reflete a complexidade multidimensional de trabalhar a temática desta tese e pode contribuir para uma abordagem mais abrangente, adaptada à criatividade e inovadora. Portanto, indicadores divergentes podem ser fundamentais para identificar áreas críticas e emergentes que necessitam de atenção específica, sendo uma oportunidade para o desenvolvimento contínuo e flexível de estratégias de acesso à água potável. Neste sentido, pode-se inferir ainda que os participantes da pesquisa avaliaram os indicadores com uma determinada concordância para esse grupo de indicadores.

Na Tabela 6, são explorados e descritos os resultados estatísticos obtidos com os indicadores relacionados com a dimensão econômica, essa informação pode ser constatada por meio do resultado da média aritmética ponderada com valores compreendidos entre 3,42 a 3,85. A variância obtida apresenta-se nos intervalos de 1,23 a 1,90, o desvio padrão tem uma flutuação compreendida entre 1,10 a 1,37 e o CV apresenta percentuais que variam de 29,09% a 36,92%, o que demonstra os valores máximo e mínimo encontrados.

Tabela 6 – Resultados dos Indicadores da Dimensão Econômica

Indicadores	Média	Variância	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação (%)
Disponibilidade de recursos do orçamento público para o desenvolvimento de ações relacionadas com os serviços de abastecimento de água	3,71	1,90	1,37	36,92
Investimento em aquisição de tecnologia e equipamentos para o sistema de abastecimento de água	3,71	1,23	1,10	29,64
Investimento em capacitação e/ou treinamento de profissionais técnicos para a gestão e o funcionamento adequado do sistema de abastecimento de água da comunidade local	3,71	1,23	1,10	29,64
Investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) em projetos relacionados com o abastecimento de Água	3,42	1,33	1,15	33,62
Despesa com o Sistema de Abastecimento de Água (SAA)	3,85	1,26	1,12	29,09

Fonte: Elaborado pelo Auto r(2024).

Os resultados alcançados para os indicadores de sustentabilidade da dimensão econômica relacionado com o desvio padrão são superiores a um para todos os indicadores, apontando, na Tabela 6, uma variabilidade significativa das respostas apresentadas pelos participantes da pesquisa. De acordo com Dillman, Smyth e Christian (2014) valores inferiores a um no desvio padrão em uma escala tipo Likert de cinco pontos pode indicar consistência nas respostas, enquanto que o desvio padrão maior que um, aponta variabilidade significativa das respostas. Outro fator que confirma essa dedução são os valores dispostos no quadrante do CV que são superiores a 29%, indicando uma dispersão moderada, ou seja, o que representa uma variabilidade moderada.

No caso, para os indicadores que compõem a dimensão social, pode-se verificar que o CV encontrado para o indicador (Quantidade de pessoas atendidas por surtos de doenças de veiculação hídrica ou eventos endêmicos, epidêmicos e/ou pandêmicos relacionados com a água) distoa dos demais indicadores, conforme disposto na Tabela 7. Com destaque para o valor obtido no CV sendo superior a 53%. Segundo Pimentel Gomes (2000), valores superiores a 30% para o CV apontam variabilidade excessiva, ou seja, altíssima imprecisão, neste caso o autor recomenda a exclusão desse indicador.

No entanto, pela importância do indicador para a questão de saúde pública e em tempo de epidemias e pandemias, o pesquisador responsável entende ser importante a sua permanência no painel, pois o impacto da qualidade da água na saúde pública é uma questão central na dimensão social. Além disso, o acesso inadequado à água potável pode levar à disseminação de doenças como diarreia, cólera, febre tifoide, entre outros problemas de saúde, que afetam desproporcionalmente as populações, em especial as vulneráveis. Monitorar esse indicador é essencial para avaliar se as políticas de acesso à água estão contribuindo para reduzir a carga de doenças relacionadas à água, melhorando o bem-estar social. Os demais indicadores dessa dimensão apresentam uma baixa e moderada dispersão.

Tabela 7 – Resultados dos Indicadores da Dimensão Social

Indicadores	Média	Variância	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação (%)
Quantidade de habitantes residentes no local	4,14	1,09	1,04	25,12
Percentual da população local satisfeita com a prestação dos serviços de abastecimento de água	3,85	0,80	0,89	23,22
Quantitativo da população com acesso a água potável por meio de alternativas Poço de boca, Poço artesiano, Poço comunitário	4	1,66	1,28	32,00
Número de residências que possuem ligações ativas de água potável	4,28	0,57	0,75	17,61
Condições sanitárias adequadas nas residências	3,85	1,47	1,21	31,42
Quantidade de pessoas atendidas por surtos de doenças de veiculação hídrica ou eventos endêmicos, epidêmicos e/ou pandêmicos relacionados com a água	3,57	3,61	1,90	53,22
Participação dos representantes locais nas tomadas de decisões vinculados com aágua	4,28	1	1	23,36

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

Ao observar os valores obtidos dos CV expostos na Tabela 8, para o grupo dos dez indicadores que constituem a dimensão governança, os resultados expressam a classificação dos indicadores em duas categorias, sendo que três reunem-se na faixa de alta variabilidade, ou seja, imprecisão nas respostas com valores compreendidos entre 20% a 30% e sete situam-se na faixa de altíssima imprecisão com valores superando os 30% recomendados por Pimentel Gomes (2000). Representando, dessa maneira, a percepção dos participantes da pesquisa com divergências expressivas para esse grupo de indicadores nessa dimensão. Algumas considerações podem

explicar esse fato, tais como: Diversidade dos contextos que cada gestor está considerando, variedade de realidades do trabalho desenvolvido por cada gestor dentro da comunidade, reconhecendo que diferentes aspectos podem ser mais ou menos relevantes dependendo do subcontexto específico (geográfico, social, econômico, governamental, legislacional, entre outros). Um outro importante fator deve-se ao nível de conhecimento ou limitações de dados que devem ser considerados para a realização do trabalho, necessidade de estudos e pesquisa, sendo um ponto de partida para coletar mais dados ou ajustar políticas e estratégias baseadas em novas evidências, entre outras.

Tabela 8 – Resultados dos Indicadores da Dimensão Governança

Indicadores	Média	Variância	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação (%)
Tipos de atos legislativos sobre a questão hídrica	3,57	2,61	1,61	45,09
Estrutura física e recursos disponíveis para o planejamento e a gestão de ações para o fornecimento de água potável a população local	3,71	1,23	1,10	29,64
Manutenção e/ou ampliação da infraestrutura local do SAA	4,14	1,85	1,36	32,85
Frequência de fiscalização na prestadora dos serviços de abastecimento de água	3,42	2,27	1,50	43,85
Frequência de monitoramento da qualidade da água	3,71	1,90	1,37	36,92
Implantação de um sistema de gerenciamento de recursos hídricos localmente	3,85	1,14	1,06	27,53
Uso de instrumentos da Lei nº 9.433/1997	4	1,66	1,28	32,00
Existência de Conselho Municipal de Meio Ambiente	3,71	1,23	1,10	29,64
Existência de Comitê Municipal de Bacia Hidrográfica	3,42	2,99	1,72	50,29
Parcerias, cooperações técnicas, convênios, consórcios ou colaborações com ONGs, instituições públicas e/ou privadas relacionadas com a questão hídrica	3,71	2,90	1,70	45,82

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

Na Tabela 9, os resultados obtidos para os indicadores de sustentabilidade que constituem a dimensão resposta apresentaram uma média aritmética ponderada com valores que compreendem o intervalo entre 3,14 a 4,42, o que representa uma variação de 1,28 na média obtida, o que indica uma determinada oscilação no ponto de equilíbrio do conjunto de dados do grupo de indicadores dessa dimensão.

Os valores obtidos na variância compreendem o intervalo de 1,14 a 1,61, mostrando a dispersão ou quão distante cada resultado está do cômputo obtido na média. As informações descritas na média e na variância corroboram as decorrências visualizadas nos valores encontrados no desvio padrão e no CV alcançados com valores superiores a 35%, para a maioria dos indicadores dessa dimensão, com

exceção dos indicadores (Formação de comitê local responsável para executar planejamento e ações para o combate a sinistro e/ou desastre hídrico e Existência de um Plano Municipal de Gestão de Recursos Hídricos — PMGRH).

Tabela 9 – Resultados dos Indicadores da Dimensão Resposta

Indicadores	Média	Variância	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação (%)
Formação de comitê local responsável para executar planejamento e ações para o combate a sinistro e/ou desastre hídrico	3,14	1,14	1,06	33,75
Medidas de prevenção e combate a sinistro e/ou desastre hídrico local	3,57	1,61	1,26	35,29
Planos de segurança hídrica e/ou Plano de emergência com execução de protocolo de ações para resposta a situações de excesso ou escassez de água	3,57	1,61	1,26	35,29
Disponibilidade de recursos e materiais para mitigar os efeitos de sinistro e/ou desastre hídrico sucedido	3,57	1,61	1,26	35,29
Existência de um PMGRH	4,42	1,28	1,13	25,56

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

Para a análise de cada indicador, levou-se em consideração o NC obtido pela frequência das respostas dadas pelos sete participantes que atuam como gestores no município. O tipo de unidade de medida adotada para o NC foi a porcentagem. Os percentuais de NC encontrados para o conjunto de indicadores listados no Quadro 28 foram classificados em ordem alfabética e hierarquicamente decrescente, de acordo com sua pontuação obtida pelo NC em cada uma das cinco dimensões consideradas.

De acordo com o NC calculado para os indicadores, ficou estabelecido o intervalo mínimo de 62,85% e máximo de 91,42%. O que representa uma variação de 28,57% entre o maior e menor NC, de acordo com as respostas da pesquisa.

Em uma análise geral, os indicadores das dimensões ambiental e social foram mais bem avaliados pelos participantes da pesquisa em comparação com a maioria dos indicadores das dimensões econômica, governança e respostas que em algumas situações obtiveram percentuais menores que 70% para o NC. Segundo Scarparo *et al*. (2012) um consenso de 70% é considerado um limite mínimo para garantir que as estratégias ou práticas propostas sejam amplamente aceitas e consideradas válidas.

Quadro 28 – Classificação Hierárquica Decrescente dos Indicadores de Sustentabilidade com base no Nível de Consenso

DIMENSÕES	INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA O ACESSO À ÁGUA POTÁVEL	NÍVEL DE CONSENSO (%)
AMBIENTAL	Sistema de distribuição de água	91,42
	Qualidade da água	88,57
	Cobertura dos serviços de abastecimento de água	85,71
	Sistema de captação e tratamento de água bruta	85,71
	Disponibilidade hídrica do aquífero subterrâneo	82,85
	Monitoramento da qualidade da água	82,85
	Alterações expressivas nos padrões de chuvas e níveis de água do aquífero subterrâneo	80,00
	Consumo de água per capta	80,00
	Quantidade de água potável disponível para consumo humano	80,00
	Regularidade no fornecimento da água potável	77,14
	Perda de água no sistema de captação, tratamento e na rede de distribuição	71,42
ECONÔMICA	Despesa com o Sistema de Abastecimento de Água	77,14
	Disponibilidade de recursos do orçamento público (R$) para o desenvolvimento de ações relacionadas com os serviços de abastecimento de água	74,28
	Investimento em aquisição de tecnologia e equipamentos para o sistema de abastecimento de água	74,28
	Investimento em capacitação e/ou treinamento de profissionais técnicos para a gestão e o funcionamento adequado do SAA da comunidade local	74,28
	Investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) em projetos relacionados com o abastecimento de água	68,57
SOCIAL	Número de residências que possuem ligações ativas de água potável	85,71
	Quantidade de habitantes residentes no local	82,85
	Quantitativo da população com acesso a água potável por meio de alternativas Poço de boca, Poço artesiano, Poço comunitário, etc.	80,00
	Participação dos representantes locais nas tomadas de decisões relacionados com a água	80,00
	Condições sanitárias adequadas nas residências	77,14
	Percentual da população local satisfeita com a prestação dos serviços de abastecimento de água	77,14
	Quantidade de pessoas atendidas por surtos de doenças de veiculação hídrica ou eventos endêmicos, epidêmicos e/ou pandêmicos relacionados com a água	71,42

(Continua...)

(Conclusão)

GOVERNANÇA	Manutenção e/ou ampliação da infraestrutura local do SAA	82,85
	Uso de instrumentos da lei nº.9.433/1997	80,00
	Implantação de um sistema de gerenciamento de recursos hídricos local	77,14
	Estrutura física e recursos disponíveis para o planejamento e a gestão de ações para o fornecimento de água potável a população local	74,28
	Existência de Conselho Municipal de Meio Ambiente	74,28
	Frequência de monitoramento da qualidade da água	74,28
	Parcerias, cooperações técnicas, convênios, consórcios ou colaborações com ONGs, instituições públicas e/ou privadas relacionadas com a água	74,28
	Tipos de atos legislativos sobre a questão hídrica	71,42
	Existência de Comitê Municipal de Bacia Hidrográfica	68,57
	Frequência de fiscalização na prestadora dos serviços de abastecimento de água	68,57
RESPOSTA	Existência de um Plano Municipal de Gestão de Recursos Hídricos – PMGRH	88,57
	Disponibilidade de recursos e materiais para mitigar os efeitos de sinistro e/ou desastre hídrico sucedido	71,42
	Medidas de prevenção e combate a sinistro e/ou desastre hídrico local	71,42
	Planos de segurança hídrica e/ou Plano de emergência com execução de protocolo de ações para resposta a situações de excesso ou escassez de água	71,42
	Formação de comitê local responsável para executar planejamento e ações para o combate a sinistro e/ou desastre hídrico	62,85

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Embora o estudo de Scarparo *et al*. (2012) recomende a retirada de indicadores que apresentem NC inferiores 70%, essa decisão fica a critério do pesquisador responsável. Dessa maneira, analisando o contexto geral e a carência de estudos sobre o uso de indicadores de sustentabilidade para o acesso à água potável, em virtude do acelerado processo de degradação ambiental, ocorrência de eventos extremos relacionados com as mudanças climáticas, necessidade de uso de ferramentas de gestão para melhorar a eficiência da prestação de serviços em especial os relacionados com a água potável, potencializar a participação da pessoas nos processos de tomadas de decisão local, e promover condições mais favoráveis e adequadas a vida das pessoas. Perante o exposto, compreendeu-se, nessa pesquisa, por não retirar os indicadores propostos.

Diante do contexto apresentado e analisado e da necessidade de realização de estudos sobre a temática abordada, da análise crítica realizada pelo pesquisador responsável e de acordo com o conjunto de informações coletadas, tratadas e analisadas, resolveu-se incluir todos os indicadores propostos no painel, não sendo descartado nenhum indicador, neste sentido o painel final ficou concebido com 38 indicadores de sustentabilidade para as cinco dimensões propostas.

Ressalta-se ainda que, embora o argumento de Scarparo *et al.* (2012) enfatize que o percentual mínimo de 70% seja importante para garantir que as estratégias ou práticas propostas sejam amplamente aceitas e consideradas válidas, os mesmos autores indicam que o corte de alguns indicadores como base no percentual do NC é uma decisão do pesquisador. Neste estudo, foram considerados, ao final, como aceitos e válidos os 38 indicadores que se considera serem relevantes para contribuírem para o acesso à água potável para os habitantes do perímetro urbano no distrito do Apeú/Castanhal/Pará.

Destaca-se também que como não houve sugestões por parte dos participantes da pesquisa para inclusão de novas dimensões e/ou indicadores compreende-se que o questionário é considerado adequado, conforme exposto no Quadro 29.

Quadro 29 – Painel com os Indicadores de Sustentabilidade Pós-Validação

DIMENSÕES	INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE
AMBIENTAL	Sistema de distribuição de água
	Qualidade da água
	Cobertura dos serviços de abastecimento de água
	Sistema de captação e tratamento de água bruta
	Disponibilidade hídrica do aquífero subterrâneo
	Monitoramento da qualidade da água
	Alterações expressivas nos padrões de chuva seníveis de água do aquífero subterrâneo
	Consumo de água per capta
	Quantidade de água potável disponível para consumo humano
	Regularidade no fornecimento da água potável
	Perda de água no sistema de captação, tratamento e na rede de distribuição
ECONÔMICA	Despesa com o Sistema de Abastecimento de Água
	Disponibilidade de recursos do orçamento público (R$) para o desenvolvimento de ações relacionadas com os serviços de abastecimento de água
	Investimento em aquisição de tecnologia e equipamentos para o sistema de abastecimento de água
	Investimento em capacitação e/ou treinamento de profissionais técnicos para a gestão e o funcionamento adequado do SAA da comunidade local
	Investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) em projetos relacionados com o abastecimento de água
SOCIAL	Número de residências que possuem ligações ativas de água potável
	Quantidade de habitantes residentes no local
	Quantitativo da população com acesso a água potável por meio de alternativas Poço de boca, Poço artesiano, Poço comunitário, etc.
	Participação dos representantes locais nas tomadas de decisões relacionados com a água
	Condições sanitárias adequadas nas residências
	Percentual da população local satisfeita com a prestação dos serviços de abastecimento de água
	Quantidade de pessoas atendidas por surtos de doenças de veiculação hídrica ou eventos endêmicos, epidêmicos e/ou pandêmicos relacionados com a água
GOVERNANÇA	Manutenção e/ou ampliação da infraestrutura local do SAA
	Uso de instrumentos da lei nº.9.433/1997
	Implantação de um sistema de gerenciamento de recursos hídricos local
	Estrutura física e recursos disponíveis para o planejamento e a gestão de ações para o fornecimento de água potável a população local
	Existência de Conselho Municipal de Meio Ambiente
	Frequência de monitoramento da qualidade da água
	Parcerias, cooperações técnicas, convênios, consórcios ou colaborações com ONGs, instituições públicas e/ou privadas relacionadas com a água
	Tipos de atos legislativos sobre a questão hídrica
	Existência de Comitê Municipal de Bacia Hidrográfica
	Frequência de fiscalização na prestadora dos serviços de abastecimento de água
RESPOSTA	Existência de um Plano Municipal de Gestão de Recursos Hídricos – PMGRH
	Disponibilidade de recursos e materiais para mitigar os efeitos de sinistro e/ou desastre hídrico sucedido
	Medidas de prevenção e combate a sinistro e/ou desastre hídrico local
	Planos de segurança hídrica e/ou Plano de emergência com execução de protocolo de ações para resposta a situações de excesso ou escassez de água
	Formação de comitê local responsável para executar planejamento e ações para o combate a sinistro e/ou desastre hídrico

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

A estrutura final de indicadores de sustentabilidade ficou em um total de 38, sendo onze indicadores vinculados à dimensão ambiental, cinco à dimensão econômica, sete à dimensão social, dez à dimensão governança e cinco à dimensão resposta. Ainda, com relação à estrutura foi possível identificar a categorização de nove grupos de indicadores, estando um indicador na porcentagem acima de 91%, dois na de 88%, três na de 85%, quatro na de 82%, seis na de 80%, cinco na de 77%, sete na de 74%, e seis acima de 71% e quatro abaixo de 70%.

Dessa maneira, pode-se observar que os indicadores não estão distribuídos de forma homogênea por dimensão e nem por categorização, mas é possível constatar que as dimensões ambiental, social e governança possuem um número expressivo de indicadores, em especial as dimensões ambiental e social, com representação respectiva de aproximadamente 32,35% e 20,58%. Somadas, essas duas dimensões são responsáveis por 52,93% dos indicadores que compõem o painel final, após análise e validação por parte dos participantes da pesquisa.

Essa conjuntura demonstra que os respondentes atribuem uma determinada importância para as dimensões ambiental e social que tiveram alterações no grupo proposto e alcançaram níveis de consenso considerados adequados e satisfatórios para serem utilizados na avaliação. O número total de indicadores selecionados neste estudo pode ser considerado como adequado, pois Sangwan, Bhakar e Digalwar (2019) classificam o número de indicadores como baixo (<20), médio entre 20 a 50 e alto acima de 50. Sendo assim, os 38 indicadores selecionados são considerados satisfatórios dentro da faixa média. Além disso, Ness *et al*. (2007), em seu estudo *Sustainable Development Goals* (SDGs), da ONU em 2015, e a pesquisa de Miller e Twining-Ward (2005), fornecem uma base sólida para a seleção e aplicação de indicadores de sustentabilidade, garantindo que os gestores locais possam utilizar o painel de forma eficaz para monitorar e melhorar o acesso à água potável para os habitantes de comunidades locais.

5.4 Indicadores de Sustentabilidade para o Acesso à Água Potável

Para a estruturação dos indicadores de sustentabilidade existem abordagens metodológicas com contribuições distintas. Os autores Mendoza e Prabhu (2000) propõem um framework multicritério que integra métodos quantitativos e qualitativos para a seleção e priorização de indicadores de sustentabilidade.

Os autores Mendoza e Prabhu (2000) recomendam ainda que os indicadores devam ser definidos com base na participação das partes interessadas e que sejam adaptáveis a diferentes escalas e contextos. A ONU, por meio dos ODS, sugere uma abordagem integrada e participativa para a estruturação de indicadores de sustentabilidade.

No contexto do acesso à água potável, o ODS 6 enfatiza a necessidade de indicadores que sejam claros, objetivos e capazes de capturar tanto a disponibilidade quanto a qualidade da água, além do acesso equitativo (ONU,2015). Neste sentido, a estrutura proposta para os indicadores depende mais das habilidades e experiências do pesquisador responsável pela pesquisa, do que pelas diretrizes metodológicas para sua estruturação (Pérez *et al*., 2013). Nesta pesquisa adotamos uma combinação das estruturas propostas nos estudos de Mendoza e Prabhu (2000) e o ODS 6 da ONU (2015) que contribuem para o alcance do objetivo geral definido para esta tese.

Considerando as sugestões da literatura apresentadas e a estruturação das dimensões e os indicadores de sustentabilidade propostos para melhorar as condiões de acesso à água potável para os habitantes do perímetro urbano no distrito do Apeú que está localizado no município de Castanhal/PA.

A finalidade de conceber uma ferramenta que utilize indicadores de sustentabilidade adequados para a tomada de decisão junto às partes interessadas acredita-se viabilizar, de forma positiva, melhorias para aperfeiçoar a gestão desse recurso hídrico e das próprias condições de vida dos residentes da localidade que necessitam de uma água potável em quantidade, qualidade e sem interrupções, suficientes para o uso nas atividades diárias.

A seleção dos indicadores baseou-se em uma metodologia robusta que integra abordagens *top-down* e *bottom-up* de forma simultânea. A integração dessas abordagens visou garantir que os indicadores sejam ao mesmo tempo cientificamente rigorosos e socialmente relevantes. Segundo Feil e Schreiber (2019) e Kemerich, Ritter e Borba, (2014) defendem que essa integração seja crucial para criar indicadores que equilibrem o conhecimento técnico-científico com as contribuições oriundas da experiência local. A abordagem *top-down* assegura que os indicadores sejam metodologicamente rigorosos e alinhados com padrões internacionais, enquanto a abordagem *bottom-up* garante que esses indicadores sejam aceitos e relevantes para as comunidades locais. Essa integração facilita a implementação das políticas públicas com as especificidades locais, resultando em uma gestão mais eficaz e participativa.

A pesquisa também se fundamentou nos critérios propostos por Jannuzzi (2005) para assegurar que os indicadores selecionados atendam às exigências necessárias para a formulação de políticas públicas eficazes. Os dez critérios mencionados por Jannuzzi (2005) tais como: relevância política, validade metodológica, confiabilidade para a medição, simplicidade, sensibilidade a mudanças, adequação às especificidades locais, replicabilidade, capacidade de agregar informações, atualizável e comparável ao longo do tempo, serviram como base para a escolha e validação dos indicadores. Esses critérios são amplamente reconhecidos na literatura de sustentabilidade e governança ambiental como essenciais para garantir que os indicadores sejam úteis e aplicáveis em contextos diversos.

A princípio, os critérios admitidos para a seleção das dimensões e dos indicadores de sustentabilidade, foram comparados com os estudos do TBL de Elkington (1997), Painel com os IDS do IBGE (2015), OCDE (1993) e dos 15 estudos considerados na RSL, para a proposição das dimensões da sustentabilidade, no caso dos indicadores foram observadas principalmente as pesquisas de Andrade (2011), ODS 6 da ONU (2015), os IDS do IBGE (2015), Van Bellen (2005), nas quais procurou-se destacar as semelhanças e potencialidades dos achados encontrados para serem aplicados em relação à temática da pesquisa sobre o acesso à água potável.

Diante dos resultados apurados, inicia-se a discussão com base nos achados encontrados na pesquisa bibliográfica e documental. Sendo que na pesquisa documental foram obtidas contribuições importantes a nível internacional, destacando-se o Painel dos ODS 6 da ONU, que estabelece indicadores para orientar a formulação de soluções nacionais a nível mundial, com foco em desafios locais, especialmente no que diz respeito à melhoria do acesso à água potável, conforme as especificidades dos habitantes (ONU, 2015).

Dessa maneira, a teoria do TBL apresentada por Elkington (1997) propõe um equilíbrio entre os pilares econômico, social e ambiental, que, embora seja um modelo amplamente aceito e utilizado em nível global, enfrenta desafios significativos quando aplicado a regiões com dinâmicas tão específicas como a do estado do Pará (PARÁ, 2021). A economia da região é fortemente dependente da exploração de recursos naturais, como mineração e o agronegócio, setores que, historicamente, priorizam o desenvolvimento econômico em detrimento da sustentabilidade ambiental e social (PARÁ, 2021).

No entanto, o Pará apresenta indicadores socioeconômicos e ambientais preocupantes, com elevados índices de pobreza, desigualdade e deficiências de infraestrutura, saúde e saneamento básico, em especial com os serviços de prestação de abastecimento de água potável, o que sugere que o pilar social do TBL não está adequadamente equilibrado com o econômico (IBGE. 2022).

Por outro lado, os IDS do IBGE (2015) fornecem uma sustentação quantitativa para a análise da sustentabilidade, porém, apesar de oferecerem dados valiosos, esses indicadores muitas vezes não refletem integralmente as complexidades locais, como o impacto cultural e ecológico da Amazônia. A região tem um bioma essencial para a regulação climática global, enfrentando uma degradação ambiental contínua.

O desmatamento florestal, a poluição de rios e a perda de biodiversidade são problemas endêmicos que pressionam o pilar ambiental, sugerindo que a sustentabilidade ambiental ainda está longe de ser alcançada (PARÁ, 2021).

No caso as diretrizes da OCDE (1993), voltadas ao desenvolvimento sustentável, enquanto fornecem um quadro teórico útil, precisam ser adaptadas à realidade amazônica. O Pará enfrenta desafios específicos relacionados ao seu isolamento geográfico, dificuldades logísticas e falta de infraestrutura básica, o que dificulta a implementação de políticas sustentáveis de acordo com os padrões internacionais sem adaptações substanciais (PARÁ, 2021).

Além disso, o ODS 6 da ONU (2015), que aborda a disponibilidade de água e saneamento, é um objetivo crucial, especialmente para a realidade do Pará e de Castanhal, que possuem um histórico de problemas de saneamento básico e gestão inadequada dos recursos hídricos (SNIS, 2022).

Embora o Pará seja uma região rica em recursos hídricos, a gestão insustentável e a falta de infraestrutura em saneamento geram graves consequências ambientais e sociais, mostrando que as metas do ODS 6 estão longe de serem alcançadas (PARÁ, 2021).

A poluição dos rios e do solo e os baixos índices de tratamento de esgoto, a coleta e tratamento inadequado dos resíduos sólidos e a deficiente prestação dos serviços de abastecimento de água afetam diretamente a qualidade de vida da população e os ecossistemas locais, colocando em risco o equilíbrio sustentável da região (SNIS, 2021).

Os estudos de Andrade (2011) e Van Bellen (2005) reforçam a necessidade de utilizar indicadores de sustentabilidade ajustados ao contexto local. A abordagem do autor Van Bellen sobre indicadores revela que, sem a devida consideração das especificidades regionais, os indicadores podem gerar uma visão distorcida da realidade. No caso do Pará e em Castanhal, indicadores de sustentabilidade que não considerem a pressão econômica sobre os recursos naturais, o índice de desigualdade social, a participação efetiva da sociedade, aspectos de governança que garantam a eficiência, equidade e transparência no uso e na distribuição melhor dos recursos, para as tomadas de decisão, além da vulnerabilidade ambiental e ações de prevenção e remediação a eventos climáticos extremos, são considerados inadequados para representar as especifidades locais (PARÁ, 2021).

Embora os modelos teóricos do TBL e os indicadores globais e nacionais de sustentabilidade sejam de grande valor, a aplicação deles no contexto em uma região tão peculiar quanto a do estado do Pará exige uma adaptação para que possam refletir de forma realista os desafios e as oportunidades locais. Tal modelo, para ser implementado no Pará, precisa equilibrar as pressões econômicas com políticas e ações de governança que abordem as necessidades sociais e ambientais específicas da região, respeitando suas particularidades ecológicas e culturais.

Os indicadores fornecidos pelos IDS do IBGE e ODS 6 da ONU, embora úteis, precisam ser complementados com dados locais que representem melhor a complexidade socioambiental do estado. Isso assegura que as ações propostas para o desenvolvimento sustentável da região sejam mais eficazes e alinhadas com a realidade amazônica. Em síntese, nenhum modelo teórico ou indicador pode ser aplicado sem ajustes em contextos com características únicas como a local, que apresenta desafios e oportunidades que fogem às dinâmicas usuais de outras regiões.

Como análise crítica do trabalho, pode-se inferir que a região e o município de Castanhal/PA revelam uma carência de trabalhos dessa natureza, a temática embora seja relevante sob a perpectiva internacional e nacional revela um esforço para a exploração e o desenvolvimento de estudos, a partir da Rio 92, mas que ainda carecem de recursos, empenho político e compromisso coletivo com o bem-estar socioeconômico e ambiental.

Dessa maneira, faz-se necessária a realização desse tipo de trabalho, uma vez que não se encontrou trabalhos que buscassem evidenciar dentro da questão hídrica um conjunto de indicadores de sustentabilidade para auxiliar a gestão e melhorar as condições de acesso da água potável para uma comunidade em um distrito urbano, nesse caso específico, em um bairro no município de Castanhal/Pará/Brasil.

Uma questão importante desta pesquisa se faz em relação ao conceito de água segura, articulado pela primeira vez no Relatório de Brundtland, em 1987, o qual enfatizou a necessidade de garantir o acesso humano à água potável como um componente essencial para o desenvolvimento sustentável (WCED, 1987). Essa ideia foi ampliada no primeiro Fórum Mundial da Água, realizado em Marrakesh, Marrocos, em 1997, onde foi sublinhada a urgência de políticas globais voltadas para a universalização do acesso à água potável (Biswas, 2001).

Paralelamente, autores como Gleick (1998), destacam a importância do reconhecimento da água como um direito humano, argumentando que esse reconhecimento é fundamental para o desenvolvimento sustentável. No Brasil, destaca-se um conjunto de leis, decretos, resoluções, portaria, entre outros, em especial a Lei nº 9.433 de 1997, que estabeleceu uma base jurídica fundamental para regulamentar o uso da água no país (Formiga-Johnsonn; Kemper, 2005).

A PNRH identificou prioridades estratégicas, como o abastecimento de água para consumo humano considerando-o uso nobre em situações de carência ou escassez. Além disso, a política instituiu seis instrumentos essenciais para a GIRH no país, incluindo a outorga de direito de uso, a cobrança pelo uso da água, o enquadramento dos corpos d'água em classes de uso, entre outros (Jacobi, 2004).

Um outro fator de destaque a nível de Brasil foi a publicação da Portaria nº 2.914 de 2011, emitida pelo MS, que organizou os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água destinada ao consumo humano, estabelecendo padrões rigorosos para garantir a segurança hídrica (Brasil, 2011). O painel do IBGE de 2015 com seus IDS também se mostrou fundamental para a proposição dos indicadores de sustentabilidade dessa pesquisa, fornecendo uma estrutura robusta e integrada para avaliar aspectos ambientais, sociais e econômicos (IBGE, 2015).

A aplicação desses indicadores permitiu uma análise das condições locais, identificando problemas e desafios específicos enfrentados pelos habitantes localmente. Além disso, ao alinhar os indicadores locais com as diretrizes dos indicadores do IBGE e do ODS 6 da ONU, foi possível propor um conjunto de indicadores para melhorar o acesso à água potável de forma sustentável e adaptadas às necessidades reais da comunidade, promovendo um desenvolvimento equitativo e sustentável (Brasil, 1997).

Essa abordagem é complementada por autores como Jacobi e Barbi (2007), que discutem a importância de políticas hídricas inclusivas que considerem as peculiaridades regionais, que destacam a importância da participação social na gestão dos recursos hídricos para garantir que as políticas implementadas sejam revertidas nas necessidades e demandas das populações locais. Assim, a combinação desses elementos assegura uma gestão hídrica mais holística e adaptada ao contexto brasileiro.

No estado do Pará, as disposições legais estão em fase de consolidação. A literatura sobre gestão de recursos hídricos, como discutido por Morais, Fadul e Cerqueira (2018), apontam que a criação de marcos regulatórios e a implementação de políticas hídricas são fundamentais para a estruturação e eficiência dos sistemas de abastecimento de água. Embora dados do SNIS (2022) confirmem que o estado do Pará possuía 48,9% (3.972.978 habitantes) da população sem acesso à água potável, informação preocupante em vários aspectos, sendo necessária políticas, ações e investimentos urgentes para a mudança dessa realidade e, neste sentido, essa pesquisa pode contribuir para o início dessa mudança nessa realidade vivenciada no estado.

Entretanto, apesar dos avanços promovidos pelas políticas hídricas locais identificadas na pesquisa, as instituições públicas e privadas encontram-se desarticuladas, a universalização do acesso à água está longe de ser alcançada no estado do Pará, evidenciando desafios persistentes na efetiva implementação dessas iniciativas. Brasil (1997) e Rebouças (1997) destacam que a gestão descentralizada e a participação comunitária são elementos-chave para superar essas dificuldades, sugerindo que uma abordagem mais integrada e participativa poderia melhorar os resultados das políticas de acesso à água no estado.

No âmbito municipal, as leis existentes não conseguem melhorar as condições de vida dos habitantes para obter-se universalmente o acesso à água potável na localidade. Os serviços de abastecimento de água oferecidos no município de Castanhal são ineficientes, atendendo uma pequena parcela da população de forma deficitária. No entanto, a expansão e a manutenção desses serviços continuam a enfrentar desafios significativos, destacando a necessidade de uma gestão hídrica mais eficaz e adaptada às condições locais.

Esses desafios indicam a necessidade de uma revisão contínua e de um monitoramento mais rigoroso das políticas de saneamento, como defendido por Souza e Pereira (2016), que argumentam pela importância de uma participação efetiva da comunidade com articulação entre diferentes níveis de governo para assegurar que as políticas municipais de recursos hídricos sejam realmente eficazes e alinhadas com as necessidades da população de Castanhal. Dessa maneira, os indicadores selecionados servem para orientar a seleção de critérios na escolha de métricas adequadas e também para aprimorar as questões ambiental, econômica, social, governança e o planejamento para respostas em questões relacionadas com à água. O conjunto dessas informações são relevantes e apresentam evidências que oferecem suporte técnico e científico à concepção do painel de indicadores de sustentabilidade proposto nesta tese.

A combinação dessas perspectivas fornece uma base sólida para a construção de indicadores de sustentabilidade sejam ao mesmo tempo abrangentes e específicos, permitindo uma gestão mais eficaz e adaptada às realidades locais. A inclusão de dimensões que abordam a governança e a sustentabilidade no modelo TBL enriquece a análise e também garante que as soluções propostas apresentem-se como viáveis e duradouras, alinhando-se aos princípios contemporâneos de desenvolvimento sustentável.

Ao final da pesquisa, a dimensão ambiental ficou composta por dez indicadores que fornecem uma visão abrangente das condições e da gestão dos recursos hídricos, garantindo que as políticas de sustentabilidade sejam baseadas em dados precisos e atualizados. Eles ajudam a identificar áreas de risco, sistema de captação, tratamento e distribuição de água, além da cobertura dos serviços de água e a promover ações que assegurem a disponibilidade, quantidade, regularidade, consumo, monitoramento e a qualidade da água para as gerações atuais e futuras.

A dimensão econômica compreendeu cinco indicadores que são essenciais para avaliar a viabilidade econômica das atividades humanas, garantindo que o desenvolvimento econômico ocorra de maneira sustentável e que os recursos sejam geridos de forma eficiente. Esses indicadores ajudam a balancear a necessidade de crescimento econômico com a conservação dos recursos naturais, a promoção do bem-estar social, com uma gestão eficiente dos serviços prestados de acesso e abastecimento de água potável e mitigando possíveis impactos e/ou problemas para a sustentabilidade do sistema que possam ocorrer com ações preventivas e/ou corretivas relacionadas com a questão hídrica.

A dimensão social ficou constituída por sete indicadores que são relevantes, em virtude de medirem o impacto das atividades humanas sobre o bem-estar, participação de representantes locais nas tomadas de decisão, podendo identificar surtos de doenças de veiculação hídrica e verificar as condições de vida das pessoas. Eles podem ajudar a garantir que o desenvolvimento seja equitativo e inclusivo, promovendo o acesso universal aos recursos disponíveis no meio para promover benefícios para a sociedade envolvida.

A dimensão governança ficou estabelecida com dez indicadores que são fundamentais para avaliar a capacidade de instituições e sistemas de gestão em promover, implementar e monitorar práticas sustentáveis. Esses indicadores medem a eficácia das políticas públicas, a transparência, a participação cidadã e a capacidade institucional de gerir recursos naturais de maneira sustentável.

Por fim, a dimensão resposta compreendeu cinco indicadores que medem as ações e medidas adotadas para os problemas identificados em outras dimensões de sustentabilidade (ambiental, social, econômica, e de governança). Esses indicadores avaliam a eficácia das intervenções, políticas e estratégias implementadas para alcançar objetivos de sustentabilidade, além de serem importantes em virtude das mudanças climáticas ocorridas no planeta terra em relação às ações antrópicas promovida pelos seres humanos, na busca de utilizar os recursos disponíveis de forma insustentável com a regeneração do meio ambiente.

A predominância de indicadores na dimensão ambiental é consistente com a literatura, que frequentemente sublinha a importância da sustentabilidade ambiental em estudos sobre recursos hídricos. O estudo de Gleick (1998) e a PNRH de 1997, enfatizam que a gestão dos recursos hídricos deve priorizar a preservação dos ecossistemas para garantir a disponibilidade futura de água potável. A inclusão de um número maior de indicadores ambientais reflete a necessidade de avaliar aspectos como qualidade da água, preservação de nascentes e uso sustentável de recursos hídricos, o que é essencial para a sustentabilidade a longo prazo.

Os indicadores da dimensão governança também representaram um número significativo para a gestão dos recursos hídricos. Autores como Nicollier *et al*. (2022) e Ribeiro e Johnsson (2018) argumentam que a governança é fundamental para a implementação de políticas de água eficazes, pois envolvem a coordenação entre diferentes níveis de governo, a participação das comunidades locais e a transparência nas decisões.

A ênfase na governança neste estudo indica uma preocupação com a criação de estruturas que possam apoiar a gestão integrada e participativa para os recursos hídricos. Comparativamente, as dimensões social, econômica e de resposta possuem uma quantidade menor de indicadores, o que pode indicar que, embora sejam aspectos importantes, a sua avaliação foi considerada menos complexa ou abrangente no contexto específico do grupo de gestores selecionados na pesquisa. Isso não diminui a importância dessas dimensões, mas sugere que, neste estudo, os aspectos ambientais e de governança foram priorizados como áreas de relevância e impacto com foco na necessidade de monitoramento detalhado.

Estudos como os de Biswas (2001) e de Cerezini *et al*. (2017) também evidenciam a necessidade de equilibrar as diferentes dimensões de sustentabilidade. No entanto, os resultados deste estudo mostram que, no contexto do perímetro urbano do distrito do Apeú, as questões ambientais e de governança são particularmente críticas, justificando a maior quantidade de indicadores nessas áreas. Essa abordagem permite uma análise mais focada nos principais desafios enfrentados pela comunidade no que se refere ao acesso à água potável.

Dessa maneira, a ênfase nas dimensões ambiental e de governança reflete as preocupações predominantes na literatura sobre sustentabilidade e também fornece uma base sólida para a formulação de políticas que abordem os desafios mais urgentes no acesso à água potável no distrito do Apeú. A análise dos gráficos e a comparação entre as dimensões oferecem uma visão clara das áreas prioritárias que necessitam de maior atenção na gestão dos recursos hídricos, alinhando-se às melhores práticas internacionais e aos princípios de sustentabilidade.

Assim, o conjunto de indicadores proposto para o acesso à água potável possui elementos suficientes para identificar e diagnosticar os pontos fortes e fracos relacionados com aspectos ambientais, sociais, econômicos, governança e resposta. Estes resultados corroboram o estudo de Feil, Quevedo e Schreiber (2017) que aplicaram um conjunto de indicadores de sustentabilidade para indústria de mobília, embora durante a realização dessa pesquisa não se tenha especificamente encontrado nenhum trabalho que tivesse como finalidade encontrar indicadores para alcançar o objetivo geral desta tese.

O número total de indicadores selecionados neste estudo é compatível com as recomendações da literatura. De acordo com Sangwan, Bhakar e Digalwar (2019), os indicadores podem ser classificados como baixos (<20), médios (20 a 50) ou altos (>50), e os 38 indicadores selecionados enquadram-se na faixa média. Adicionalmente, as diretrizes dos ODS da ONU (2015) e as metodologias discutidas por Ness *et al*. (2007), Miller e Twining-Ward (2005) fornecem uma base sólida para a seleção e aplicação de indicadores de sustentabilidade. Essas referências garantem que o painel de indicadores possa ser utilizado de forma eficaz pelos gestores locais para monitorar e melhorar o acesso à água potável para os habitantes das comunidades locais.

A utilização do conjunto de indicadores proposto também possibilita aos gestores o uso de ferramentas de gestão que possam colaborar de forma mais eficiente na resolução de problemas encontrados no município, em especial no distrito urbano do Apeú envolvendo de maneira integrada ou separadamente os aspectos ambientais, econômico, sociais, governança e resposta. A gestão eficiente do abastecimento de água é essencial para garantir o acesso sustentável a esse recurso vital, especialmente em áreas urbanas como o distrito do Apeú, no município de Castanhal/PA. A utilização de indicadores de sustentabilidade pode desempenhar um papel crucial na melhoria dessa gestão, proporcionando uma base para decisões informadas e práticas sustentáveis localmente.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizada inicia apresentando as finalidades da área de concentração: Espaço, Ambiente e Sociedade e linha de pesquisa: Espaço e Problemas Socioambientais do PPGAD da UNIVATES, concentrando-se na proposição de um conjunto de indicadores de sustentabilidade para melhorar o acesso a água potável para os habitantes do perímetro urbano no distrito do Apeú/Castanhal/PA.

Um dos pontos chaves desta pesquisa revela uma lacuna ainda pouco explorada sobre a temática dos indicadores de sustentabilidade para o acesso à água potável, para isso a relevância de estudar mais sobre a temática pode auxiliar as partes interessadas para uma tomada de decisão assertiva. A partir da proposição do conjunto de indicadores de sustentabilidade para o acesso à água potável, essa pesquisa descreve algumas considerações para auxiliar as partes interessadas na tomada de decisão e melhorar as condições de vida locais dos habitantes do distrito do Apeú/Castanhal/Pará.

A pesquisa documentou contribuições internacionais, como o Painel dos ODS 6 da ONU e o Relatório de Brundtland, que enfatizam a necessidade de soluções nacionais adaptadas às condições locais e a universalização do acesso à água potável. Essas contribuições corroboram os reconhecimentos globais que destacam a água como um direito humano essencial e um pilar indissociável do desenvolvimento sustentável para as comunidades humanas.

No Brasil, o conjunto de leis ajuda a compreender os avanços e desafios existentes internos e colaboram para o processo de desenvolvimento do País, principalmente relacionado com a gestão da água, em especial com a Lei nº 9.433/1997 e a Portaria nº 2.914/2011 as quais estabeleceram uma base sólida para a GIRH e a segurança da água para o consumo humano.

O Plano Nacional de Recursos Hídricos até 2040 e o Decreto estadual nº 2.181/2022 vêm desempenhando papéis cruciais na organização e regulamentação da gestão hídrica no estado do Pará. No entanto, apesar desses avanços, ainda há desafios significativos e urgentes na implementação plena dessas políticas, ações e investimentos, especialmente em estados como o Pará e em municípios como o de Castanhal.

No tocante ao município de Castanhal existe um conjunto de leis que versam sobre a questão hídrica, permitindo o desenvolvimento de sistemas essenciais para atender à demanda crescente da população (Cantanhal, 2019). No entanto, aproximadamente 30% da população local é atendida com o acesso à água potável fornecido pela COSANPA, o restante é atendido de outras formas, sem fiscalização e outros meios de controle da qualidade da água, sendo importante a mudança dessa realidade, exigindo uma abordagem e ações diferentes para alcançar uma melhor gestão hídrica, resultando em resoluções mais eficazes e adaptadas às necessidades locais (SNIS, 2022).

A falta de participação efetiva da população local na discussão do planejamento e nas tomadas de decisão para elencar as prioridades necessárias para o destino de recursos para o abastecimento de água é outro aspecto negativo para a população. Sendo fundamental uma maior participação social e integração entre as políticas públicas e as demandas locais existentes para uma gestão hídrica mais eficaz e equitativa.

Esses desafios evidenciam a necessidade de uma revisão contínua e de um monitoramento mais rigoroso das políticas de saneamento, em especial as voltadas para a questão hídrica. A participação comunitária e a articulação entre diferentes níveis de governo são cruciais para garantir que as políticas municipais de recursos hídricos sejam verdadeiramente eficazes e atendam às necessidades da população de Castanhal. Portanto, é imperioso que se busque uma gestão hídrica mais integrada e adaptada às realidades locais para assegurar a sustentabilidade e a eficiência dos serviços de abastecimento de água no município, além da promoção de convênio e parcerias com instituições públicas e/ou privadas que possuem pessoal e experiência no desenvolvimento de planos, programas e projetos.

A pesquisa também destaca a importância de utilizar indicadores de sustentabilidade, baseados em modelos como o TBL e frameworks analíticos internacionais, para avaliar e melhorar a gestão hídrica. A estrutura dos indicadores foi cuidadosamente elaborada, abrangendo dimensões ambientais, econômicas, sociais, de governança e de resposta. Esta abordagem permite uma avaliação

detalhada e adaptada às necessidades locais, garantindo que as políticas e práticas de gestão sejam tanto eficazes quanto equitativas.

A validação dos indicadores mostrou que a maioria alcançou um consenso satisfatório, permitindo a construção de um painel com 38 indicadores ajustado às realidades do distrito do Apeú, em Castanhal/Pará. Esse painel oferece uma fundação sólida para monitorar e aprimorar o acesso à água potável, refletindo as prioridades identificadas na pesquisa e alinhando-se às melhores práticas e diretrizes internacionais.

Portanto, a combinação de uma abordagem teórica robusta e a integração de perspectivas locais e globais proporciona uma estrutura de indicadores que não só atende às exigências científicas e técnicas, mas também responde às necessidades e desafios específicos enfrentados pelas comunidades. A aplicação desses indicadores é essencial para promover uma gestão hídrica mais sustentável e eficaz, garantindo o acesso equitativo e a preservação dos recursos hídricos para as gerações futuras.

Os indicadores propostos têm o potencial de oferecer uma visão abrangente e detalhada sobre a situação do abastecimento de água no distrito, permitindo uma avaliação mais precisa das necessidades e dos desafios enfrentados. A adoção desses indicadores permitirá uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos, promovendo a sustentabilidade e a resiliência do SAA. Isso não apenas contribuirá para a melhoria da qualidade dos serviços prestados, mas também favorecerá a equidade no acesso à água potável para todos os residentes do distrito no Apeú.

Além disso, a implementação dos indicadores sugeridos poderá impulsionar a formulação de políticas públicas mais eficazes e a aplicação de práticas de gestão hídrica mais alinhadas com as realidades locais. Com isso, espera-se que o modelo proposto não apenas melhore a eficiência do SAA, mas também ofereça uma base sólida para o desenvolvimento sustentável do distrito, promovendo melhores condições de vida aos habitantes e o progresso contínuo da gestão local. Portanto, o sucesso desta pesquisa reside na capacidade de transformar a proposta em ações concretas e efetivas que resultem em um acesso mais confiável e sustentável à água potável, refletindo um avanço significativo na gestão dos recursos hídricos e na melhoria das condições de vida no distrito do Apeú.

Neste sentido, pode-se considerar também que a iniciativa desta pesquisa vai ao encontro de uma necessidade atual dos municípios brasileiros, em especial com os localizados na região norte e nordeste que possuem os piores atendimentos e cobertura dos serviços relacionados com o acesso à água potável no País, uma vez

que pode contribuir para viabilizar a avaliação e melhoria das condições de sustentabilidade para as comunidades locais.

A melhoria na gestão do abastecimento de água, por meio de indicadores bem elaborados, resulta em um fornecimento mais confiável e eficiente de água potável. Isso reduz a incidência de doenças relacionadas à água e melhora as condições de saúde pública. Além disso, o acesso confiável à água potável é um fator essencial para o bem-estar geral, permitindo que a população tenha segurança hídrica e condições adequadas para atividades diárias.

A incorporação de mecanismos que promovem a participação comunitária na definição e monitoramento dos indicadores pode fortalecer a relação entre a população e a gestão dos recursos hídricos. Ao envolver os residentes no processo, há um aumento na conscientização sobre a importância da gestão sustentável da água e um maior engajamento na manutenção dos sistemas de abastecimento. Isso pode levar a uma maior responsabilidade local e a práticas mais sustentáveis.

A adoção de indicadores de sustentabilidade também promove a educação e a conscientização sobre práticas de uso eficiente da água. Programas educativos que acompanham a implementação dos indicadores podem informar a população sobre a importância da conservação da água e as práticas de manejo adequado. Esse aumento na conscientização pode levar a comportamentos mais responsáveis e sustentáveis, beneficiando a comunidade a longo prazo.

A introdução de indicadores que monitoram não apenas o acesso à água, mas também a qualidade e a sustentabilidade dos recursos hídricos, pode contribuir para a conservação ambiental. Esses indicadores podem ajudar a identificar e mitigar impactos negativos sobre os recursos hídricos, como poluição e sobre exploração, promovendo práticas que minimizem os danos ao meio ambiente.

Os indicadores de sustentabilidade podem apoiar uma gestão mais integrada e sustentável dos recursos hídricos, considerando aspectos como a eficiência do uso da água, a proteção de ecossistemas aquáticos e a redução da pegada hídrica. Isso contribui para a preservação dos ambientes naturais e a manutenção da biodiversidade local, que são cruciais para a saúde dos ecossistemas e para o equilíbrio ambiental.

A inclusão de fatores relacionados à resiliência climática nos indicadores pode ajudar a comunidade a se adaptar às variações climáticas e eventos extremos. Por exemplo, indicadores que avaliam a capacidade do SAA para lidar com secas prolongadas ou enchentes podem levar a melhorias nas infraestruturas e práticas de gestão que garantam um fornecimento estável mesmo em condições adversas.

As considerações da tese têm o potencial de gerar um impacto positivo na condição de vida da população do distrito urbano do Apeú e no meio ambiente. A implementação de indicadores de sustentabilidade bem projetados não apenas melhora o acesso à água potável e à saúde pública, mas também promove uma gestão ambientalmente responsável e a educação comunitária. Ao adotar uma abordagem que considera tanto os aspectos sociais quanto ambientais, é possível alcançar um equilíbrio sustentável que beneficie a comunidade a longo prazo e assegure a preservação dos recursos naturais para as gerações futuras.

Durante a pesquisa, um dos principais aprendizados foi a importância de se adotar uma abordagem holística na gestão de recursos hídricos. A análise das legislações locais e das condições atuais revelou a complexidade e a interconexão dos fatores que influenciam o acesso à água. Outro ponto crucial foi a compreensão da necessidade de uma integração mais eficaz entre políticas públicas e práticas locais.

A pesquisa evidenciou que para que os indicadores de sustentabilidade sejam verdadeiramente eficazes, é imperioso que haja uma articulação entre diferentes níveis de governo, setores da sociedade e a comunidade local. Sendo que uma análise mais detalhada dos dados pesquisados fica como sugestão para trabalhos futuros, visto que o propósito desta pesquisa foi a proposição de um conjunto de indicadores de sustentabilidade adequados para melhorar o acesso à água potável aos habitantes do perímetro urbano no distrito do Apeú.

Embora a abordagem inicial seja teoricamente sólida, na prática, muitas vezes há limitações que impedem a implementação eficaz de tais metodologias. No contexto específico do bairro em Castanhal, constatou-se como fator limitante um número reduzido de participantes envolvidos na pesquisa. Esse cenário é observado em diversas regiões, principalmente no Brasil, onde a compreensão e capacidade técnica voltadas à questão hídrica em áreas urbanas ainda é insuficiente para permitir uma participação qualificada nas decisões sobre o uso sustentável da água.

A ausência desse conhecimento especializado poderia comprometer a qualidade dos indicadores propostos, levando a decisões que, embora bem-intencionadas, poderiam certamente não resolver os problemas críticos de forma eficaz enfrentados pela comunidade local. Além disso, a própria gestão hídrica é um campo técnico e multidisciplinar que envolve conhecimentos de hidrologia, planejamento urbano, infraestrutura e políticas públicas, entre outros, sobre os desafios globais da água.

Diante da realidade observada e da necessidade de recorrer a uma metodologia mais adequada resolveu-se utilizar a percepção de gestores que trabalham diretamente com a temática hídrica ou áreas de afinidade. A literatura mostra que, em cenários onde a população carece de conhecimento técnico, o papel dos especialistas é crucial para assegurar a gestão sustentável dos recursos. Esses gestores podem usar seu conhecimento para desenvolver políticas que atendam melhor às demandas locais, considerando a complexidade técnica do tema e garantindo que os indicadores de sustentabilidade estejam de acordo com parâmetros científicos sólidos.

A questão da água potável é central nesse processo. O acesso à água de qualidade e em quantidade adequada é um dos pilares do desenvolvimento sustentável. A falta de acesso contínuo à água potável, como mencionado no caso de Castanhal/PA, impede o desenvolvimento econômico e social pleno dos habitantes, afetando suas atividades diárias e, por consequência, o desenvolvimento da comunidade como um todo. Portanto, a nova abordagem com os gestores visou não apenas corrigir as falhas identificadas, mas também garantir que as políticas implementadas e futuras sejam eficazes e contribuam para a melhoria do acesso à água potável de forma sustentável, respeitando os princípios dos ODS e promovendo o bem-estar da população de forma equitativa e contínua.

Esta tese sugere para pesquisas futuras o aprofundamento de estudos com a utilização de métodos de coleta de dados mais diversificados e detalhados, com o envolvimento de moradores e análise de dados históricos sobre o abastecimento de água, a realização de comparações com outras regiões que enfrentam desafios semelhantes no abastecimento de água e a investigação como papel da educação e da conscientização comunitária na promoção da sustentabilidade hídrica e como isso pode ser refletido com o uso de indicadores.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) (Brasil). **Apoio à gestão de recursos hídricos**. Brasília, 2014. Disponível em: http://www2.ana.gov.br/Paginas/institucional/SobreaAna/gestaoderecursoshidricos.aspx. Acesso em: 28 mar. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) (Brasil). **Dados sobre abastecimento de água**. Brasília, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br. Acesso em: 10 jul. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) (Brasil). **Declaração ministerial intitulada**: "Chamado urgente para uma ação decisiva sobre a água", no Oitavo Fórum Mundial da Água. Brasília, 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) (Brasil). **ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores**. Brasília, 2019b. 94 p. Disponível em: https://www.ana.gov.br/acessoainformacao/institucional/publicacoes/ods6/ods6.pdf. Acesso em: 26 nov. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) (Brasil). **Relatório anual 2019**. Brasília, 2019a. Disponível em: http://www.ana.gov.br/. Acesso em: 14 ago. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) (Brasil). **Relatório sobre sistemas de abastecimento de água e captações subterrâneas**. Brasília, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/publicacoes. Acesso em: 15 ago. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) (Brasil). Resolução n. 379, de 17 de setembro de 2013. Estabelece diretrizes e procedimentos para a concessão de outorgas para a captação e o uso de recursos hídricos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 set. 2013. Seção 1, p. 25. Disponível em: https://progestao.ana.gov.br/progestao-1/o-programa/normativos/379-2013.pdf. Acesso em: 13 mar. 2023.

ALVES, E. L.; MELO, T. R.; SIGNORELLI, M. C. A polissemia do desenvolvimento: diálogos com a sustentabilidade. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 9, n. esp, p. 39-54, fev. 2020. Disponível em: http://portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/8685. Acesso em: 20 jul. 2023.

ALVES, M. T. R.; TERESA, F. B.; NABOUT, J. C. A global scientific literature of research on water quality indices: trends, biases and future directions. **Acta Limnologica Brasiliensia**, Rio Claro, SP, v. 26, p. 245-253, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S2179-975X2014000300004. Acesso em: 12 jan. 2023.

AMARAL, C.T.; MORET, A.S.; MARTA, J.M.C**.** Indicadores de sustentabilidade de usinas térmicas na Amazônia: estudo de caso em Rondônia. **Revista Ingenierías Universidad de Medellín**, v. 19, n. 36, p. 205-222. 2020. Disponivel em: http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v19n36/2248-4094-rium-19-36-205.pdf. Acesso em: 13 jan. 2023.

ANDRADE, T. M. **Modelo de resiliência socioecológica e as suas contribuições para a geração do desenvolvimento local sustentável**: validação no contexto comunitário de Marisqueiras em Pitimbu-PB. 2011. 275f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2011. Disponível em: http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/2123. Acesso em: 15 jan. 2024.

ARAÚJO, M. D.; RIBEIRO, M. M. R.; BRAGA, C. F. C. Integrando a modelagem da alocação de água ao sistema de indicadores FPEIR: aplicação ao semiárido do Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 24, p. 1167-1181, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1413-41522019184425. Acesso em: 18 jan. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Norma Brasileira Regulamentadora. NBR nº 14031, de 2004**. Gestão ambiental – Avaliação de desempenho ambiental – Diretrizes. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Norma Brasileira Regulamentadora. NBR nº 24.512, de 2012**. Gestão de um sistema de abastecimento de água potável. Rio de Janeiro, 2012.

AUGUSTO, L. G. S. *et al*. O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, p. 1511-1522, 2012. Disponível em: https://www.scielosp.org/pdf/csc/v17n6/v17n6a15.pdf. Acesso em: 16 mar. 2023.

BAHIA, L. O. **Guia referencial para construção e análise de indicadores**. Brasília (DF): Enap, 2021. Disponível em: http://repositorio.enap.gov.br/handle/1/6154. Acesso em: 14 jan. 2023.

BARDEN, J. E. **Indicador social para o Rio Grande do Sul**: uma análise a partir da abordagem das capacitações. 2009. 211 f. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/17340/000714836.pdf?sequence=1. Acesso em: 22 jan. 2022.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

BARROS, A. M. L.; PAIVA, L. F. G.; CISNEIROS, S. J. N. Desafios da gestão dos

usos múltiplos da água para atendimento energético ante a crise hídrica da bacia hidrográfica do Rio São Francisco. **Bahia Análise & Dados**, Salvador, v. 27, n. 1, p. 258-278, 2017. Disponível em: https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=3302. Acesso em: 11 jan. 2023.

BARROS, J. D. S.; SILVA, M. F. P. Aspectos teóricos da sustentabilidade e seus indicadores. **Polêm!ca**, [S. l], v. 11, n. 1, p. 104-112, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.12957/polemica.2012.2995. Acesso em: 12 jan. 2023.

BARROS, R. T. V.; SILVEIRA, Á. V. F. Uso de indicadores de sustentabilidade para avaliação da gestão de resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana de Belo Horizonte. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 02, p. 411-423, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1413-41522019177499. Acesso em: 11 jun. 2023.

BELL, S.; MORSE, S. **Measuring sustainability**: learning from doing. London: Routledge, 2013. 206 p. Disponível em: https://doi.org/10.4324/9781849771962. Acesso em: 13 ago. 2022.

BELL, S.; MORSE, S. ***Sustainability indicators***: measuring the immeasurable? London: Earthscan Publication, 2008.

BEZERRA, S. T. M.; PERTEL, M.; MACÊDO, J. E. S. de. Avaliação de desempenho dos sistemas de abastecimento de água do Agreste brasileiro. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 19, n. 3, p. 249-258, jul./set. 2019. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212019000300336.

BIELSA, E.; CAZCARRO, I. Gestão integrada na bacia do Rio Ebro, Espanha: lacunas entre teoria e prática. **Journal of Water Resources Planning and Management**, Reston, VA, v. 141, n. 2, p. 234-250, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000517. Acesso em: 13 mar. 2023.

BISWAS, A. K. Water policies in the developing world. **International Journal of Water Resources Development**, Londres, v. 17, n. 4, p. 489-499, 2001. Disponível em: https://doi.org/10.1080/07900620120094082. Acesso em: 23 jan. 2022.

BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade**: o que é, o que não é. Petrópolis, RJ: Ed. Vozes, 2012.

BOLSON, S. H.; HAONAT, A. I. A governança da água, vulnerabilidade hídrica e os impactos das mudanças climáticas no Brasil. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte, v. 13, p. 223-248, 2016. Disponível em: http://doi.org/10.18623/rvd.v13i25.575. Acesso em: 13 mai. 2023.

BORDALO, C. A. O paradoxo da água na região das águas: o caso da Amazônia brasileira. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 120-137, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.21790892.geousp.2017.107531. Acesso em: 22 abr. 2023.

BOROWSKI, I.; HARE, M. Exploring the gap between water managers and researchers: difficulties of model-based tools to support practical water management. ***Water Resources Management***, Dordrecht, v. 21, p. 1049-1074, 2007. Disponível

em: https://doi.org/10.1007/s11269-006-9098-z. Acesso em: 12 jan. 2023.

BRAGA, B. P. F. *et al*. Pacto federativo e gestão de águas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, p. 17-42, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200003. Acesso em: 5 mar. 2023.

BRAGA, B.; BARBOSA, P. S. F.; NAKAYAMA, P. T. Sistemas de suporte à decisão em recursos hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 73-95, 1998. Disponível em: https://doi.org/10.21168/rbrh.v3n3.p73-95. Acesso em: 3 mar. 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). Resolução nº 379, de 21 de março de 2013. Aprova o Regulamento do Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão de Águas – PROGESTÃO e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 mar. 2013. Seção 1. Disponivel em: https://progestao.ana.gov.br/portal/progestao/progestao-1/o-programa/normativos/379-2013.pdf.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n.º 20, de 18 de junho de 1986. Estabelece critérios e padrões de qualidade para águas no Brasil. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 dez. 1986, Seção 1, p. 16792. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/1986/res_conama_20_1986_revgd_classificacaoaguas_altrd_res_conama_274_2000_revgd_357_2005.pdf. Acesso em: 05 jan. 2023.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n.º 274, de 29 de novembro de 2000. Revoga os artigos 26 a 34 da Resolução nº 20/86 e define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 6 dez. 2000, Seção 1, p. 85. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/01/RESOLU%C3%87%C3%83O-CONAMA-n%C2%BA-274-de-29-de-novembro-de-2000.pdf. Acesso em: 13 jan. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 mar. 2005, Seção 1, p. 62. Disponível em: http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459. Acesso em: 13 jun. 2022.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 397, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 7 abr. 2008. Seção 1, p. 68-69. Disponivel em: https://agencia.baciaspcj.org.br/docs/resolucoes/resolucao-conama-397.pdf. Acesso em: 18 jun. 2022.

BRASIL. Decreto nº 7.535, de 26 de julho de 2011. Institui o Programa Nacional de

Universalização do Acesso e Uso da Água - “Água para Todos”. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 27 jul. 2011. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Agenda 21**. Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Brasília, DF, 1992. Disponível em: http://www.mma.gov.br/. Acesso em: 12 jan. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Decreto nº 10.000, de 14 de novembro de 2019. Aprova o Plano Nacional de Recursos Hídricos e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 nov. 2019, p. 10. Disponível em: http://www.in.gov.br/. Acesso em: 14 ago. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). **Resolução nº 58, de 30 de janeiro de 2006**. Aprova o Plano Nacional de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Brasília, 2006. Disponível em: http://www.cnrh-srh.gov.br/. Acesso em: 30 mar. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). **Resolução nº 30, de 31 de outubro de 2002**. Estabelece diretrizes para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos. Brasília, 2002. Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/normas-e-resolucoes. Acesso em: 15 ago. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). **Resolução nº 32, de 27 de junho de 2003**. Estabelece diretrizes para a elaboração e a revisão dos Planos de Recursos Hídricos. Brasília, 2003. Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/normas-e-resolucoes. Acesso em: 12 ago. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Resolução nº 232, de 29 de novembro de 2022. Aprova a Política Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 nov. 2022. Seção 1, p. 1. Disponível em: http://www.cnrh-srh.gov.br/. Acesso em: 12 fev. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n.º 1469, de 29 de dezembro de 2000. Estabelece os procedimentos e responsabilidade relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 fev. 2000. Seção 1.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acesso em: 28 mai. 2020.

BRASIL. Presidência da República. Decreto nº 2.612, de 3 de junho de 1998. Regulamenta o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 03 jun. 1998. Disponível em: http://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/110179/decreto-2612-98. Acesso em: 10 dez. 2022.

BRASIL. Presidência da República. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 jul. 1934, p. 14738. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2643.htm. Acesso em: 12 jan. 2023.

BRASIL. Presidência da República. Decreto nº 5.440, de 4 de maio de 2005. Estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento e institui mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano. **Diário Oficial da União, Brasília**, DF, 4 mai. 2005. Seção 1, p. 25. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5440.htm. Acesso em: 12 jan. 2023.

BRASIL. Presidência da República. Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010. Aprova o Plano Nacional de Recursos Hídricos e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 jun. 2010, p. 1. Disponível em: http://www.in.gov.br/. Acesso em: 14 ago. 2023.

BRASIL. Presidência da República. Lei n.º 10.670, de 14 de maio de 2003. Institui o Dia Nacional da Água, a ser comemorado no dia 22 de março de cada ano. **Diário Oficial da União, Brasília**, DF, de 15 maio 2003, p. 3. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.670.htm. Acesso em: 16 jun. 2022.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 5 jan. 2007, p. 3. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 28 mai. 2020.

BRASIL. Presidência da República. 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, p. 1. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421. Acesso em: 20 jul. 2020.

BRASIL. Presidência da República. 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. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 09 jan 1997, p. 470, col. 1. Disponível em: http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/CobrancaUso/_ARQSlegal/Geral/Legislacao%20Federal/Lei%209433%20-%2008jan97%20-%20Institui%20a%20PNRH.pdf. Acesso em: 22 ago. 2020.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas – ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 jul. 2000, Seção 1, p. 1. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil/Leis/L9984.htm. Acesso em: 10 abr. 2023.

BUENO, G. W. *et al*. Indicadores de sustentabilidade socioambiental de pisciculturas familiares em área de Mata Atlântica, no Vale do Ribeira-SP. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, São Paulo, v. 72, p. 901-910, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1678-4162-11389. Acesso em: 18 jan. 2023.

CÂMARA, J. B. D. (org). **GEO BRASIL 2002**: Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente PNUMA. Edições IBAMA, Brasília, 2002. Disponível em: https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/site_cnia/geo_brasil_2002.pdf. Acesso em: 15 abr. 2023.

CAMARGO, A. S. G.; UGAYA, C. M. L.; AGUDELO, L. P. P. Proposta de definição de indicadores de sustentabilidade para geração de energia elétrica. **Revista Educação & Tecnologia**, n. 8, 2004.

CAMINO, R.; MÜLLER, S. **Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales**: bases para establecer indicadores. San José: IICA, 1993. 134p. Disponível em: http://repositorio.iica.int/handle/11324/8137. Acesso em: 15 jan. 2022.

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. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 19, n. 2, 2014. Disponível em: https://avauea.uea.edu.br/pluginfile.php/269757/mod_resource/content/4/Texto%207.pdf. Acesso em: 23 set. 2023.

CARSON, R. **Primavera Silenciosa**. Florianópolis, SC: Gaia, 1960.

CARVALHO, J. R. M. *et al*. Proposta e validação de indicadores hidroambientais para bacias hidrográficas: estudo de caso na sub-bacia do alto curso do Rio Paraíba, PB. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 23, p. 295-310, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1982-45132011000200012. Acesso em: 23 jun. 2023.

CARVALHO, P. G. M.; BARCELLOS, F. C. Construindo indicadores de sustentabilidade. **Indicadores Econômicos FEE**, Porto Alegre, v. 37, n. 1, 2009. Disponível em: https://revistas.planejamento.rs.gov.br/index.php/indicadores/article/view/2280/2656. Acesso em: 1 abr. 2023.

CASTANHAL. Prefeitura Municipal. **Decreto nº 117/17**, de 5 de outubro de 2017. Reorganiza a estrutura administrativa e funções das secretarias municipais e dá outras providências. Castanhal, PA, 2017, edição 608, página 12. Disponivel em: http://www.castanhal.pa.gov.br/wp-content/uploads/2017/05/ed.608_capa.pdf. Acesso em: 11 jan. 2023.

CASTANHAL. Prefeitura Municipal. **Lei Municipal nº 013**, de 15 de março de 2023. Regulamenta o instituto das parcerias público-privadas no município de Castanhal. Castanhal, 2023. Disponível em: https://camaradecastanhal.pa.gov.br/wp-content/uploads/2023/10/Projeto-de-Lei-No-053-2023-de-autoria-do-Vereador-Cafe.pdf. Acesso em: 13 abr. de 2023.

CASTANHAL. Prefeitura Municipal**. Lei Municipal nº 019**, de 25 de agosto de 2017.

Dispõe sobre a realização de coleta de amostras de águas de reservatórios das escolas, creches e unidades de saúde do município de Castanhal. Castanhal, 2017. Disponível em: http://www.castanhal.pa.gov.br/wp-content/uploads/2017/05/ed.538_capa.pdf. Acesso em 24 ago. 2023.

CASTANHAL. Prefeitura Municipal**. Lei Municipal nº 021**, de 21 de junho de 2011. Autoriza o município de Castanhal a celebrar convênio de cooperação com o Estado do Pará. Castanhal, 2011. Disponível em: https://leismunicipais.com.br/lei-organica-castanhal-pa. Acesso em: 1 ago. 2023.

CASTANHAL. Prefeitura Municipal**. Lei Municipal nº 032**, de 13 de junho de 1977. Autoriza o prefeito a conceder à Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) a execução e exploração dos serviços de abastecimento de água e esgoto sanitário no município de Castanhal. Castanhal, 1977. Disponível em: https://www.castanhal.pa.gov.br/leis/032-1977. Acesso em: 15 ago. 2023.

CASTANHAL. Prefeitura Municipal**. Lei Municipal nº 034**, de 02 de dezembro de 2011. Dispõe sobre a Política Municipal de Saneamento Básico de Castanhal e cria o Conselho Municipal de Saneamento (CMS). Castanhal, 2011. Disponível em: https://www.semmacastanhal.com.br/uploads/legislacao/5b6ab4891d98aa8707bd3d0b3a98d480.pdf. Acesso em: 15 ago. 2023.

CASTANHAL. Prefeitura Municipal. **Lei Municipal nº 036**, de 7 de dezembro de 2017. Institui o calendário de eventos do município e inclui a semana de preservação dos mananciais hídricos na cidade de Castanhal. Castanhal, 2017. Disponível em: http://www.castanhal.pa.gov.br/semma/wp-content/uploads/2020/11/LEI-36-DE-07-DE-DEZEMBRO-DE-2017-INSTITUI-E-INSERE-NO-CALEND%C3%81RIO-DE-EVENTOS-DO-MUNICIPIO-A-SEMANA-DA-PRESERVA%C3%87%C3%83O-DOS-MANANCIAIS-H%C3%8DDRICOS-ed.604.pdf. Acesso em: 1 ago. 2023.

CASTANHAL. Prefeitura Municipal. **Lei Municipal nº 026**, de 10 de dezembro de 2018. Insere no calendário oficial de eventos de Castanhal o Dia Municipal de Proteção ao Rio Apeú, a ser comemorado no dia 6 de julho de cada ano. Diário Oficial do Município de Castanhal, Castanhal, PA, 10 dez. 2018.

CASTANHAL. Prefeitura Municipal. **Lei Municipal nº 055**, de 30 de dezembro de 2019. Dispõe sobre a revisão dos eixos de abastecimento de água, esgotamento sanitário, elaboração dos eixos de drenagem urbana e manejo de águas pluviais, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos do Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Castanhal. Castanhal, 2019. Disponível em: https://www.semmacastanhal.com.br/uploads/legislacao/bfd5c3c176d0861fa427df34bbd88935.pdf. Acesso em: 18 ago. 2023.

CASTANHAL. Prefeitura Municipal. **Lei Complementar nº 001/20**, de 11 de setembro de 2020. Reorganiza a estrutura administrativa da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, e dá outras providências. Castanhal, 2020. edição nº. 1.273, página 42. Disponivel em: http://www.castanhal.pa.gov.br/semma/wp-content/uploads/2020/11/LEI-COMPLEMENTAR-N%C2%BA-001-20-REORGANIZA-A-ESTRUTURA-ADMINISTRATIVA-DA-SECRETARIA-MUNICIPAL-DE-MEIO-AMBIENTE-E-D%C3%81-OUTRAS-PROVID%C3%8ANCIAS-ed.1273.pdf. Acesso em: 13 ago. 2023.

CASTANHAL. Prefeitura Municipal. **Plano Municipal de Saneamento Básico 2019**. Documento elaborado para o município de Castanhal. Castanhal, 2019. Disponível em: http://www.castanhal.pa.gov.br/plano-municipal-de-saneamento-basico-de-castanhal/. Acesso em: 15 ago. 2023.

CASTRO, M. A. O.; SILVA, N. M.; MARCHAND, G. A. E. L. Desenvolvendo indicadores para a gestão sustentável de resíduos sólidos nos municípios de Iranduba, Manacapuru e Novo Airão, Amazonas, Brasil. **Engenharia Sanitaria Ambiental**, v.20 n.3, p. 415-426. jul/set 2015.

CAVALCANTI, C. Sustentabilidade: mantra ou escolha moral? Uma abordagem ecológico-econômica. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 26, p. 35-50, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0103-40142012000100004. Acesso em: 20 jul. 2023.

CECONI, S.; SOUZA, M. A.; PEREIRA, R. T. A importância da área envolvida e as problemáticas locais também podem direcionar a atenção para a implantação de ações que visem à conservação de um bem público tão importante como a água. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 23, n. 4, p. 45-60, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1590/2318-0331.231820180006. Acesso em: 22 mar. 2023.

CEREZINI, M. T. *et al*. Indicadores de Sustentabilidade para Gestão dos Recursos Hídricos no contexto de campus universitário. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 6, n. 2, p. 202-215, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.19177/rgsa.v6e22017202-215. Acesso em: 14 jun. 2023.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. E-book. Disponível em: http://univates.bv3.digitalpages.com.br/users/publications/9788576050476/pages/_1. Acesso em: 15 out. 2023.

CHEN, B.; CHEN, S. Eco-indicators for urban metabolism. ***Ecological Indicators***, Amsterdã, v. 47, p. 5-6, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.09.021. Acesso em: 12 jun. 2023.

COBB, J.; DALY, H. **For the common good**, redirecting the economy toward community, the environment and a sustainable future. 1989.

COLE, C. A. The assessment of herbaceous plant cover in wetlands as an indicator of function. ***Ecological Indicators***, Amsterdã, v. 2, n. 3, p. 287-293, 2002. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S1470-160X(02)00064-X. Acesso em: 12 abr. 2022.

COLLINGS, D. A review of UK greenhouse gas emissions from recent built environment projects. In: PROCEEDINGS of the Institution of Civil Engineers-Civil Engineering. Thomas Telford Ltd, 2020. p. 171-176. Disponível em: https://www.icevirtuallibrary.com/doi/abs/10.1680/jcien.20.00019. Acesso em: 14 set. 2022.

CORTEZ, R. M.; JOHNSTON, W. J. The future of B2B marketing theory: A historical and prospective analysis. **Industrial Marketing Management**, Amsterdã, v. 66, p.

90-102, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2017.07.017. Acesso em: 22 abr. 2023.

COSTA, A. F. S. *et al*. Recursos hídricos. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT**, Sergipe, v. 1, n. 1, p. 67-73, 2012. Disponível em: https://periodicosgrupotiradentes.emnuvens.com.br/cadernoexatas/article/view/201. Acesso em: 20 jan. 2024.

COUTINHO, S. M. V.; MALHEIROS, T. F.; PADILHA, M. L. L. Processo participativo de criação de indicadores de desenvolvimento sustentável para o município de Ribeirão Pires, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, São Luís, n. 13, p. 1-9, ago. 2009. Disponível em: https://orcid.org/0000-0002-9455-4199. Acesso em: 12 ago. 2022.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa**: métodos qualitativo, quantitativo e misto. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

CRUZ, B. A. S. **O efeito do acesso à água na área rural na redução da vulnerabilidade**: o caso do SISAR/Ce. 2015. 139 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: https://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/1123M.PDF. Acesso em: 12 fev. 2023.

D'AMBROSIO, E.; GENTILE, F.; DE GIROLAMO, A. M. Assessing the sustainability in water use at the basin scale through water footprint indicators. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdã, v. 244, p. 118847, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118847. acesso em: 16 jun. 2023.

DECLARAÇÃO de Haia sobre Segurança Hídrica no Século 21. Haia, 2000. Disponível em: http://www.meioambiente.uerj.br/emrevista/documentos/haia.htm. Acesso em: 30 ago. 2024.

DILLMAN, D. A.; SMYTH, J. D.; CHRISTIAN, L. M. **Internet, phone, mail, and mixed-mode surveys**: The tailored design method. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2014.

DOMINGUES, L. M. **Gestão integrada de recursos hídricos: o caso da bacia hidrográfica do Rio Doce**. 132 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Ouro Preto, 2011. Disponível em: http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/2223. Acesso em: 24 mar. 2023.

DONNELLY, A. *et al*. Selecting environmental indicator for use in strategic environmental assessment. ***Environmental Impact Assessment Review***, [*S. l.*], v. 27, p.161-175, 2007. Disponível em: http://doi.org/10.1016/j.eiar.2006.10.006. Acesso em: 11 abr. 2023.

DONNELLY, A. *et al*. Workshop approach to Developing objectives, targets and indicators for use in SEA. **Journal of Environmental Assessment Policy and Management**, [*S. l.*], v.8, n.2, p.135-156, 2006a. Disponível em; https://doi.org/10.1142/S146433320600244X. Acesso em: 1 jun. 2023.

DONNELLY, A.; PRENDERGAST, T.; HANUSCH, M. Examining quality of environmental objectives, targets and indicators in environmental reports prepared for strategic environmental assessment. **Journal of Environmental Assessment Policy and Management**, [*S. l.*], v. 10, n. 04, p. 381-401, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1142/S1464333208003196. Acesso em: 15 jan. 2023.

DONNELLY, *et al*. Decision-support framework for establishing objectives, targets and indicators for use in strategic environmental assessment. **Impact Assessment and Project Appraisal**, [*S. l.*], v. 24, n. 2, p. 151-157, 2006b. Disponível em: https://doi.org/10.3152/147154606781765246. Acesso em: 12 jan. 2023.

ELKINGTON, J. **Cannibals with forks**: the triple bottom line of 21st century business. Oxford: Capstone, 1997. 402p.

ENGELKE, H. *et al*. Opportunities for social enterprise in Germany—Evidence from an expert survey. **Technological Forecasting and Social Change**, Amsterdã, v. 90, p. 635-646, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2014.01.004. Acesso em: 26 jan. 2023.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Environmental indicators: typology and overview**. EEA. Copenhague. 1999. 18 p. Disponivel em: https://baltcoastinline.databases.eucc-d.de/files/documents/00000641_Envir_Indicator.pdf. Acesso em: 26 jan. 2023.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **EEA core set of indicators**: guide. Copenhagen: European Environment Agency, 2005. Disponível em: https://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2005_1/file. Acesso em 20 abr. 2022.

FAGUNDES, C.; SCHREIBER, D. Concepção de um modelo para avaliação da sustentabilidade no processo produtivo do suco de uva orgânico. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, Curitiba, v. 41, n. 2, p. 57-82, 2017. Disponível em: https://doi.org./10.1079/9780851990514.0000. Acesso em: 28 jan. 2024.

FALLAH-MEHDIPOUR, E.; BOZORG-HADDAD, O.; LOÁICIGA, H. A. Climate-environment-water: integrated and non-integrated approaches to reservoir operation. ***Environmental Monitoring and Assessment***, Heidelberg, v. 192, p. 1-10, 2020. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/s10661-019-8039-2. Acesso em: 20 jan. 2024.

FARIA, S. A.; FARIA, R. C. Cenário e perspectivas para o setor de saneamento e suas interfaces com os recursos hídricos. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, p. 202-210,2004. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S14134152004000300006. Acesso em: 12 jan. 2023.

FEARNSIDE, P. M. The roles and movements of actors in the deforestation of Brazilian Amazonia. **Ecology and society**, v. 13, n. 1, 2008. Disponivel em: http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss1/art23/. Acesso em: 16 jan. 2024.

FEIL, A. A., QUEVEDO, D. M. de; SCHREIBER, D. An analysis of the sustainability index of micro- and small-sized furniture industries. **Clean Techn Environ Policy**, v. 19, p. 1883-1896, 2017. Doi: 10.1007/s10098-017-1372-7.

FEIL, A. A.; SCHREIBER, D. Análise dialógica dos níveis, dimensões e indicadores de sustentabilidade. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, João Pessoa, v. 6, n. 13, p. 317-333, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.21438/rbas.061305. Acesso em: 16 jan. 2024.

FEIL, A. A.; SCHREIBER, D. **Sustentabilidade**: Desvendando a complexidade Teórica e Prática. Curitiba: Brazil Publishing, 2019. Disponível em: https//doi.org/10.31012/978-65-5016-265-8. Acesso em: 24 mar. 2022.

FENG, S. C.; JOUNG, C. B. An Overview of a Proposed Measurement Infrastructure for Sustainable Manufacturing. **The 7th Global Conference on Sustainable Manufacturing**, 2009. Disponível em: http://www.nist.gov/manuscript-publication-search.cfm?pub_id=904166. Acesso em: 30 jul. 2023.

FERNANDES, L. A. O. **The meaning of sustainability**: searching for agri-environmental indicators. The University of Manchester (United Kingdom), 2004.

FERREIRA, S. C. G.; 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***, Amsterdã, v. 263, p. 110354, 2020. Disponivel em: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110354. Acesso em: 12 jun. 2023.

FONSECA, J. da; MARTINS, G. de A. **Curso de Estatística**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

FORMIGA-JOHNSSON, R. M.; KEMPER, K. Institutional and policy analysis of river basin management: the Jaguaribe river basin, Ceará, Brazil. **World Bank Policy research working paper**, Washington, DC, n. 3649, 2005. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=757424. Acesso em: 12 jan. 2024.

FRASER, E. D. G.; DOUGILL, A. J.; MABEE, W. E.; REED, M.; MCALPINE, P. Bottom up and top down: Analysis of participatory processes for Sustainability indicator identification as a pathway to community empowerment and sustainable environmental management. ***Journal of Environmental Management***, Amsterdã, v. 78, n. 2, p.114-127, 2006. Disponível em: http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.04.009. Acesso em: 13 abr. 2023.

FROEHLICH, C. Sustentabilidade: dimensões e métodos de mensuração de resultados. **Desenvolve Revista de Gestão do Unilasalle**, Canoas, RS, v. 3, n. 2, p. 151-168, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.18316/1316. Acesso em: 12 jan. 2023.

FUCCILLE, L. A.; BRAGATTI, M. C.; LEITE, M. T. A. de. Geopolítica dos Recursos Naturais na América do Sul: um panorama dos recursos hídricos sob a ótica da Segurança Internacional. **Mural Internacional**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 59-75, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.12957/rmi.2017.32569. Acesso em: 20 dez. 2022.

FURTADO, J. S. Indicadores de sustentabilidade e governança. **Revista intertox de toxicologia, risco ambiental e sociedade**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 121-188, 2009.

Disponível em: https://doi.org/10.22280/revintervol2ed1.22. Acesso em: 10 jan. 2024.

GAIN, A. K.; GIUPONNI, C.; WADA, Y. Measuring global water security towards sustainable development goals. ***Environmental Research Letters***, Bristol, v. 11, n. 124015, p. 1-13, 2016. Disponível em: http://dx.doiorg/10.1088/1748-9326/11/12/124015. Acesso em: 13 abr. 2023.

GALLOPIN, G. C. Environmental and sustainability indicators and the concept of situational indicators. A systems approach*. **Environmental Modeling & Assessment***, New York, NY, v. 1, p. 101-117, 1996. Disponível em: https://dx.doi.org/10.1007/BF01874899. Acesso em: 20 fev. 2023.

GARCÍA, S.; GUERRERO, M. Indicadores de sustentabilidad ambiental en la gestión de espacios verdes: Parque urbano Monte Calvario, Tandil, Argentina. **Revista de Geografía Norte Grande**, Santiago, n. 35, p. 45-57, 2006. Disponível em: http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022006000100004. Acesso em: 12 jan 2023.

GAVRILESCU, M. Cleaner production as a tool for sustainable development. ***Environmental Engineering and Management Journa*l**, De Gruyter, BER, v. 3, n. 1, p. 45-70, 2004. Disponível em: http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=fa0ea8a0 ae4e-4c58-8cf4-ce0ba42ecbdb%40sessionmgr4003&vid=2&hid=4209. Acesso em: 10 jul. 2023.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. Disponivel em: https://ria.ufrn.br/jspui/handle/123456789/1236. Acesso em: 14 jan. 2023.

GLEICK, Peter. Water crisis: a path for suistantable water use. **Ecological Aplications**, Washington, DC, v. 8, n. 3, pp. 571-579, 1998. Disponivel em: https://www.activeremedy.org/wp-content/uploads/2014/08/Water-in-Crisis-Paths-To-Sustainable-Water-Use.pdf. Acesso em: 26 jan. 2024.

GLOBAL REPORTING INITIATIVE (GRI) *et al*. **Standards for Sustainability Reporting**. Amsterdam, 2015. Disponível em: https://www.globalreporting.org/SiteCollectionDocuments/GRI-Data-

GLOBAL WATER PARTNERSHIP (GWP). **Catalisando a Mudança**: um manual para desenvolver a gestão integrada de recursos hídricos (GIRH) e estratégias de uso eficiente da água. Stockholm (Sweden), 2005. Disponível em: http://www.gwpforum.org/gwp/library/Catchange_Port.pdf. Acesso em: 9 jan. 2023.

GOMES, P. R. **Indicadores ambientais na discussão da sustentabilidade:** uma proposta de análise estratégica no contexto do etanol de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. 2011. Dissertação (Mestrado), São Carlos. Disponível em: https://doi.org/10.11606/D.18.2011.tde-25042011-094123. Acesso em: 23 nov 2022.

GONÇALVES, S. P. **Estratégias didáticas no ensino de estatística básica em curso de ecologia**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, MG. 2010.

GOTTSTEIN, P. Proposta de uso de indicadores de sustentabilidade hídrica como subsídio para a gestão de recursos hídricos. 2020. 160 f. Dissertação

(Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2020. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/23887. Acesso em: 1 jun. 2023.

GLOBAL WATER PARTNERSHIP – GWP. **GWP Strategy 2020-2025** - Mobilizing for a water secure world. Stockholm: GWP, 2019. Disponivel em: https://www.gwp.org/globalassets/global/about-gwp/strategic-documents/gwp-strategy-2020-2025.pdf. Acesso em: 18 nov. 2023

GROBER, U. **Deep roots** - a conceptual history of 'sustainable development' (Nachhaltigkeit). (Discussion Papers / Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, 2007-002). (2007). Berlin: Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung gGmbH. Disponível em: https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-110771. Acesso em: 10 jan. 2023.

GUIMARÃES, R. P.; FEICHAS, S. A. Q. Desafios na construção de indicadores de sustentabilidade**. Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 12, p. 307-323, 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/j/asoc/a/89QvD7zZxHLTm5zCqxL4yHt/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 12 jul. 2022.

HAMMOND, A., *et al*. **Environmental indicators**: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development. Washington, DC: World Resources Institut, 1995. Disponível em: http://pdf.wri.org/environmentalindicators_bw.pdf. Acesso em: 11 nov. 2022.

HANAI, F. Y. **Sistema de Indicadores de Sustentabilidade**: Uma aplicação ao Contexto de Desenvolvimento do Turismo na Região de Bueno Brandão Estado de Minas Gerais, Brasil. 2009. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos - Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo. Disponível em: https://doi.org/10.11606/T.18.2009.tde-17092009-082223. Acesso em: 18 jan. 2023.

HARDI, P.; JESINGHAUS, J. Dashboard of sustainability: indicator guidance to the 21ST century. **Paper prepared for the World Summit on Sustainable Development**, 2002, Johannesburg, South Africa. Disponivel em: http://www.iisd.ca/2002/wssd/enbots. Acesso em: 18 jan. 2023.

HARGER, J. R. E.; MEYER, F.-M. Definition of indicators for environmentally sustainable development. ***Chemosphere***, San Diego, CA, v. 33, n. 9, p. 1749-1775, 1996. Disponível em: https://doi.org/10.1016/0045-6535(96)00194->. Acesso em: 16 fev. 2023.

HELLER, P. G. B. **Avaliação dos serviços de saneamento de quatro municípios da bacia hidrográfica do rio das velhas-MG**. Uma abordagem da dimensão tecnológica. 2007. 123 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: https://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/287M.PDF. Acesso em 11 jan. 2023.

HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, p. 131-158, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200009. Acesso em: 14 mai. 2023.

HOLLING, C. S. (ed.) **Adaptive Environmental Assessment and Management**. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 1978. Disponível em: https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/823/1/XB-78-103.pdf. Acesso em: 13 abr. 2023.

IAQUINTO, B. L. Backpacker mobilities: inadvertent sustainability amidst the fluctuating pace of travel. **Mobilities**, London, v. 13, n. 4, p. 569-583, 2018. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17450101.2017.1394682. Acesso em: 22 jul. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (**IBGE**)**. Censo Demográfico 2022**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/2022-censo-demografico.html. Acesso em: 13 jan. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro, 2015. (Estudos e Pesquisas. Informação Geográfica, n. 10). Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv59908.pdf. Acesso em: 25 jul. 2023.

INTERNATIONAL INSTITUTE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT - IISD. **Compendium**: A Global Directory to Indicator Initiatives. Winnipeg, Manitoba, Canada, 1996. Disponível em: http://www.iisd.org/measure/compendium/searchinitiatives.aspx. Acesso em: 13 jan. 2024.

ITACARAMBY, J.C.S.; HENKES, J.A. Indicadores de Sustentabilidade como Ferramenta de Gestão da APA de Pouso Alto**. Revista Gestão & sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 5, n. 2, p. 763-784,2016. Disponível em: https://doi.org/10.19177/rgsa.v5e22016763-784>. Acesso em: 14 jun. 2023.

JACOBI, P. R. A gestão participativa de bacias hidrográficas no Brasil e os desafios do fortalecimento de espaços públicos colegiados. In: PARTICIPAÇÃO e deliberação: teoria democrática e experiências institucionais no Brasil contemporâneo. São Paulo: Editora 34; 2004.

JACOBI, P. R.; BARBI, F. Democracia e participação na gestão dos recursos hídricos no Brasil. **Revista Katálysis**, Florianópolis, SC, v. 10, p. 237-244, 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rk/a/MtRRgp96jPRZjxt9SfGm76j/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 25 jan. 2024.

JANNUZZI, P. M. Indicadores para diagnóstico, monitoramento e avaliação de programas sociais no Brasil. **Revista do Serviço Público**, Brasília, v. 56, n. 2, p. 137-160, 2005. Disponível em: https://doi.org/10.21874/rsp.v56i2.222. Acesso em: 14 jan. 2023.

JANNUZZI, P. M. **Indicadores sociais no Brasil**: conceitos, fontes de dados e aplicações. Campinas, SP: Editora Alinea. 2001. p. 141.

KEMERICH, P. D. C.; RITTER, L. G.; BORBA, W. F. Indicadores de sustentabilidade ambiental: métodos e aplicações. **Revista monografias ambientais**, Santa Maria, RS, v. 13, p. 3718-3722, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.5902/2236130814411. Acesso em: 12 mar. 2023.

KHARRAZI, A.; AKIYAMA, T.; YU, Y.; LI, J. Evaluating the evolution of the Heihe River basin using the ecological network analysis: Efficiency, resilience, and implications for water resource management policy. ***Science of the Total Environment***, Amsterdam, v. 572, p. 688-696, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.210. acesso em: 23 de janeiro de 2023.

KONRAD, C. G. ***Zoneamento ambiental da microbacia hidrográfica do reservatório do DNOS de Santa Maria - RS***. 2005. 150 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005. Disponível em: http://repositorio.ufsm.br/handle/1/9291. Acesso em: 15 jan. 2023.

LACERDA, C. S.; CÂNDIDO, G. A. Modelos de indicadores de sustentabilidade para gestão de recursos hídricos. In: LIRA, W. S.; CÂNDIDO, G. A. (org.). **Gestão sustentável dos recursos naturais**: uma abordagem participativa. Campina Grande: EDUEPB, 2013, p. 13-30. Disponível em: http://books.scielo.org/id/bxj5n/pdf/lira9788578792824-01.pdf. Acesso em: 28 mar. 2023.

LAGO, A. A. C. O Brasil e as três conferências ambientais das Nações Unidas. Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão (Funag): Ministério das Relações Exteriores, 2006. 276 p. Disponível em: https://funag.gov.br/biblioteca-nova/produto/1-189-. Acesso em: 14 mai. 2023.

LEE, Y.; HUANG, C. Sustainability index for Taipei. ***Environmental Impact Assessment Review***, San Diego, CA, v. 27, p. 505-521, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.eiar.2006.12.005. Acesso em: 16 jan. 2023.

LI, X. *et al*. Application of Water Evaluation and Planning (WEAP) model for water resources management strategy estimation in coastal Binhai New Area, China. **Ocean & Coastal Management**, **Amsterdam**, v. 106, p. 97-109, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.01.016. Acesso em: 11 janeiro de 2023.

LIERN, V.; PÉREZ-GLADISH, B. Ranking corporate sustainability: A flexible multidimensional approach based on linguistic variables. **International Transactions in Operational Research**, Hoboken, NJ, v. 25, n. 3, p. 1081-1100, 2018.doi:10.1111/itor.12469. Disponível em: https://doi.org/10.1111/itor.12469. Acesso em: 17 mar. 2023.

LINSTONE, H. A.; TUROFF, M. **The Delphi method**: Techniques and applications. Addison Wesley Newark, 2002. NJ: New Jersey Institute of Technology. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/272177922_The_Delphi_Metho. Acesso em: 28 abr. 2023.

LIRA, W. S. *et al***. Sistema de gestão do conhecimento para indicadores de sustentabilidade - Sigecis**: proposta de uma metodologia. 2008. 179f. (Tese de Doutorado em Recursos Naturais), Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais, Centro de Tecnologias e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande – Paraíba – Brasil, 2008. Disponível em: http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/8471. Acesso em: 17 mar. 2023.

LOPES, A. V.; FREITAS, M. A. de S. A alocação de água como instrumento de gestão de recursos hídricos: experiências brasileiras. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre, RS, v. 4, n. 1, p. 6-28, 2007. Disponível em: https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=2&ID=69&SUMARIO=841. Acesso em: 02 abr. 2023.

LOUETTE, A.; LAUDISIO, S. **Indicadores de Nações: uma Contribuição ao Diálogo da Sustentabilidade**. São Paulo: WHH – Willis Harman House, 2009. 116p. Disponivel em: https://indicadores.fecam.org.br/uploads/28/arquivos/4057_LOUETTE_Compendio_de_Indicadores_de_Sustentabilidade_das_Nacoes.PDF. Acesso em: 13 mar 2023.

MALHEIROS, T. F.; PHLIPPI JR, A.; COUTINHO, S. M. V. Agenda 21 nacional e indicadores de desenvolvimento sustentável: contexto brasileiro. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 17, p. 7-20, 2008. Disponível em: ttps://doi.org/10.1590/S0104-12902008000100002. Acesso em: 12 abr. 2023.

MARANHÃO, N. **Sistema de Indicadores para Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas**. 2007. 397 f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: http://www.coc.ufrj.br/pt/documents2/doutorado/2007-2/870-ney-maranhao-doutorado/file. Acesso em: 11 out. 2022.

MARQUES, J. B. V.; FREITAS, D. Método DELPHI: caracterização e potencialidades na pesquisa em Educação. **Pro-Posições**, Campinas, SP, v. 29, n. 2, p. 389-415, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1980-6248-2015-0140. Acesso em: 12 jan. 2023.

Masera, O.; Astier, M.; López-Ridaura, S. **Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de evaluación MESMIS**. Mundi – Prensa. México. 2000. Disponivel em: https://www.researchgate.net/profile/Marta-Astier/publication/299870632_Sustentabilidad_y_manejo_de_recursos_naturales_El_Marco_de_evaluacion_MESMIS/links/57068f7f08aea3d280211802/Sustentabilidad-y-manejo-de-recursos-naturales-El-Marco-de-evaluacion-MESMIS.pdf. Acesso em: 11 jan. 2023.

MASIH, I. *et al*. Regionalization of a conceptual rainfall–runoff model based on similarity of the flow duration curve: A case study from the semi-arid Karkheh basin, Iran. **Journal of hydrology**, Amsterdã, v. 391, n. 1-2, p. 188-201, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.07.018. Acesso em: 13 mai. 2023.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing**: edição compacta. São Paulo: Atlas, 1996.

MAURYA, S. P., *et al*. Identification of indicators for sustainable urban water development planning. ***Ecological Indicators***, Amsterdã, v. 108, p. 105691, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105691. Acesso em: 14 jun. 2023.

MAXWELL, J. A. **Qualitative research design**: An interactive approach. [*S. l.*]: Sage publications, 2012.

MAYNARD, I. F., *et al*. Aplicação de um Índice de Sustentabilidade na Bacia Hidrográfica do Rio Japaratuba em Sergipe. **Ambiente & sociedade**, São Paulo, v. 20, p. 201-220, 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/j/asoc/a/kXnRh7CwydsP46ygX3gPf8n/?lang=pt&format=pdf. Acesso em: 10 jan. 2022.

MAZZON, J. A. Using the methodological association matrix in marketing studies. **Revista Brasileira de Marketing**, São Paulo, v. 17, n. 5, p. 747-770, 2018. Disponível em: https://periodicos.uninove.br/remark/article/view/12424. Acesso em: 18 jun. 2023.

MCQUEEN, D.; NOAK, H. Health Promotion Indicators: Current Status, issues and problems. **Health Promotion**. [*S. l.*], n. 3, 117-125, 1988. Disponível em: https://boris.unibe.ch/115824/1/3-1-117.pdf. Acesso em: 15 mar 2022.

MEADOWS, D. Indicators and Information Systems for Sustainable Development; **The Sustainability Institute: Harthland**, VT, USA, 1998 Disponível em: https://donellameadows.org/wp-content/userfiles/IndicatorsInformation.pdf. Acesso em: 12 jan. 2022.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. Four billion people facing severe water scarcity. **Science advances**, Washington, D.C., v. 351, n. 6274, p. 482-488, 2016. Disponível em: https://www.science.org/doi/full/10.1126/sciadv.1500323. Acesso em: 12 abr. 2023.

MELO, B. V. **Gestão de recursos hídricos em âmbito estadual**: panorama situacional com base no entendimento de especialistas em gestão de recursos hídricos. 2019. Dissertação (Mestrado em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/36871. Acesso em: 5 mai. 2023.

MELLO, F. S.; FOGAÇA, F. F. S. A Construção de Indicadores Ambientais como Ferramenta de Gestão Pública. **Revista Internacional de Debates da Administração Pública** - Osasco, SP, v.1, n.1, pp. 150-160, jan – dez. 2016.

MENDONÇA, F.; SANTOS, L. J. C. Gestão da água e dos recursos hídricos no Brasil: Avanços e desafios a partir das bacias hidrográficas – Uma abordagem geográfica. **Geografia**, Rio Claro, v. 31, n. 1, p. 103-117, jan./abr. 2006. Disponível em: https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/1342 Acesso em: 26 jun. 2024.

MENDOZA, G. A.; PRABHU, R. Multiple criteria decision making approaches to assessing forest sustainability using criteria and indicators: a case study. ***Forest***

ecology and management, Amsterdã, v. 131, n. 1-3, p. 107-126, 2000. Disponivel em: https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00204-2. Acesso em: 28 jan. 2024.

MIKHAILOVA, I. Sustentabilidade: evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática. **Revista economia e desenvolvimento**, Brasília, v. 16, n. 1, p. 23-41, 2004. Disponível em: https://core.ac.uk/download/pdf/231146376.pdf. Acesso em: 14 jan. 2023.

MILANEZ, B. **Resíduos sólidos e sustentabilidade**: princípios, indicadores e instrumentos de ação. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. Disponivel em: https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/4254/2071.pdf;jsessionid=171840E3A934497FB0548CF69F04CDB9?sequence=1. Acesso em: 21 jan. 2023.

MILANEZ, B.; TEIXEIRA, B. A. N. **Proposta de método de avaliação de indicadores de sustentabilidade para gestão de resíduos sólidos urbanos**. In: FRANKENBERG, C. L. C.; RAYA-RODRIGUEZ, M. T.; CANTELLI, M. (coord.). Gestão ambiental urbana e industrial. Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 272-283, 2003.

MILLER, G.; TWINNING-WARD, L. **Monitoring for a sustainable tourism transition**: the challenge of developing and using indicators. **Abingdon**, UK: CABI Publishing, 2005. Disponivel em: http://doi.org/10.1079/9780851990514.0000. Acesso em: 25 jan. 2024.

MIRCHOOLI, F. *et al*. Multi-dimensional assessment of watershed condition using a newly developed barometer of sustainability. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 791, p. 148389, 2021. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721034604. Acesso em: 03 ago. 2023.

MITCHELL, G. Problems and fundamentals of sustainable development indicators. **Sustainable development**, London, UK, v. 4, n. 1, p. 1-11, 1996. Disponivel em: https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1719(199603)4:1<1:AID-SD24>3.0.CO;2-N. Acesso em: 23 abr. 2022.

MONTEIRO, J. R. R. **Plano Nacional de Saneamento**: análise de desempenho. [*S. l.*], V. 2, 1993. Disponível em: http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/fulltext/planasa/planasa.pdf. Acesso em: 18 mai. de 2022.

MORAIS, J. L. M.; FADUL, É.; CERQUEIRA, L. S. Limites e desafios na gestão de recursos hídricos por comitês de bacias hidrográficas: um estudo nos estados do nordeste do Brasil. **REAd. Revista Eletrônica de Administração** (Porto Alegre), v. 24, n. 1, p. 238-264, 2018. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/14132311.187.67528. Acesso em: 28 jan. 2024.

MOTA, J. A. *et al*. Uma nova proposta de indicadores de sustentabilidade na mineração. MOTA, J. A. *et al*. Uma nova proposta de indicadores de sustentabilidade na mineração. **Sustentabilidade em Debate**, Brasília, v. 8, n.2, p. 15-29, ago. 2017. Disponível em: https://doi.org/10.18472/SustDeb.v8n2.2017.21795. Acesso em: 22 out. 2022.

NASCIMENTO, E. P. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 26, n. 74, p. 51-64, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010340142012000100005&script=sci_arttext. Acesso em 12 jul. 2023.

NESS, B. *et al*. Categorising tools for sustainability assessment. **Ecological economics**, Amsterdam, NL, v. 60, n. 3, p. 498-508, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.07.023. Acesso em: 20 jan. 2024.

NICOLLIER, V.; BERNARDES, M. E. C.; KIPERSTOK, A. What Governance Failures Reveal about Water Resources Management in a Municipality of Brazil. **Sustainability**, [S. l], v.14, n.4, 2022. Disponivel em: https://doi.org/10.3390/su14042144. Acesso em: 28 jan. 2024.

NOBRE, C. A. *et al*. Amazonian deforestation and regional climate change. **Journal of climate**, v. 4, n. 10, p. 957-988, 1991. Disponivel em: https://doi.org/10.1175/1520-0442(1991)004<0957:ADARCC>2.0.CO;2. Acesso em: 28 jan. 2024.

NORDHAUS, W. D.; TOBIN, J. **Economic Research: Retrospect and Prospect, Volume 5, Economic Growth**. national bureau of economic research, 1972.

OFFICE OF THE HIGH COMMISSIONER FOR HUMAN RIGHTS (OHCHR). **General Comment No. 15**: The Right to Water (Arts. 11 and 12 of the Covenant). Geneva: OHCHR; 2010.

OLIVEIRA, E. R. X. *et al*. A Produção do Conhecimento sobre Sustentabilidade nos municípios brasileiros – uma análise pelas dimensões de Ignacy Sachs**. Ambiência,** Guarapuava, PR, v.13, n.3, p. 658 – 673, Set./Dez. 2017. Disponível em: ttps://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/4143. Acesso em: 28 jul. 2023.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Water resources governance in Brazil**. Paris, 2015. 280 p. Disponível em: https://doi.org/10.1787/9789264238121-en. Acesso em: 25 jan. 2022.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Environmental indicators**: development, measurement and use. Paris: Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico; 2003.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. (OECD). **Core set of indicators for environmental performance reviews: a synthesis report by the Group on the State of the Environment**. Paris, 1993. (Environment Monographs, n. 83). Disponível em: https://one.oecd.org/document/OCDE/GD(93)179/en/pdf. Acesso em: 18 jan. 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇOES UNIDAS (ONU). **Relatório da Conferência das Nações Unidas sobre a água**. Cap. I. Resolução II.1977. Mar Del Plata, 14-25 de março de 1977. Disponível em: <http://www.ielrc.org/content/e7701.pdf>. Acesso em: 25 de maio de 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD). **Agenda 21 Global, 1992**. Disponível em: http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/agenda21.pdf. Acesso em: 07 nov. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇOES UNIDAS (ONU). **Indicators of Sustainable Development**: framework and methodologies. New York: United Nations, 1996. Disponível em: https://www.un.org/esa/sustdev/csd/csd9_indi_bp3.pdf. Acesso em: 14 jan. 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Objetivos de Milênio**. [*S. l.*], 2000. Disponível em: http://www.objetivosdomilenio.org.br/. Acesso em: 13 jan. 2023.

ORGANIZACÕES DAS NACÕES UNIDAS (ONU). **Indicators of Sustainable Development**: Guidelines and Methodologies. 3. ed. Nova York, 2007. 99 p. (Economic e Social Affairs). Disponível em: https://www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/guidelines.pdf. Acesso em: 20 jul. 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Resolução nº 64/A/RES/64/292, de 28 de julho de 2010.** O direito humano à água e ao saneamento. Nova Iorque, 2010. Disponível em: https://undocs.org/A/RES/64/292. Acesso em 15 de janeiro de 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **The Millennium Development Goals Report**. United Nations, 2015. p. 72. Disponível em: https://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG%202015%20rev%20(July%201).pdf. Acesso em: 20 de jun. 2023.

ORGANIZACÕES DAS NACÕES UNIDAS (ONU). **Proceso preparatorio de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Examen Amplio de Mitad de Período del Logro de los Objetivos del Decenio Internacional para la Acción "Água para el Desarrollo Sostenible" (2018-2028)**. 2022. Disponível em: <https://sdgs.un.org/sites/default/files/2022-10/SG_Report_SP.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA (UNESCO). **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2019**: Não deixar ninguém para trás. Paris, 2019. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367306. Acesso em: 20 de jun. 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA (UNESCO)**. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**. Paris, 2015. Disponível em: http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQSC/images/WWDR2015ExecutiveSummary_POR_web.pdf. Acesso em: 07 nov. 2021.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS) - World Health Organization. **Guidelines for drinking water quality**. Geneva: WHO. 2004. Disponivel em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>. Acesso em: 11 mai. 2023.

PARÁ. Lei nº 5.457, de 11 de maio de 1988. Cria a Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente (SECTAM). **Diário Oficial do Estado do Pará**, Belém, PA, 11 maio 1988.

PARÁ. Assembleia Legislativa do Estado do Pará. **Constituição Estadual do Pará**. Promulgada em 5 de outubro de 1989. Belém, 1989. Disponível em: https://www.alepa.pa.gov.br/constitui%C3%A7%C3%A3o-do-estado-do-par%C3%A1. Acesso em: 15 ago. 2023.

PARÁ. Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH). **Resolução nº 004, de 2008**. Estabelece normas para o gerenciamento dos recursos hídricos no Estado do Pará. Belém, 2008. Disponível em: https://www.semas.pa.gov.br/wpcontent/uploads/2012/09/Resolucao_CERH_n_04.pdf. Acesso em: 1 mar. 2023.

PARÁ. Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH). **Resolução nº 16, de 28 de junho de 2018**. Estabelece diretrizes para a formação e funcionamento dos Comitês de Bacias Hidrográficas. Belém, 2 jul. 2018. Disponível em: https://www.semas.pa.gov.br/2018/11/28/resolucao-no-16-de-23-de-novembro-de-2018/. Acesso em: 15 mar. 2023.

PARÁ. **Decreto n. 1.242, de 16 de março de 2015.** Institui o Procedimento de Manifestação de Interesse (PMI) em projetos de concessão comum de obras e serviços públicos, permitindo a parceria público-privada. Diário Oficial do Estado do Pará, Belém, 17 mar. 2015. Disponível em: https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/normas/view/259932. Acesso em: 10 mar. 2023.

PARÁ. **Decreto nº 866, de 4 de setembro de 2013**. Declara a adesão do Estado do Pará ao Pacto Nacional pela Gestão das Águas. Diário Oficial do Estado do Pará, Belém, PA, 4 set. 2013. Disponivel em: https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/normas/view/432. Acesso em: 15 mar. 2023.

PARÁ. **Decreto nº 1.076, de 24 de junho de 2014**. Institui, no âmbito do Estado do Pará, os Comitês Gestor e Operacional do Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Água – "Água para Todos". Belém, 25 jun. 2014. Disponível em: https://www.ioepa.com.br/pages/2014/2014.06.27.DOE.pdf. Acesso em: 15 mar. 2023.

PARÁ. **Decreto nº 1.367, de 19 de junho de 2008**. Dispõe sobre o processo administrativo para apuração das infrações às normas de utilização dos recursos hídricos superficiais, meteóricos e subterrâneos, emergentes ou em depósito. Belém, 2008. Disponível em: https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/normas/view/599. Acesso em: 18 mar. 2023.

PARÁ. **Decreto nº 2.181**, **de 17 de fevereiro de 2022.** Altera o Decreto Estadual nº 1.076, de 24 de junho de 2014, que institui, no âmbito do Estado do Pará, os Comitês Gestor e Operacional do Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Água – "ÁGUA PARA TODOS", e dá outras providências. Belém, 2022. Disponível em: https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/files/pdf/125209.pdf. Acesso em 18 mar. 2023.

PARÁ. **Decreto nº. 288, de 3 de setembro de 2019.** Institui o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Marapanim (CBHRM), Belém, 2019. Disponível em: https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/normas/view/724. Acesso em: 1 mar. 2023.

PARÁ. **Lei Estadual nº 4.336**, **de 21 de dezembro de 1970.** Cria a Companhia de Saneamento do Pará - COSANPA e dá outras providências. Belém, 1970. Disponível em: https://www.cosanpa.pa.gov.br/wpcontent/uploads/2018/05/lei_de_criacao_da_cosanpa.pdf. Acesso em: 15 mar. 2023.

PARÁ. **Lei Estadual nº 5.630, de 20 de dezembro de 1990.** Estabelece normas para a preservação de áreas dos corpos aquáticos, principalmente as nascentes, inclusive os "olhos d'água" de acordo com o artigo 255, inciso II da Constituição Estadual. 1990. Disponível em: https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/normas/view/35>. Acesso em: 11 mar. 2023.

PARÁ. **Lei Estadual nº 5.752, de 26 de julho de 1993**. Reorganiza a Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA). Diário Oficial do Estado do Pará, Belém, PA, 26 jul. 1993. Disponivel em: https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/publico/view/395352. Acesso em: 16 mar. 2023.

PARÁ**. Lei Estadual nº 5.796, de 4 de janeiro de 1994.** Define a política minerária e hídrica do Estado do Pará, seus objetivos, diretrizes e instrumentos, e dá outras providências. Belém, 1994. Disponível em: https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/files/pdf/441.pdf. Acesso em: 16 mar. 2023.

PARÁ. **Lei Estadual nº 5.807**, **de 24 de janeiro de 1994**. Cria o Conselho de Política Minerária e Hídrica do Estado do Pará e dá outras providências. Belém, 1994. Disponível em: https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/normas/view/434. Acesso em: 15 mar. 2023.

PARÁ. **Lei Estadual nº 5.882**, **de 21 de dezembro de 1994.** Institui a obrigatoriedade da higienização e desinfecção dos reservatórios prediais de água destinada ao consumo humano; a classificação quanto ao seu uso e dá outras providências. Belém, 1994. Disponível em: https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/normas/view/261070. Acesso em 15 mar. 2023.

PARÁ. **Lei Estadual nº 5.887, de 9 de maio de 1995.** Dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente e dá outras providências. Belém, 1995. Disponível em: https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/normas/view/424. Acesso em 16 mar. 2023.

PARÁ. **Lei Estadual nº 6.381, de 25 de julho de 2001.** Cria o Sistema Estadual de Meio Ambiente e dá outras providências. Belém, 2001. Disponível em: https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/lei-6381. Acesso em: 15 ago. 2023.

PARÁ. **Lei Estadual nº 6.710, de 14 de janeiro de 2005.** Dispõe sobre a competência do Estado do Pará para acompanhar e fiscalizar a exploração de recursos hídricos e minerais e as receitas não-tributárias geradas pelas respectivas explorações e dá outras providências. Belém, 2005. Disponível em:

https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/normas/view/6706. Acesso em 12 mar. 2023.

PARÁ**. Lei Estadual nº 7.703, de 26 de abril de 2013.** Dispõe sobre a inserção de informações de como evitar o desperdício de água nas faturas de consumo emitidas pelas concessionárias de serviço público. Belém, 2013. Disponível em: https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/normas/view/329. Acesso em: 16 mar. 2023.

PARÁ. **Lei Estadual nº 7.731, de 20 de setembro de 2013.** Dispõe sobre a Política Estadual de Saneamento Básico e dá outras providências. Belém, 2013. Disponível em: https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/normas/view/327. Acesso em: 12 mar. 2023.

PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS). **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Pará**. Belém, 2021. Disponível em: https://www.semas.pa.gov.br/wpcontent/uploads/2023/01/Produto_Final_Sumario_Executivo_do_PERH-PA.pdf. Acesso em 16 jun. 2023.

PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS). **Instrução Normativa nº 02, de 25 de abril de 2012.** Dispõe sobre procedimentos para protocolo de processos de licenciamento ambiental que dependem de Outorga Preventiva ou Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos. Belém, 2012. Disponível em: https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/normas/view/88. Acesso em: 16 mar. 2023.

PARÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS). **Instrução Normativa nº 003, de 26 de março de 2014**. Dispõe sobre os procedimentos administrativos específicos para o protocolo de processos de solicitação de Outorga Preventiva, Outorga de Direito, Renovação e Dispensa de Outorga, no âmbito do Estado do Pará, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado do Pará, Belém, PA, nº 32.610, 27 mar. 2014. Disponivel em: https://www.semas.pa.gov.br/wp-content/uploads/2016/08/164.pdf. Acesso em: 13 mar. 2023.

PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS). **Instrução Normativa nº 001, de 15 de maio de 2015**. Dispõe sobre a inscrição no Cadastro Estadual de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Exploração e Aproveitamento de Recursos Hídricos do Pará - CERH/PA, bem como sobre a Declaração de Uso de Recursos Hídricos e recolhimento da Taxa de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Exploração e Aproveitamento de Recursos Hídricos do Pará - TRFH/PA, e dá outras providências. Belém, 2015. Disponível em: https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/files/pdf/145.pdf. Acesso em: 13 mar. 2023.

PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS). **Instrução Normativa nº 08, de 27 de setembro de 2019**. Dispõe sobre o processo de solicitação de regularização do uso de recursos hídricos no Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pará – SIGERH-PA. Diário Oficial do Estado do Pará, Belém, PA, 27 set. 2019. Disponivel em: https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/normas/view/774. Acesso em: 13 mar. 2023.

PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS). **Instrução Normativa nº 001, de 28 de outubro de 2021**. Estabelece procedimentos e critérios para o requerimento e concessão de outorga de direito de uso, outorga preventiva, dispensa de outorga de uso de recursos hídricos e autorização para perfuração de poços no Estado do Pará. Belém, 2021. Disponível em: https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/files/pdf/98727.pdf. Acesso em: 12 mar. 2023.

PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS). **Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Pará**. Belém, 2012. Disponível em: https://www.semas.pa.gov.br/wp-content/uploads/2016/07/SISTEMA-DE-GERENCIAMENTO-DE-RECURSOS-H%C3%8DDRICOS-PA.pdf. Acesso em: 12 ago. 2023.

PATLITZIANAS, K. D. *et al*. Sustainable energy policy indicators: Review and recommendations. ***Renewable Energy*****,** Oxford**,** UK, v. 33, n. 5, p. 966-973, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.renene.2007.05.003. Acesso em: 15 ago. 2022.

PATTON, M. Q. **Qualitative research and evaluation methods**. 3th. ed. London: Sage, 2002.

PAULISTA, G.; VARVAKIS, G.; MONTIBELLER-FILHO, G. Espaço emocional e indicadores de sustentabilidade. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 11, p. 185-200, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1414-753X2008000100013. Acesso em: 15 mar. 2023.

PEIXOTO, J. B. **O barulho da água**: os municípios e a gestão dos serviços de saneamento. São Paulo: Editora Água e Vida, 1994. 94 p. Disponível em: https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/mis-12505. Acesso em: 15 fev. 2023.

PERERA, B. J. C.; JAMES, B.; KULARATHNA, M. D. U. Computer software tool REALM for sustainable water allocation and management. ***Journal of Environmental Management***, Amsterdã, v. 77, n. 4, p. 291-300, 2005. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.06.014. Acesso em 11 ago. 2023.

PÉREZ-LÓPEZ, G.; PRIOR, D.; ZAFRA-GÓMEZ, J. L. Rethinking new public managementdelivery forms and efficiency: long-term effects in Spanish local government. **Journal of Public Administration Research and Theory**, Oxford, UK, v. 25, n. 4, p. 1157-1183, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publications/27521373. Acesso em: 28 jan. 2024.

PFAFSTETTER, O. **Classificação de Bacias Hidrográficas**. Rio de Janeiro/RJ: DNOS, 1989. p. 19.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Nobel, 2000. p. 477.

PIRES, A., *et al*. Sustainability Assessment of indicators for integrated water resources management, ***Science of The Total Environment***, Amsterdam, Volume 578, p.139-147; 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.217. Acesso em: 12 jun. 2023.

PNUMA. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Projeto Geo Cidades**: relatório ambiental urbano integrado – Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: PNUMA/MMA/IBAM/ISER/REDEH; 2007. Disponível em: http://www.pnuma.org/deat1/pdf/2002GEORiodeJaneiro.pdf. Acesso em: 1 jan. 2023.

POLAZ, C.N.M.; TEIXEIRA, B.A.N. Indicadores de sustentabilidades para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos: um estudo para São Carlos (SP). **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 13, p. 411-420, 2009. Disponivel em: https://doi.org/10.1590/S1413-41522009000300015. Acesso em: 15 abr. 2023.

PONTES, C. A. A.; SCHRAMM, F. R. The bioetics of protection and the state's role moral problems in unequal acess to driking water. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 5, p. 1319-1327, 2004. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0102311X2004000500026. Acesso em: 18 jan. 2024.

PORTO, M. F. A; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 22, p. 43-60, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S010340142008000200004. Acesso em: 23 mai. 2023.

QUIROGA-MARTÍNEZ, R. **Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible**: estado del arte y perspectivas. Santiago de Chile: cepal, 2001. Disponível em:https://repositorio.cepal.org/entities/publication/145bf516-a0ae-449e-83ca-575d4c9cdf18. Acesso em: 12 ago. 2023.

QUIROGA-MARTINEZ, R. **Los indicadores de desarrollo sostenible**: estado del arte. Curso-Taller Indicadores de Desarrollo Sostenible para América Latina y el Caribe. Santiago, sede de CEPAL, 2 al 6 de junio 2003. Disponível em:https://repositorio.cepal.org/entities/publication/145bf516-a0ae-449e-83ca-575d4c9cdf18. Acesso em: 11 ago. 2023.

RABELO, L. S.; LIMA, P. V. P. S. Indicadores de sustentabilidade: a possibilidade da mensuração do desenvolvimento sustentável. **REDE-Revista Eletrônica do Prodema**, Fortaleza, CE, v. 1, n. 1, 2008. Disponível em: http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/4. Acesso em: 12 abr. 2023.

RABELO, N. N. Análise da segurança hídrica no Estado do Ceará: subsídios para o planejamento e gestão dos recursos hídricos. 2022. 170 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil: Recursos Hídricos) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Recursos Hídricos, Fortaleza, 2022. Disponível em: http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/63655. Acesso em: 12 mai. 2023.

RAGAS, A. M. J. *et al*. Towards a sustainability indicator for production systems. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, NL, v. 3, n. 1-2, p. 123-129, 1995. Disponivel em: https://doi.org/10.1016/0959-6526(95)00064-L. Acesso em: 14 jan. 2023.

RAPPORT, D.; FRIEND, A. **Towards a comprehensive framework for environmental statistics**: A stress-response approach. Catalogue (Statistics Canada). Ottawa: Minister of Supply and Services Canada, 1979. Disponível em;

https://publications.gc.ca/site/eng/9.896799/publication.html. Acesso em: 14 jan. 2023.

RAPPORT, D.; FRIEND, A. Towards a Comprehensive Framework for Environmental Statistics: A stress-response approach. v. 11, n. 510. **Catalogue (Statistics Canada)**. Ottawa: Minister of Supply and Services Canada, 1979.

REBOUÇAS, A. C. A política nacional de recursos hídricos e as águas subterrâneas. **Águas subterrâneas:(São Paulo)**, v. 16, n. 1, p. 1-13, 2002. Disponivel em: https://doi.org/10.14295/ras.v16i1.1304. Acesso em: 21 jan. 2024.

REBOUÇAS, A. C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 11, n. 29, p. 127-154, 1997. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0103-40141997000100007. Acesso em 26 jan. 2024.

RIBEIRO, N. B.; JOHNSSON, R. M. F. Discussions on water governance: patterns and common paths. **Ambiente & Sociedade**, v. 21, p. e01252, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc0125r2vu18L1AO. Acesso em: 28 jan. 2024.

RIBEIRO, R. B. **Aprimoramento do processo de estimativa da disponibilidade hídrica**. 2020. 158 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2020. Disponível em: https://locus.ufv.br//handle/123456789/28339. Acesso em: 12 jan. 2024.

ROCHA, W. **Estudo de caso do modelo de gestão de água potável e saneamento rural denominado "Sistema Integrado de Saneamento Rural" (SISAR) no Brasil**. [*S. l.*]: Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID, 2013. (Nota técnica do BID; 589). Disponível em: http://publications.iadb.org/document.cfm?id=38259119. Acesso em: 28 out. 2022.

RODRIGUES, R. B. **O sistema de suporte a decisão proposto para a gestão quali-quantitativa dos processos de outorga e cobrança pelo uso da água**. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2005. Disponível em: https://doi.org/10.11606/T.3.2005.tde-16092005-135904. Acesso em 10 jan. 2023.

ROGERS, P.; HALL, A. W. **Effective water governance**. Stockholm: Global Water Partnership, 2003. Disponível em: https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/backgroundpapers/07-effective-water-governance-2003-english.pdf. Acesso em: 14 jan. 2024.

ROMERO, J. C.; LINARES, P. Exergy as a global energy sustainability indicator. A review of the state of the art. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Amsterdã, v. 33, p. 427-442, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.02.012. Acesso em: 11 out. 2022.

ROWE, G.; WRIGHT, G. The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis. ***International Journal of Forecasting***, Amsterdã, v. 15, n. 4, p. 353-375, 1999. Disponivel em: https://doi.org/10.1016/S0169-2070(99)00018-7. Acesso em: 18 fev. 2023.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2009.

SACHS, I. *et al*. Estratégias de transição para o século XXI. Para pensar o desenvolvimento sustentável. In: In: BURSZTYN, M. **Para Pensar o Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: Brasiliense, 1993. p. 29-56. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0034-75901994000200011. Acesso em: 15 jan. 2023.

SALDANHA, E. E. Modelo de Avaliação da Sustentabilidade Socioambiental. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2007. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/90499. Acesso em: 14 jan. 2022.

SALIM, N.; ANZIANI-VENTE, M.; MADSEN, D. Water security: A dynamic multidisciplinary vision from theory to practice. In: LIM, K.; MAKARIGAKIS, A. K.; SOHN, O.; LEE, B. (Ed.). ***Water security and the sustainable development goals***. [Paris]: [Unesco], 2019. p. 21-43. Disponível em: http://www.digitallibrary.un.org/record/3807832. Acesso em: 14 jan. 2022.

SANCHES, A. C. *et al*. Análise dos Estudos sobre Indicadores de Sustentabilidade no Turismo: uma revisão integrativa. **Revista Turismo em Análise**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 292-311, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.1984-4867.v29i2p292-311. Acesso em: 15 jan. 2023.

SANGWAN, K. S.; BHAKAR, V.; DIGALWAR, A. K. A sustainability assessment framework for cement industrya case study. **Benchmarking: An International Journal**, Bingley, UK, v. 26, n. 2, p. 470-497, 2019. Disponível em: https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/BIJ-01-2018-0021/full/html. Acesso em: 18 jan. 2024.

SANTIAGO, L.S.; DIAS, S.M.F. Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 2, p. 203-212, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S141341522012000200010. Acesso em: 15 abr. 2023.

SARTORI, A. G. O.; SILOTO, R. S. Análise da compatibilidade de indicadores de desenvolvimento humano e sustentável do sistema das Nações Unidas com o Bellagio STAMP. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, São Luís, n. 30, p.99-110, dez. 2013. Disponível em: https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/273. Acesso em: 23 set. 2022.

SCARPARO, A. F. *et al*. Reflexões sobre o uso da técnica Delphi em pesquisas na enfermagem. **Revista da Rede de Enfermagem do Nordeste**, Fortaleza, CE, v. 13, n. 1, p. 242-251, 2012. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/3240/324027980026.pdf. Acesso em 28 jan. 2023.

SCHEWE, J. *et al*. Multimodel assessment of water scarcity under climate change. ***Proceedings of the National Academy of Sciences***, Nova York, v. 111, n. 9, p. 3245-3250, 4 mar. 2014.Disponivel em: https://doi.org/10.1073/pnas.1222460110. Acesso em: 12 abr. 2023.

SCHUSSEL, Z.; NASCIMENTO NETO, P. Gestão por bacias hidrográficas: do debate teórico à gestão municipal. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 18, p.

137-152, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC838V1832015. Acesso em: 05 jan. 2023.

SEARCY, E. *et al*. The relative cost of biomass energy transport. ***Applied biochemistry and biotechnology***, Nova York, v. 137, p. 639-652, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s12010-007-9085-8. Acesso em: 12 ago. 2022.

SEN, A. Development as freedom. **Development in Practice-Oxford-**, v. 10, n. 2, p. 258-258, 2000. Disponivel em: https://kuangaliablog.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/07/amartya_kumar_sen_development_as_freedombookfi.pdf. Acesso em: 14 jan. 2024.

SETTI, A. A. *et al*. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2.ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000.

SIENA, O. **Método para avaliar progresso em direção ao desenvolvimento sustentável.** 2002. 234 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2002. Disponível em: http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/82593. Acesso em: 2 fev. 2022.

SILVA, G. S.; ALMEIDA, L. A. Indicadores de Sustentabilidade para Instituições de Ensino Superior: Uma Proposta Baseada na Revisão de Literatura. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, *[S. l.]*, v. 8, n. 1, p. 123–144, 2019. DOI: 10.5585/geas.v8i1.13767. Disponível em: https://periodicos.uninove.br/geas/article/view/13767. Acesso em: 7 set. 2024.

SILVA, N.C.; CÂNDIDO, G.A. Sistema de indicadores de sustentabilidade do desenvolvimento do turismo: um estudo de caso do município de Areia – PB. **Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo**, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 475-496. 2016. Disponível em: https://doi.org/10.7784/rbtur.v10i3.955. Acesso em: 15. jun. 2023.

SILVA, S. S. F. *et al*. Indicador de Sustentabilidade Pressão – Estado – Impacto – Resposta no Diagnóstico do Cenário Sócio Ambiental resultante dos Resíduos Sólidos Urbanos em Cuité, PB. **Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade**. Sousa, PB v. 2, n. 3, ed. esp. Rio +20, p.76-93, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.18696/reunir.v2i2.68. Acesso em: 16 jan. 2023.

SILVA, J. J. *et al*. Sustainable development assessment from a capitals perspective: Analytical structure and indicator selection criteria**. Journal of Environmental Management**, Volume 260, 2020, 110147, ISSN 0301-4797. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479720300840. Acesso em: 08 jun. 2023

SILVA, T.F.A.; COELHO, R.F.R.; SOUSA, R.P. Indicadores de sustentabilidade: contribuições para construção de estratégias de desenvolvimento mais sustentável em agroecossistema de várzea. **Novos Cadernos NAEA**, Belém, PA, v. 24 n. 2, p. 269-290, 2021. Disponível em: https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/8299. Acesso em: 12 jun. 2023.

SINGH, R. K. *et al*. An overview of sustainability assessment methodologies,

Ecological Indicators. ***International Journal of Agricultural Economics and Rural Development***, New Delhi, v. 9, n. 2, p. 169-180, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.01.007. Acesso em: 18 set 2022.

SINGH, R. K. *et al*. An overview of sustainability assessment methodologies. ***Ecological indicators***, Amsterdã, v. 15, n. 1, p. 281-299, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.01.007. Acesso em: 12 set. 2022.

SMITH, T.; MARSHALL, L.; SHARMA, A. Predicting hydrologic response through a hierarchical catchment knowledgebase: A Bayes empirical Bayes approach. ***Water Resources Research***, Washington, DC, v. 50, n. 2, p. 1189-1204, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1002/2013WR015079. Acesso em: 12 jun. 2023.

SOUZA, A. A. G.; PEREIRA, J. A. R. Análise do Instrumento de Planejamento e do Desempenho Operacional do Sistema de Abastecimento de Água do Município de Castanhal. **Revista Tocantinense de Geografia**, Araguaína, v. 11, n. 25, p. 87-103, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.20873/rtg.v11i25.14712. Acesso em: 28 jun. 2023.

SOUZA, A. C. A; COSTA. N. R. Política de saneamento básico no Brasil: discussão de uma trajetória. **História**, **Ciências**, **Saúde**-**Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 3, p. 615-634, 2016. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/3861/386146782003.pdf. Acesso em: 12 jan. 2023.

SPANGENBERG, J. H.; PFAHL, S.; DELLER, K. Towards indicators for institutional sustainability: lessons from an analysis of agenda 21. ***Ecological indicators***, Amsterdã, v. 2, n. 1-2, p. 61-77, 2002. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S1470-160X(02)00050-X. Acesso em: 14 jan. 2023.

STAHEL, A. W. Capitalismo e entropia: os aspectos ideológicos de uma contradição e a busca de alternativas sustentáveis. In: CAVALCANTI, C. (org.) **Desenvolvimento e natureza**: estudos para uma sociedade sustentável. -2ª ed.- São Paulo: Cortez; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 1998.

STAKE, R. ***Case study research***. Thousand oaks, CA: Sage, 1995.

SUGAHARA. C. R. *et al*. Avaliação da sustentabilidade do Plano de Bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí 2020-2035: análise dos indicadores de disponibilidade e demandas hídricas. **Gestão & Regionalidade**, Universidade Municipal de São Caetano do Sul, SP, v. 37, n. 112, p. 301-318, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.13037/gr.vol37n112.7505. Acesso em: 28 jan. 2024.

TAYRA, F.; RIBEIRO, H. Modelos de Indicadores de Sustentabilidade: síntese e avaliação crítica das principais experiências. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v.15, n. 1, p.84-95, 2006. Disponível em: https://www.scielosp.org/pdf/sausoc/v15n1/09.pdf. Acesso em: 13 jan. 2023.

THERIVEL, R. **Strategic Environmental Assessment in action**. 2th. ed. London: Earthscan, 2010. 366p. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7732091/mod_resource/content/2/Strategic%20Environmental%20in%20Action.pdf. Acesso em 20 ago. 2022.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1997.

TUNDISI, J. G. Governança da água. **Revista da Universidade Federal de Minas Gerais**, Belo Horizonte, v. 20, n. 2, p. 222-235, 2013. Disponível em: https://www.ufmg.br/revistaufmg/downloads/20-2/10-governanca-da-agua-jose-tundisi.pdf. Acesso em 16 de maio de 2024.

TUNDISI, J. G. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. **Revista USP**, São Paulo, n. 70, p. 24–35, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.23169036.v0i70p24-35. Acesso em: 15 fev. 2023.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Recursos hídricos no século XXI**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

TUNSTALL, D. **The growing importance of scientific rules of thumb in developing indicators of resource sustainability**. DRAFT. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON EARTH RIGHTS AND RESPONSIBILITIES: Human Rights and Environmental Protection, Roundtable on Scientific Standards and Indicators, Yale Law School, 3-5 abr. 1992. [*S. l.*]: World Resources Institute, 1992. Disponível em: https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABN056.pdf. Acesso em 06 nov. 2022.

TUNSTALL, D. **Developing and using indicators of Sustainable Development in Africa: an overview**. (Draft paper). Prepared for the Network for Environment and Sustainable Development in Africa (NESDA). Thematic Workshop on Indicators of Sustainable Development, Banjul, The Gambia, May 16-18, 1994.

UCHOA, C. E. **Elaboração de indicadores de desempenho institucional**. Brasília: Escola Nacional de Administração Pública, 2013. 36 p. Disponível em: https://repositorio.enap.gov.br. Acesso em: 04 ago. 2023.

ULLRICH, A.; VOLK, M. Application of the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) to predict the impact of alternative management practices on water quality and quantity. ***Agricultural Water Management,*** Amesterdã, NL, v. 96, n. 8, p. 1207-1217, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.03.01. Acesso em: 15 ago. 2023.

UNITED NATIONS (UN). **Indicators of sustainable development: Guidelines and Methodologies**. 3. ed. Ed. New York: NY, 2007. 93 p. Disponível em: https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/guidelines.pdf. Acesso em: 11 fev. 2023.

UNITED NATIONS (UN). **Sustainable Development Goal 6: Synthesis Report 2018 on Water and Sanitation**. New York: UN, 2018. 195 p. Disponível em: https://www.unwater.org/publications/highlights-sdg-6-synthesis-report-2018-on-water-and-sanitation-2/. Acesso em: 06 jan. 2023

UNITED NATIONS GENERAL ASSEMBLY (UNGA). *Human Right to Water and Sanitation*. UN Document A/RES/64/292. Geneva, 2010.

UNITED NATIONS GENERAL ASSEMBLY (UNGA). International Decade for Action:

Water for Life, 2005-2015. **Resolution adopted by the General Assembly on23 December 2003**, Fifty-eighth session, A/RES/58/217. Geneva, 2003. Disponível em:https://undocs.org/A/RES/58/217. Acesso em: 12 dez. 2022.

UNITED NATIONS GENERAL ASSEMBLY (UNGA). Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development. **Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015**, Seventieth session, A/RES/70/1. Geneva, 2015. Disponível em: https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf. Acesso em: 21 jan. 2023.

VAN BELLEN, H. M. Desenvolvimento sustentável: uma descrição das principais ferramentas de avaliação. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 7, p. 67-87, 2004. Disponível: https://doi.org/10.1590/S1414-753X2004000100005. Acesso em: 11 mar. 2023.

VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade**: uma análise comparativa. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora da FGV, 2005. 256p.

VAN OEL, P., *et al*. Using indicators to inform the sustainable governance of water-for-food systems. ***Current Opinion in Environmental Sustainability***, Amsterdã, v. 40, p. 55-62, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.09.005. Acesso em: 12 jun. 2023.

VÁZQUEZ, P. *et al*. An entangled model for sustainability indicators**. PloS one**, San Francisco, CA, v. 10, n. 8, p. e0135250, 2015. Disponível em: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0135250. Acesso em: 24 set. 2022.

VEIGA, A. J. P. **Sustentabilidade urbana, avaliação e indicadores**: um estudo de caso sobre vitória da conquista - BA. Tese. 2010.283f. (Pós-Graduação em Arquitetura) – Urbanismo da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010a. Disponível em: https://repositorio.ufba.br/handle/ri/11696. Acesso em: 14 jan. 2023.

VEIGA, J. E. Indicadores de sustentabilidade. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 24, p. 39-52, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0103-40142010000100006. Acesso em: 12 nov. 2022.

VEIGA, J. E. Indicadores socioambientais: evolução e perspectivas. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v. 4, n. 116, p. 421-435, 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rep/a/LWD3fxmdZS7SdGTjQvBTxgd/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 14 jan. 2023.

VEIGA, L. B. E.; MAGRINI, E. A. Gestão da qualidade da água: o modelo brasileiro e o modelo americano. In: **International workshop advances in cleaner production**. 2009.

VELEVA, V.; ELLENBECKER, M. Indicators of sustainable production: framework and methodology. ***Journal of cleaner production***, [*S. l.*], v. 9, n. 6, p. 519-549, 2001. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S0959-6526(01)00010-5. Acesso em: 12 ago. 2022.

VANHAM, D.; MEKONNEN, M.M. **The scarcity-weighted water footprint provides unreliable water sustainability scoring.** Science of the Total Environment, 756, p.143992. 2021.

WACKERNAGEL, M.; REES, W. E. Our ecological footprint: reducing impact on the earth. Gabriola Island, Canada: New Society, 1996. Disponível em: https://www.tboake.com/2013/EF_Reading_Assignment_1of2.pdf. Acesso em: 12 jan. 2023.

WALDMAN, M. Recursos hídricos e rede urbana mundial: Dimensões Globais da Escassez. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 13, 2002, João Pessoa-PB. **Anais do XIII Encontro Nacional de Geógrafos**. Caderno de Resumos, v.1, São Paulo: AGB - Associação dos Geógrafos Brasileiros, 2002. p.122. Disponível em: https://www.academia.edu/39738080. Acesso em: 12 mai. 2023.

WCED, Special Working Session. World commission on environment and development. **Our common future**, v. 17, n. 1, p. 1-91, 1987.

WILDING, L. P.; DREES, L. R. Spatial variability and pedology. In: ***Developments in Soil Science***. Elsevier, 1983. p. 83-116. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S0166-2481(08)70599-3. Acesso em: 18 jan. 2023.

WORLD ECONOMIC FORUM. **The Global Risks Report 2018**. World Economic Forum, 13. ed. Geneva, 2018. Disponível em: https://www3.weforum.org/docs/WEF_GRR18_Report.pdf. Acesso em: 16 jun. 2023.

WORLDOMETER. **Acesso à água potável no mundo, 2024**. [*S. l.*], 2004. Disponível em: https://www.worldometers.info. Acesso em: 13 de agosto de 2024.

WU, J. Landscape sustainability science: ecosystem services and human well-being in changing landscapes. ***Landscape ecology***, [S. l], v. 28, p. 999-1023, 2013. Disponivel em: https://doi.org/10.1007/s10980-013-9894-9. Acesso em: 13 ago. 2023.

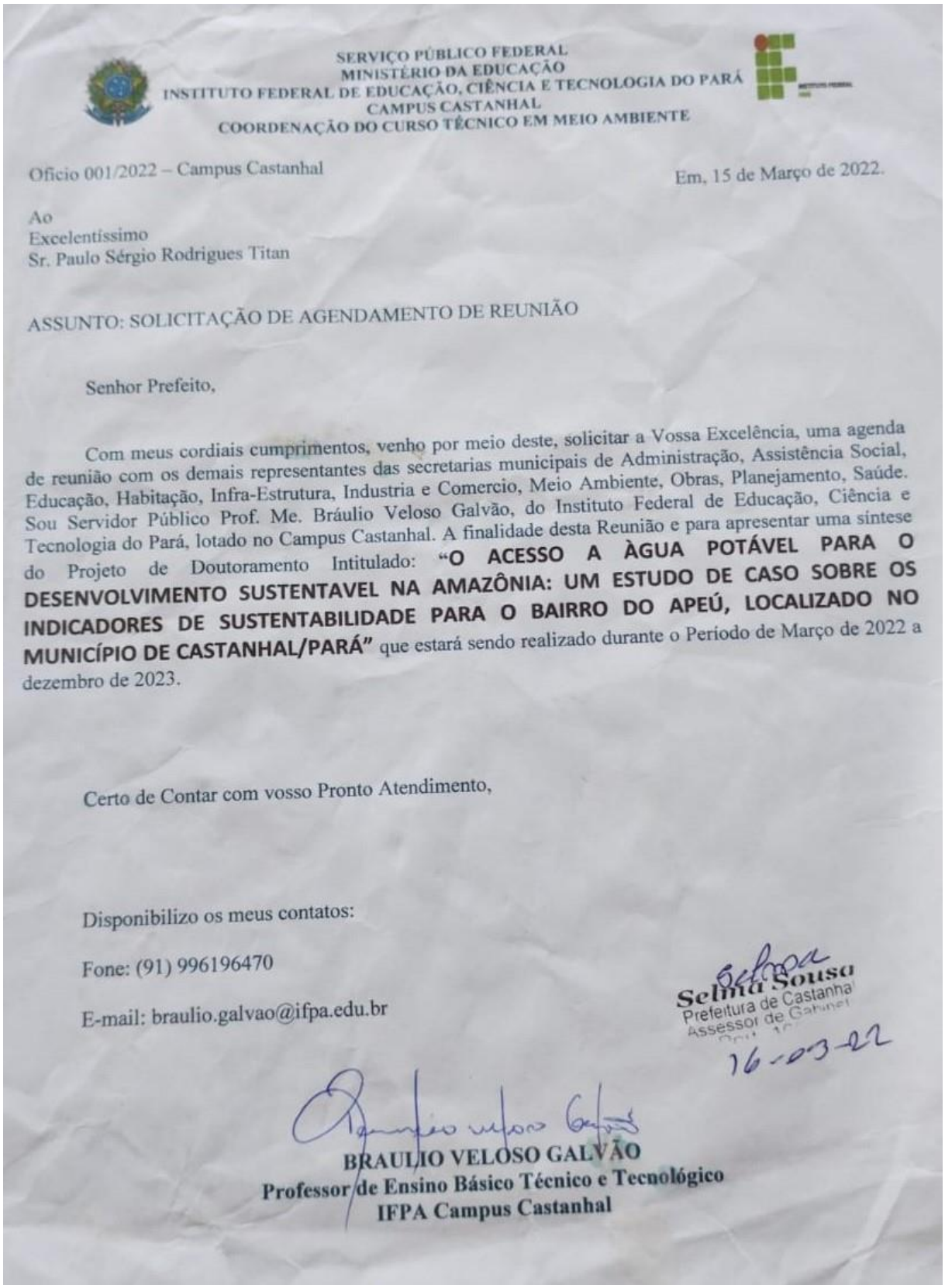
YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

YOUSUF, M. I. Using expertsopinions through Delphi technique. **Practical assessment, research, and evaluation**, [S. l], v. 12, n. 1, 2007. Disponível em: https://openpublishing.library.umass.edu/pare/article/id/1417/. Acesso em: 18 fev. 2023.

ZAMOUM, S.; SOUAG-GAMANE, D. Monthly streamflow estimation in ungauged catchments of northern Algeria using regionalization of conceptual model parameters. ***Arabian Journal of Geosciences***, [S. l], v. 12, n. 11, p. 342, 2019. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s12517-019-4487-9. Acesso em: 12 fev. de 2023.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Ofício de Agendamento de Reunião com o Gestor Máximo de Castanhal/PA



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ
CAMPUS CASTANHAL
COORDENAÇÃO DO CURSO TÉCNICO EM MEIO AMBIENTE

Oficio 001/2022 – Campus Castanhal

Em, 15 de Março de 2022.

Ao
Excelentíssimo
Sr. Paulo Sérgio Rodrigues Titan

ASSUNTO: SOLICITAÇÃO DE AGENDAMENTO DE REUNIÃO

Senhor Prefeito,

Com meus cordiais cumprimentos, venho por meio deste, solicitar a Vossa Excelência, uma agenda de reunião com os demais representantes das secretarias municipais de Administração, Assistência Social, Educação, Habitação, Infra-Estrutura, Industria e Comercio, Meio Ambiente, Obras, Planejamento, Saúde. Sou Servidor Público Prof. Me. Bráulio Veloso Galvão, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, lotado no Campus Castanhal. A finalidade desta Reunião e para apresentar uma síntese do Projeto de Doutoramento Intitulado: **"O ACESSO A ÀGUA POTÁVEL PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTAVEL NA AMAZÔNIA: UM ESTUDO DE CASO SOBRE OS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA O BAIRRO DO APEÚ, LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DE CASTANHAL/PARÁ"** que estará sendo realizado durante o Período de Março de 2022 a dezembro de 2023.

Certo de Contar com vosso Pronto Atendimento,

Disponibilizo os meus contatos:

Fone: (91) 996196470

E-mail: braulio.galvao@ifpa.edu.br

Selma Sousa
Prefeitura de Castanhal
Assessor de Gabinete
16-03-22

BRAULIO VELOSO GALVÃO
Professor de Ensino Básico Técnico e Tecnológico
IFPA Campus Castanhal

APÊNDICE B – Coleta de Dados da Pesquisa Documental nas Secretarias

Projeto de Pesquisa
O Usode Indicadoresde Sustentabilidadecomo FerramentaparaMelhoraro Acesso a Água Potávelpara os Habitantesno Perímetro Urbano no Distrito do Apeú/Castanhal/Pará

Pesquisador: Braulio Veloso GalvãoData da Visita:____/_____/_____

1) Tipo de Documento

( ) Documentação Impressa
( ) Documentação Eletrônica
( ) Documentação Gráfica
Outros:_____

2) Identificação dos Materiais

( ) Dados Demográficos (Quantitativo de Habitantes, Tipo de Gênero, Profissão, Faixa Etária, Endereço, Escolaridade e Renda Familiar)
( ) Planos, Programas, Projetos, Campanhas, Infraestrutura de Funcionamento
( ) Relatórios Internos e/ou Externos do Setor, Pareceres Técnicos, Ofícios e Memorandos
( ) Tabelas Estatísticas, Informativos, Diários, Oficinas
( ) Mapas, Ilustrações, Apresentações, Matérias de Jornais, Livros
Outros_____

3) Classificação do Documento

( ) Público Interno
( ) Público Interno e Externo
( ) Sigiloso
Outros:_____

4) Área de Atuação dos Indicadores

( ) Ambiental
( ) Econômica
( ) Social
( ) Institucional
( ) Governança/Gestão
( ) Integração
Outros:_____

5) Relacionados com a Água Potável

( ) Consumo
( ) Qualidade
( ) Quantidade
( ) Tipo e Uso
Outros:_____

6) Outras Informações

_____

_____

APÊNDICE C – Carta Convite

Prezado(a) Gestor(a)

Convidamos Vossa Senhoria para participar da pesquisa intitulada “O Usode Indicadoresde SustentabilidadecomoFerramentade Gestão para Propiciar o Acessoa Água Potávelpara as pessoas na Comunidadedo Apeú/Castanhal/Pará”, que tem como pesquisador responsável Braulio Veloso Galvão, doutorandodo Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento e conta como coorientador o professor Dr. Odorico Konrad e como orientadora a professora Drª Júlia Elisabete Barden da Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES/RS.

O objetivo geral da pesquisa é proporum conjunto de indicadores desustentabilidade adequados para propiciar o acesso a água potável para as pessoas na Comunidade do Apeú/Castanhal/Pará. Nestemomento, solicitamos a Vossa Senhoria a designação de indicadores de sustentabilidade adequadospara permitir alcançar o objetivo geral proposto neste documento.

Ao acessar o apêndice B, pode-se verificar que o documentoelaborado é composto ao total por seis questões, sendo uma questão descritiva e cinco questões relacionadas com a seleção de indicadores que são de múltipla escolha e apresentam como requisitos necessários: a) Relevância política, b)Validade metodológica, c) Confiabilidade para a medição, d) Simples e objetivo, e)Sensível a mudanças, f) Atender as escificidades locais, g) Ser replicável, h) Agregar informações, i) Ser atualizável e j) Comparável ao longo do tempo.

Para essa pesquisa adotou-se cinco dimensões para a sustentabilidade que possuem pesos iguais, composta por: onze indicadores na dimensão ambiental, quatro indicadores na dimensão econômica, sete indicadores na dimensão social, dez indicadores na dimensão governança e cinco indicadores na dimensão resposta, totalizando 37 indicadores, os quais devem ser atribuídas notas de 1 a 5 para cada indicador de acordo com a sua avaliação.

Para facilitar o preenchimento do questionárioe a atribuição das notas e disponibilizado ao participante a marcação de um “X” no quadrante numeral que melhor representa sua escolha. Informamos ainda que durante o preenchimento do questionário, Vossa Senhoria poderá colaborar com a inclusão de indicadores, no espaço disponibilizado ao final do questionário.

Caso seja necessário, será enviada posteriormente um novo documento com os dadoscompilados a partir de suas sugestões e dos demais gestores convidados para uma novarodada, caracterizando, assim a Técnica Delphi. Finalizado o processo, o resultado dapesquisa será divulgado entre os participantes.Após a conclusão do preenchimento, o material será recolhido pelo responsável da pesquisa. Aproveitamos o momento para colocamo-nos a disposição para quaisquer esclarecimentos que se fizernecessário e desde já, agradecemos pela sua participação.

Com os melhores cumprimentos,

Braulio Veloso Galvão
Pesquisador Responsável
Doutorando em Ambiente e Desenvolvimento da UNIVATES/RS
E-mail: braulio.galvao@universo.univates.br
Fone: (91)99619-6470

APÊNDICE D – Questionário da Pesquisa

1 Atribua uma nota para cada indicador de acordo com o Grau de Relevância para que a comunidade local tenha acesso a água potável?

DIMENSÃO	Nº	INDICADORES	NOTA (Grau de Relevância) Marque um "x" no quadrante numeral escolhido				
			1	2	3	4	5
AMBIENTAL	AMB01	Disponibilidade hídrica do aquíferosubterrâneo					
	AMB02	Alterações expressivas nos padrões de chuvas e níveis de água do aquíferosubterrâneo					
	AMB03	Sistema de captação e tratamento de água bruta					
	AMB04	Sistema de distribuição de água					
	AMB05	Perda de água no sistema de captação, tratamento e na rede de distribuição					
	AMB06	Cobertura dos serviços de abastecimento de água					
	AMB07	Regularidade no fornecimento da água potável					
	AMB08	Consumo de água per capta					
	AMB09	Quantidade de água potável disponível para consumo humano					
	AMB10	Qualidade da água					
	AMB11	Monitoramento da qualidade da água					

Considerando: 1 - Irrelevante; 2 - Relevância Baixa; 3 - Relevância Média; 4 - Relevância Alta e 5 - Essencial

2 Atribua uma nota para cada indicador de acordo com o Grau de Relevância para que a comunidade local tenha acesso a água potável?

DIMENSÃO	Nº	INDICADORES	NOTA (Grau de Relevância) Marque um "x" no quadrante numeral escolhido				
			1	2	3	4	5
ECONOMICO	ECO01	Disponibilidade de recursos do orçamento público (R$) para o desenvolvimento de ações relacionadas com os serviços de abastecimento de água.					
	ECO02	Investimento em aquisição de tecnologia e equipamentos para o sistema de abastecimento de água					
	ECO03	Investimento em capacitação e/ou treinamento de profissionais técnicos para a gestão e o funcionamento adequado do sistema de abastecimento de água da comunidade local					
	ECO04	Investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) em projetos relacionados com o abastecimento de água					
	ECO05	Despesa com o Sistema de Abastecimento de Água (SAA)					

Considerando: 1 - Irrelevante; 2 - Relevância Baixa; 3 - Relevância Média; 4 - Relevância Alta e 5 - Essencial

3 Atribua uma nota para cada indicador de acordo com o Grau de Relevância para que a comunidade local tenha acesso a água potável?

DIMENSÃO	Nº	INDICADORES	NOTA (Grau de Relevância) Marque um "x" no quadrante numeral escolhido				
			1*	2	3	4	5
SOCIAL	SOC01	Quantidade de habitantes residentes no local					
	SOC02	Percentual da população local satisfeita com a prestação dos serviços de abastecimento de água					
	SOC03	Quantitativo da população com acesso a água potável por meio de alternativas Poço de boca, Poço artesiano, Poço comunitário, etc.					
	SOC04	Número de residências que possuem ligações ativas de água potável					
	SOC05	Condições sanitárias adequadas nas residências					
	SOC06	Quantidade de pessoas atendidas por surtos de doenças de veiculação hídrica ou eventos endêmicos, epidêmicos e/ou pandêmicos relacionados com a água					
	SOC07	Participação dos representantes locais nas tomadas de decisões relacionados com a água					

Considerando: 1 - Irrelevante; 2 - Relevância Baixa; 3 - Relevância Média; 4 - Relevância Alta e 5 - Essencial

4 Atribua uma nota para cada indicador de acordo com o Grau de Relevância para que a comunidade local tenha acesso a água potável?

DIMENSÃO	Nº	INDICADORES	NOTA (Grau de Relevância) Marque um "x" no quadrante numeral escolhido				
			1*	2	3	4	5
GOVERNANÇA	GOV01	Tipos de atos legislativos sobre a questão hídrica					
	GOV02	Estrutura física e recursos disponíveis para o planejamento e a gestão de ações para o fornecimento de água potável a população local					
	GOV03	Manutenção e/ou ampliação da infraestrutura local do SAA					
	GOV04	Frequência de fiscalização na prestadora dos serviços de abastecimento de água a população local					
	GOV05	Frequência de monitoramento da qualidade da água					
	GOV06	Implantação de um sistema de gerenciamento de recursos hídricos localmente					
	GOV07	Uso de instrumentos da Lei nº 9.433/1997					
	GOV08	Existência de Conselho Municipal de Meio Ambiente					
	GOV09	Existência de Comitê Municipal de Bacia Hidrográfica					
	GOV10	Parcerias, cooperações técnicas, convênios, consórcios ou colaborações com ONGs, instituições públicas e/ou privadas relacionadas com a questão hídrica					

Considerando: 1 - Irrelevante; 2 - Relevância Baixa; 3 - Relevância Média; 4 - Relevância Alta e 5 - Essencial

5 Atribua uma nota para cada indicador de acordo com o Grau de Relevância para que a comunidade local tenha acesso a água potável?

DIMENSÃO	Nº	INDICADORES	NOTA (Grau de Relevância) Marque um "x" no quadrante numeral escolhido				
			1*	2	3	4	5
RESPOSTA	RES01	Formação de comitê local responsável para executar planejamento e ações para o combate a sinistro e/ou desastre hídrico					
	RES02	Medidas de prevenção e combate a sinistro e/ou desastre hídrico local					
	RES03	Planos de segurança hídrica e/ou Plano de emergência com execução de protocolo de ações para resposta a situações de excesso ou escassez de água					
	RES04	Disponibilidade de recursos e materiais para mitigar os efeitos de sinistro e/ou desastre hídrico sucedido					
	RES05	Existência de um Plano Municipal de Gestão de Recursos Hídricos – PMGRH					

Considerando: 1 - Irrelevante; 2 - Relevância Baixa; 3 - Relevância Média; 4 - Relevância Alta e 5 – Essencial

6 Considerando o questionário apresentado, você incluiria outros indicadores para permitir o acesso a água potável a comunidade local?

_____

_____

_____

APÊNDICE E – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Você está sendo convidado (a) paraparticipar da pesquisa intitulada "**O Usode Indicadoresde Sustentabilidade como Ferramentade Gestão para Propiciar o Acessoa Água Potávelpara as pessoas na Comunidadedo Apeú/Castanhal/Pará**", que tem como pesquisador responsável Braulio Veloso Galvão, doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento e como pesquisadores colaboradores o professor Dr. Odorico Konrad e a professora Drª. Júlia Elisabete Barden da Universidade do Vale do Taquari (UNIVATES/RS). O objetivo geral da pesquisa é propor um conjunto de indicadores de sustentabilidade adequados para propiciaro acesso a água potável para as pessoas na Comunidade do Apeú/Castanhal/Pará. Neste momento, solicitamos a Vossa Senhoria a atribuição de notas para a designação de indicadores de sustentabilidade adequados para alcançar o objetivo geral da pesquisa. Caso seja necessário, será enviada posteriormente os dados compilados a partir de suas sugestões e dos demais gestores para uma nova rodada. Finalizado o processo, o resultado da pesquisa será divulgado entre os participantes. O benefício central deste estudo se constitui em conceber um conjunto de indicadores adequados que irão auxiliar a comunidade local na tomada de decisão para a gestão e o acesso a água potável, além de permitir que a gestão e a população local possam garantir o acesso a água e executar políticas públicas eficientes e controle social no processo de gerenciamento da água potável localmente. Os riscos de sua participação na pesquisa poderão estar relacionados ao constrangimento de se desviar de sua rotina para responder perguntas ou por ter seu anonimato violado caso haja disponibilização dos dados a terceiros pelo próprio especialista. Em uma destas situações ou por sua própria vontade, o (a) senhor(a) poderá se desvincular das atividades a qualquer momento. Caso fiquem dúvidas, o pesquisador poderá se rcontatado pelos respectivos contatos por meio de telefone celular e/ou via e-mail: (91)996196470 / braulio.galvao@universo.univates.br. Neste sentido, declaramos manter o sigilo e o anonimato do profissional que participará do estudo como gestor(a). As respostas da planilha enviada serão arquivadas por cinco anos nos arquivos do pesquisador e depois serão destruídas. Agradecemos à atenção dispensada e colocamo-nos à disposição para quaisquer esclarecimentos, ao mesmo tempo em que, solicitamos seu consentimento para compor o painel de gestores que irão participar como juízes neste estudo. A resposta enviada contendo uma cópia deste termo representará o seu aceite para compor o painel do referido estudo, bem como à divulgação dos dados fornecidos para fins científicos em eventos e/ou revistas científicas e a concordância a todas as proposições explicitadas neste termo.

Braulio Veloso Galvão	Prof. Dr. Odorico Konrad
Pesquisadora responsável	Pesquisador colaborador

_____

Profa. Dra. Júlia Elisabete Barden
Pesquisadora colaboradora

ANEXOS

ANEXO A – Indicadores do Estudo de Andrade 2010

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE SOB O FOCO DOS RECURSOS HIDRICOS		Forma de Mensuração
DIMENSÃO	**INDICADORES**	
PRESSÃO	Aumento da população local em períodos de alta estação	Quantidade
	Cobertura do abastecimento de água	Qualidade
	Saneamento básico	Sim ou não
	Criação intensiva de espécies de peixes para alimentação humana	Sim ou não
	Aumento na produção de resíduos domiciliares	Quantidade
	Falta de educação ambiental da população	Sim ou não
ESTADO	Uso de água subterrânea	Sim ou não
	Recursos hídricos disponíveis para consumo humano	Quantidade
	Qualidade da água do poço para consumo humano	Qualidade
	Quantidade da água do poço par consumo humano	Quantidade
	Sistema de captação de água bruta	Sim ou não
	Sistema de tratamento de água bruta	Sim ou não
	Sistema de distribuição de água	Sim ou não
	Sistema de tratamento de esgoto doméstico	Sim ou não
	Oferta de água para abastecimento público	Sim ou não
	Monitoramento da qualidade da água subterrânea para consumo humano	Qualidade
		Qualidade
	Área utilizada para disposição de resíduos de forma inadequada	Quantidade
	Condições na disposição final dos resíduos sólidos	Qualidade
	Controle de resíduos sólidos domiciliares	Quantidade
	Tipo de Coleta	Qualidade
	Regularidade da Coleta	Qualidade
	Habitação desordenada	Sim ou não
	Lançamento dos efluentes difusos nos corpos de água	Sim ou não
	Ambição humana	Sim ou não
	Avanço do Mar	Sim ou não
IMPACTO	Água para consumo humano em quantidade	Quantidade
	Água para consumo humano em qualidade	Qualidade
	Água para manejo produtivo extrativista	Quantidade
	Águas superficiais destinadas á balneabilidade em qualidade	Qualidade
	Saúde Ambiental	Qualidade
	Saúde pública	Qualidade
	Biodiversidade	Qualidade
	Sistema produtivo extrativista	Sim ou não
	Segurança alimentar	Qualidade
	Relação Mercadológica	Quantidade
RESPOSTA	Ampliação da infraestrutura para o abastecimento de água potável	Sim ou não
	Melhoria na gestão da capacidade de carga do abastecimento	Sim ou não
	Infraestrutura de esgotamento sanitário	Sim ou não
	Implantação de um sistema de gerenciamento de recursos hídricos	Sim ou não

	Ação de proteção aos mananciais	Sim ou não
	Manejo de efluentes da criação de espécies aquáticas	Sim ou não
	Frequência da coleta de resíduos sólidos	Quantidade
	Coleta Seletiva	Sim ou não
	Disponibilidade de aterro sanitário	Sim ou não
	Protagonismo comunitário	Sim ou não
	Fortalecimento dos catadores	Sim ou não
	Estrutura física adequada para a disposição final de resíduos sólidos	Sim ou não
	Disponibilidade de tecnologia e equipamento para tratamento e disposição final de resíduos sólidos	Sim ou não
		Sim ou não
	Programa de educação ambiental	Sim ou não
	Maior articulação com outras instituições	Quantidade
	Melhor funcionamento do órgão ambiental	Qualidade
	Melhor Planejamento e gestão ambiental	Qualidade
	Fortalecimento do comitê de bacias	Sim ou não
	Monitoramento da qualidade da água	Qualidade

ANEXO B – Indicadores Encontrados na Revisão Sistemática da Literatura

Nº	Indicadores	Fonte	Dimensão - Abordagem	Forma de Mensuração
1	Consumo de água (m³/h)	Cerezini *et al*. (2017)	Pressão	Quantidade
2	Geração de Efluentes (m³/hab/h)	Cerezini *et al*. (2017)	Pressão	Quantidade
3	Qualidade da água – IQA	Cerezini *et al*. (2017)	Estado	Qualidade
4	Disponibilidade Hídrica do Aquífero (m³/h)	Cerezini *et al*. (2017)	Estado	Quantidade
5	Gasto com água (REAIS)	Cerezini *et al*. (2017)	Impacto	Quantidade
6	Gasto com a coleta e tratamento do Efluente (REAIS)	Cerezini *et al*. (2017)	Impacto	Quantidade
7	Manutenção dos Sistemas Hidráulicos (REAIS)	Cerezini *et al*. (2017)	Resposta	Quantidade
8	Projetos de Educação Ambiental (h)	Cerezini *et al*. (2017)	Resposta	Quantidade
9	Escassez de água - índice WSI	Gain, Giupponi e Wada (2016)	Disponibilidade	Quantidade
10	Indice de seca	Gain, Giupponi e Wada (2016)	Disponibilidade	Quantidade
11	Esgotamento das águas subterrâneas	Gain, Giupponi e Wada (2016)	Disponibilidade	Quantidade
12	Acesso ao saneamento	Gain, Giupponi e Wada (2016)	Acessibilidade para serviços	Quantidade
13	Acesso a água potável	Gain, Giupponi e Wada (2016)	Acessibilidade para serviços	Quantidade
14	Indice de qualidade da água	Gain, Giupponi e Wada (2016)	Segurança e Qualidade	Quantidade
15	Indice de frequência de inundações	Gain, Giupponi e Wada (2016)	Segurança e Qualidade	Quantidade
16	Indice de governança mundial	Gain, Giupponi e Wada (2016)	Gerenciamento	Quantidade
17	Estrutura legal transfronteiriça	Gain, Giupponi e Wada (2016)	Gerenciamento	Qualidade
18	Política transfronteiriça	Gain, Giupponi e Wada (2016)	Gerenciamento	Qualidade
19	Produtividade Agronômica da Terra	Van Oel *et al.* (2019)		Quantidade
20	Eficiência de irrigação	Van Oel *et al.* (2019)		Quantidade
21	Produtividade Econômica da Terra	Van Oel *et al.* (2019)		Quantidade
22	Contas Hídricas ao Nível da Bacia	Van Oel *et al.* (2019)		Quantidade
23	Produtividade Econômica da água	Van Oel *et al.* (2019)		Quantidade
24	Produção agrícola	Van Oel *et al.* (2019)		Quantidade
25	Pegada Hídrica de pessoas/nações	Van Oel *et al.* (2019)		Quantidade
26	Transferência virtual da água	Van Oel *et al.* (2019)		Quantidade
27	Consumo da água	Mega e Pedersen (1998)		Quantidade
28	Participação Cidadã	Mega e Pedersen (1998)		Quantidade
29	Abastecimento de água	Comissão Europeia (2003), OCDE (2004)		Qualidade
30	Corpos de água	Comissão Europeia (2003), OCDE (2004)		Qualidade
31	Produção para o consumo e descarte	Comissão Europeia (2003),		Quantidade

		OCDE (2004)		
32	Intensidades de geração de resíduos municipais	Comissão Europeia (2003), OCDE (2004)		Quantidade
33	Taxas de ligação de tratamento de águas residuais	Comissão Europeia (2003), OCDE (2004)		Quantidade
34	Intensidade de uso de recursos hídricos	Comissão Europeia (2003), OCDE (2004)		Quantidade
35	Taxa de Urbanização	WDPI	Pressão	Quantidade
36	Retirada de água	WDPI	Pressão	Quantidade
37	Escassez de água	WDPI	Pressão	Quantidade
38	Vulnerável ao risco de Poluição	WDPI	Pressão	Qualidade
39	Pressão econômica	WDPI	Pressão	Qualidade
40	Qualidade da água superficial	WDPI	Estado	Qualidade
41	Qualidade da água subterrânea	WDPI	Estado	Qualidade
42	Área de cobertura do abastecimento de água	WDPI	Estado	Quantidade
43	Área de cobertura do tratamento de efluentes	WDPI	Estado	Quantidade
44	Disponibilidade de águas residuárias tratadas	WDPI	Resposta	Quantidade
45	Capacidade de escoamento superficial	WDPI	Resposta	Quantidade
46	Potencial de reaproveitamento da cidade	WDPI	Resposta	Quantidade
47	Eficiência econômica	WDPI	Resposta	Quantidade
48	Recuperação de recursos	WDPI	Resposta	Quantidade
49	Potencial de recarga da cidade	WDPI	Resposta	Quantidade
50	Gestão e planejamento de ações	WDPI	Resposta	Qualidade
51	Aceitabilidade pública	WDPI	Resposta	Sim ou não
52	Participação pública	WDPI	Resposta	Sim ou não
53	Crescimento demográfico	Araújo, Ribeiro e Braga (2019)	Força Motriz	Quantidade
54	Desenvolvimento socioeconômico	Araújo, Ribeiro e Braga (2019)	Força Motriz	Quantidade
55	Mudanças climáticas	Araújo, Ribeiro e Braga (2019)	Força Motriz	Qualidade
56	Demanda hídrica urbana	Araújo, Ribeiro e Braga (2019)	Pressão	Quantidade
57	Demanda hídrica para irrigação	Araújo, Ribeiro e Braga (2019)	Pressão	Quantidade
58	Demanda hídrica para pecuária	Araújo, Ribeiro e Braga (2019)	Pressão	Quantidade
59	Qualidade hídrica	Araújo, Ribeiro e Braga (2019)	Estado	Qualidade
60	Disponibilidade hídrica superficial	Araújo, Ribeiro e Braga (2019)	Estado	Quantidade
61	Conflito hídrico	Araújo, Ribeiro e Braga (2019)	Impacto	Sim ou não
62	Escassez hídrica	Araújo, Ribeiro e Braga (2019)	Impacto	Sim ou não
63	Risco de não atendimento a demanda	Araújo, Ribeiro e Braga (2019)	Impacto	Sim ou não
64	Instrumentos da Lei nº9433/97	Araújo, Ribeiro e Braga (2019)	Resposta	Quantidade

65	Alocação de água	Araújo, Ribeiro e Braga (2019)	Resposta	Sim ou não
66	SIGRH	Araújo, Ribeiro e Braga (2019)	Resposta	Sim ou não
67	Ampliação do Sistema de Abastecimento	Araújo, Ribeiro e Braga (2019)	Resposta	Sim ou não
68	Existência de programas de redução do consumo, desperdício ou reuso de água.	Silva e Candido (2016)	Ambiental	Sim ou não
69	Monitoramento da qualidade da água	Silva e Candido (2016)	Ambiental	Qualidade
70	Existem áreas preservadas, recuperadas ou em processo de recuperação.	Silva e Candido (2016)	Ambiental	Sim ou não
71	Existe programa orientado de interpretação em educação ambiental ou cultural.	Silva e Candido (2016)	Ambiental	Sim ou não
72	Existem associações de grupos ambientalistas na localidade.	Silva e Candido (2016)	Ambiental	Sim ou não
73	Geração de Emprego e Renda	Silva e Candido (2016)	Econômica	Qualidade
74	Capacitação e apoio técnico	Silva e Candido (2016)	Institucional	Sim ou não
75	Participação da comunidade local na elaboração e gestão de planos	Silva e Candido (2016)	Institucional	Sim ou não

ANEXO C – Painel de Dimensões com os Indicadores de Desenvolvimento Sustentável do IBGE 2015

DIMENSÃO	TEMAS	SUBTEMAS
Ambiental	Atmosfera	Emissão de origem antrópica dos gases associados ao efeito estufa
		Consumo industrial de substâncias destruidoras da camada de ozônio
		Concentração de poluentes em áreas urbanas
	Terra	Uso de fertilizantes
		Uso de agrotóxicos
		Terras em uso agrossilvipastoril
		Queimadas e incêndios florestais
		Desflorestamento na Amazônia Legal
		Desflorestamentos nos biomas extra-amazônicos
	Água Doce	Qualidade de águas interiores
	Oceanos, Mares e Águas costeiras	Balneabilidade
		População residente em áreas costeiras
	Biodiversidade	Espécies extintas e ameaçadas de extinção
		Áreas protegidas
		Espécies invasoras
	Saneamento	Acesso a sistemas de abastecimento de água
		Acesso a esgotamento sanitário
		Acesso a serviço de coleta de lixo doméstico
		Tratamento de esgoto
Social	População	Taxa de crescimento da população
		Taxa de fecundidade total
		Razão de dependência
	Trabalho e Rendimento	Índice de Geni da distribuição do rendimento
		Taxa de desocupação
		Rendimento domiciliar per capita
		Rendimento médio mensal
		Mulheres em trabalhos formais
	Saúde	Esperança de vida ao nascer
		Taxa de mortalidade infantil
		Prevalência de desnutrição total
		Imunização contra doenças infecciosas infantis
		Oferta de serviços básicos de saúde Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado Taxa de incidência de AIDS

DIMENSÃO	TEMAS	SUBTEMAS
Social	Educação	Taxa de frequência escolar
		Taxa de alfabetização
		Taxa de escolaridade de população adulta
	Habitação	Adequação de moradia
	Segurança	Coeficiente de mortalidade por homicídios
		Coeficiente de mortalidade por acidentes de transporte
Econômico	Quadro Econômico	Produto interno Bruto (PIB) per capita
		Taxa de investimento
		Balança comercial
		Grau de endividamento
	Padrões de Produção e Consumo	Consumo de energia per capita
		Intensidade energética
		Participação de fontes renováveis na oferta de energia
		Consumo mineral per capita
		Vida útil das reservas petróleo e gás natural
		Reciclagem
		Rejeitos radioativos
Institucional	Quadro Institucional	Ratificação de acordos globais
		Legislação ambiental
		Conselhos Municipais de Meio Ambiente
		Comitês de Bacias Hidrográficas
		Organização da sociedade civil
	Capacidade Institucional	Gastos com Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)
		Fundo Municipal de Meio Ambiente
		Acesso ao serviço de telefonia
		Acesso à internet
		Agenda 21 local
		Patrimônio cultural
		Articulações interinstitucionais dos municípios