



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Sorocaba

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

Ciências Ambientais

PETRONIO SILVA DE OLIVEIRA

**PROPOSIÇÃO DE ÍNDICE PARA AVALIAÇÃO DE VULNERABILIDADES NOS
SISTEMAS PÚBLICOS MUNICIPAIS DE INFORMAÇÕES AMBIENTAIS COM
MODELAGEM FUZZY**

SOROCABA

2025

PETRONIO SILVA DE OLIVEIRA

**PROPOSIÇÃO DE ÍNDICE PARA AVALIAÇÃO DE VULNERABILIDADES NOS
SISTEMAS PÚBLICOS MUNICIPAIS DE INFORMAÇÕES AMBIENTAIS COM
MODELAGEM FUZZY**

Tese apresentada como requisito para a obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” na Área de Concentração Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental

Orientador: Prof. Dr. José Arnaldo Frutuoso Roveda

SOROCABA

2025

O48p	Oliveira, Petronio Silva de Proposição de índice para avaliação de vulnerabilidades nos sistemas públicos municipais de informações ambientais com modelagem fuzzy / Petronio Silva de Oliveira. -- Sorocaba, 2025 255 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba Orientador: José Arnaldo Frutuoso Roveda 1. Modelagem de informações. 2. Sistemas de recuperação da informação - Ciência. 3. Desenvolvimento sustentável. 4. Comunicação na administração pública. I. Título.
------	---

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Esta tese apresenta as vulnerabilidades que podem existir na Gestão Ambiental pública Municipal, por meio dos indicadores avaliados nos Sistemas Públicos de Informações Ambientais. É construída uma metodologia baseada em Sistemas de Inferência Fuzzy para avaliação desses sistemas ao qual resulta em um índice que separa em diferentes níveis, cada administração local. A promoção do desenvolvimento sustentável demanda por informações precisas e atualizadas sobre o meio ambiente. A partir desse modelo desenvolvido, é possível sensibilizar quais informações e tecnologias são necessárias para a efetiva participação da sociedade na gestão da sua região. O índice final de vulnerabilidade criado, visa promover um estímulo à inovação e uso de novas tecnologias para solucionar problemas ambientais por parte da administração pública.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

This thesis presents vulnerabilities that may exist in municipal public environmental management through the indicators evaluated in Public Environmental Information Systems. A methodology based on Fuzzy Inference Systems is developed to assess these systems, resulting in an index that categorizes each local administration into different levels. The promotion of sustainable development requires accurate and up-to-date environmental information. Thus, with this developed model, it is possible to identify which information and technologies are necessary for the effective participation of society in the management of its region. The final vulnerability index created aims to encourage innovation and the use of new technologies to address environmental issues within public administration.

IMPACTO POTENCIAL DE ESTA INVESTIGACIÓN

Esta tesis presenta las vulnerabilidades que pueden existir en la Gestión Ambiental pública Municipal a través de indicadores evaluados en los Sistemas de Información Ambiental Pública. Para evaluar estos sistemas se construye una metodología basada en Sistemas de Inferencia Difusa, lo que da como resultado un índice que separa cada administración local en diferentes niveles. Promover el desarrollo sostenible exige información precisa y actualizada sobre el medio ambiente. Así, a partir de este modelo desarrollado, es posible generar conciencia sobre qué informaciones y tecnologías son necesarias para la participación efectiva de la sociedad en la gestión de su región. El índice de vulnerabilidad final creado pretende fomentar la innovación y el uso de nuevas tecnologías para resolver problemas ambientales por parte de la administración pública.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: PROPOSIÇÃO DE ÍNDICE PARA AVALIAÇÃO DE VULNERABILIDADES NOS SISTEMAS PÚBLICOS MUNICIPAIS DE INFORMAÇÕES AMBIENTAIS COM MODELAGEM FUZZY

AUTOR: PETRONIO SILVA DE OLIVEIRA

ORIENTADOR: JOSE ARNALDO FRUTUOSO ROVEDA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Ciências Ambientais, área: Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental pela Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **JOSE ARNALDO FRUTUOSO ROVEDA**
Data: 27/02/2025 11:33:05-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. JOSE ARNALDO FRUTUOSO ROVEDA (Participação Virtual)

Departamento de Engenharia Ambiental / Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Câmpus de Sorocaba

Documento assinado digitalmente
 **JOSE LAECIO DE MORAES**
Data: 26/02/2025 18:03:50-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. JOSÉ LAÉCIO DE MORAES (Participação Virtual)

Universidade Regional do Cariri – URC


UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

Assinado de forma digital por Darllan
Collins da Cunha e Silva:22397267845
Dados: 2025.02.26 18:00:36 -03'00'

Prof. Dr. DARLLAN COLLINS DA CUNHA E SILVA (Participação Virtual)

Departamento de Engenharia Ambiental / Unesp - Campus Sorocaba

**FRANCISCO GLESON DOS
SANTOS MOREIRA:01849073309**

Assinado de forma digital por FRANCISCO
GLESON DOS SANTOS MOREIRA:01849073309
Dados: 2025.02.26 18:14:05 -03'00'

Dr. FRANCISCO GLESON DOS SANTOS MOREIRA (Participação Virtual)

Autarquia Municipal de Meio Ambiente de Juazeiro do Norte/ Fiscalização Ambiental



Documento assinado digitalmente

WILLIAM DANTAS VICHETE

Data: 26/02/2025 19:50:21-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. WILLIAM DANTAS VICHETE (Participação Virtual)

Departamento de Engenharia Ambiental / Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Instituto de
Ciência e Tecnologia de Sorocaba - Câmpus Sorocaba

Sorocaba, 26 de fevereiro de 2025

Dedico esta tese, especialmente, às minhas filhas, Hélen e Laís Pietra, à minha mãe, Maria das Neves, ao meu pai, Eudes Alves e à minha esposa, Magnólia.

AGRADECIMENTOS

Durante todo esse percurso, ocorreram inúmeros momentos fundamentais para o avanço e o sucesso dessa pesquisa. Inicialmente, quero agradecer ao meu professor orientador, Dr. José Arnaldo Frutuoso Roveda, pelo apoio para tornar possível nortear e ajustar melhor as minhas ideias, bem como permitir uma maior liberdade no sentido do desenvolvimento da pesquisa e, sobretudo, no espírito de permitir o sucesso dos objetivos diretos e indiretos desse projeto. Destaco a sua metodologia de trabalho, que proporcionou uma motivação extra, sobretudo no acompanhamento e *feedback* nas dúvidas que surgiram ao longo do desenvolvimento da tese.

Agradeço a professora Profa. Dra. Sandra Roveda, pelos primeiros avanços e abertura no desenvolvimento desse tema, bem como no acompanhamento e colaboração nas reuniões. Aos professores da banca, que desde a qualificação, contribuíram grandemente no melhoramento do trabalho; o Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva; o Prof. Dr. José Laécio de Moraes; o Dr. Francisco Gleson dos Santos Moreira e o Prof. Dr. William Dantas Vichete.

Importante, também, agradecer a secretaria do curso de Pós-graduação em Ciências Ambientais, da coordenação, bem como dos assessores, pelo empenho, dedicação e celeridade no atendimento das demandas que foram solicitadas.

Aos caríssimos, Kelton Medeiros, Ulisses Costa também, Rafael Cardoso e Tiago Cartaxo, pela motivação e troca de ideias constantes. A Mestranda Lidiane, na época, hoje mestre, que foi fundamental para permanecer ativo na pesquisa sem recuar. Ao Mestrando e, hoje, doutorando em Ciências Ambientais, na UNESP, Jonilson, conjuntamente com o também doutorando Arthur que desenvolvemos diversos trabalhos indiretos da tese.

Agradeço aos colaboradores, na parte estética, Lucivania Gomes da Silva, quem ajudou no *designer* das figuras, e Prof. Dr. José Carlos Redson na revisão ortográfica e da padronização com as normas da ABNT.

Agradeço, ainda, o incentivo da Superintendência Estadual de Meio Ambiente do Ceará (SEMACE), especialmente o Superintendente, Carlos Alberto, os Diretores Samuel Freire, Gabriel Santana e o atual, Cícero França, pelo apoio incondicional.

Agradeço aos principais atores sociais que fizeram parte da pesquisa, que me ensinaram tantas coisas novas, desde conhecimento que foram totalmente oriundos do senso comum, como aqueles de fundamento científico, a todos os especialistas, especialmente: Cinara, Rodrigo; Tiago Bessa; Rafael; Mariângela; Anna Eduarda, Anderson, Heliana, Jaqueline, Wasley e Teobaldo.

E finalmente, agradeço aos meus familiares e amigos, que transmitiram energias de boa vontade e desejo de boa sorte para esse projeto.

“Suspeita-se que é na informação onde se
revela a verdade última.”

Professora Dra. Suely Figueiredo
Pesquisadora da Universidade Federal de
Tocantins em Ética da Informação

OLIVEIRA, Petronio Silva de. **Proposição de índice para avaliação de vulnerabilidades nos sistemas públicos municipais de informações ambientais com modelagem fuzzy.** 2025. 255 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 2025.

RESUMO

A substituição das atividades intermediadas e movimentadas fisicamente por procedimentos digitais, tem ocorrido ao longo das últimas décadas. Esse processo de informatização e automação dos sistemas gerenciais apresenta um grande potencial para promover a sustentabilidade nas ações da administração pública e ambiental. Nesse contexto, emerge um novo paradigma para a avaliação da conformidade dessas atividades. Os sistemas públicos de informações ambientais desempenham um papel essencial na gestão ambiental em nível municipal. No entanto, a falta de integração de dados, a não adoção de tecnologias disponíveis, a indisponibilidade de informações e a deficiência na transparência comprometem sua efetividade, dificultando a tomada de decisões, fundamentadas em dados com maior precisão e confiabilidade. Diante desse cenário, o objetivo deste estudo foi desenvolver um índice para avaliar os sistemas públicos de informações ambientais dos órgãos ambientais locais, responsáveis pelo monitoramento, licenciamento e fiscalização ambiental em relação às ferramentas de acesso, sistematização da informação, integração de dados, produção da informação e transparência na gestão dos recursos naturais, utilizando a Teoria dos Conjuntos Fuzzy. A pesquisa foi conduzida em diversas etapas, incluindo: caracterização do objeto de estudo; identificação de critérios relevantes; elaboração de questionários para a seleção de indicadores e fuzzificação; consulta a especialistas para avaliação da qualidade dos indicadores; definição das variáveis de entrada; estabelecimento do Sistema Baseado em Regras Fuzzy; definição das variáveis de saída; novas consultas a especialistas na etapa de fuzzificação; defuzzificação; geração do índice de vulnerabilidade e, por fim, a automação no ambiente Matrix Laboratory (MATLAB). O Sistema Fuzzy desenvolvido, foi do tipo Mamdani, considerando as seguintes variáveis: redução de emissões de carbono equivalente (CO_2eq); resolução espacial; resolução temporal; facilidade de acesso aos dados; validação automática; automatização de processos e procedimentos; alimentação do Sistema Nacional de Informações sobre Meio Ambiente; banco de dados ambientais compartilhado; cobertura territorial; informações sobre proteção ambiental; educação ambiental informacional; armazenamento em banco de dados; dados disponibilizados; implementação do sistema público de informações ambientais e relatório anual ambiental. Dessa forma, obteve-se um índice que demonstrou funcionalidade após a análise de 74 (setenta e quatro) cenários de vulnerabilidades dos sistemas públicos de informações ambientais locais, classificando-os em cinco categorias: Péssimo, Ruim, Regular, Bom e Ótimo.

PALAVRAS-CHAVE: Tecnologia da Informação para proteção ambiental. Indicadores de vulnerabilidade. Transparência em matéria ambiental. Integração de Dados Ambientais.

ABSTRACT

The replacement of physically mediated and conducted activities with digital procedures has been occurring over the past decades. This process of informatization and automation of management systems presents significant potential for promoting sustainability in public and environmental administration actions. In this context, a new paradigm emerges for assessing the compliance of these initiatives. Public environmental information systems play an essential role in municipal environmental management. However, the lack of data integration, the non-adoption of available technologies, the unavailability of information, and deficiencies in transparency compromise their effectiveness, hindering decision-making based on more accurate and reliable data. Given this scenario, the objective of this study was to develop an index to assess the public environmental information systems of local environmental agencies responsible for monitoring, licensing, and environmental inspection concerning tools for access, information systematization, data integration, information production, and transparency in the management of natural resources, using Fuzzy Set Theory. The research was conducted in several stages, including: characterization of the study object; identification of relevant criteria; development of questionnaires for the selection of indicators and fuzzification; consultation with experts to evaluate the quality of indicators; definition of input variables; establishment of the Fuzzy Rule-Based System; definition of output variables; further consultations with experts in the fuzzification stage; defuzzification; generation of the vulnerability index, and finally, automation in the Matrix Laboratory (MATLAB) environment. The developed Fuzzy System was of the Mamdani type, considering the following variables: reduction of equivalent carbon emissions (CO₂eq), spatial resolution, temporal resolution, ease of data access, automatic validation, automation of processes and procedures, feeding into SINIMA, shared environmental database, territorial coverage, information on environmental protection, informational environmental education, database storage, available data, implementation of the public environmental information system, and annual environmental report. Thus, an index was obtained that demonstrated functionality after analyzing 74 (seventy-four) scenarios of vulnerabilities in local public environmental information systems, classifying them into five categories: Poor, Bad, Regular, Good, and Excellent.

KEYWORDS: Information Technology for Sustainability. Vulnerability Indicators. Environmental Transparency. Environmental Data Integration.

RESUMEN

La sustitución de actividades mediadas y realizadas físicamente por procedimientos digitales ha estado ocurriendo durante las últimas décadas. Este proceso de informatización y automatización de los sistemas de gestión presenta un gran potencial para promover la sostenibilidad en las acciones de la administración pública y ambiental. En este contexto, surge un nuevo paradigma para evaluar la conformidad de estas iniciativas. Los sistemas públicos de información ambiental desempeñan un papel esencial en la gestión ambiental municipal. Sin embargo, la falta de integración de datos, la no adopción de tecnologías disponibles, la indisponibilidad de información y las deficiencias en transparencia comprometen su efectividad, dificultando la toma de decisiones basada en datos más precisos y confiables. Ante este escenario, el objetivo de este estudio fue desarrollar un índice para evaluar los sistemas públicos de información ambiental de los organismos ambientales locales responsables del monitoreo, licenciamiento e inspección ambiental en relación con las herramientas de acceso, sistematización de la información, integración de datos, producción de información y transparencia en la gestión de los recursos naturales, utilizando la Teoría de Conjuntos Fuzzy. La investigación se llevó a cabo en varias etapas, que incluyeron: caracterización del objeto de estudio; identificación de criterios relevantes; elaboración de cuestionarios para la selección de indicadores y fuzzificación; consulta con expertos para evaluar la calidad de los indicadores; definición de las variables de entrada; establecimiento del Sistema Basado en Reglas Fuzzy; definición de las variables de salida; nuevas consultas a expertos en la etapa de fuzzificación; defuzzificación; generación del índice de vulnerabilidad y, finalmente, automatización en el entorno de Matrix Laboratory (MATLAB). El Sistema Fuzzy desarrollado fue del tipo Mamdani, considerando las siguientes variables: reducción de emisiones de carbono equivalente (CO_2eq), resolución espacial, resolución temporal, facilidad de acceso a los datos, validación automática, automatización de procesos y procedimientos, alimentación del SINIMA, base de datos ambientales compartida, cobertura territorial, información sobre protección ambiental, educación ambiental informacional, almacenamiento en base de datos, datos disponibles, implementación del sistema público de información ambiental e informe ambiental anual. De este modo, se obtuvo un índice que demostró funcionalidad tras el análisis de 74 (setenta y cuatro) escenarios de vulnerabilidades de los sistemas públicos de información ambiental locales, clasificándolos en cinco categorías: Deficiente, Malo, Regular, Bueno y Excelente.

PALABRAS CLAVE: Tecnología de la Información para la Sostenibilidad. Indicadores de Vulnerabilidad. Transparencia Ambiental. Integración de Datos Ambientales.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Efeito Estufa antrópico	55
Figura 2	Curva crescente de Kelling da concentração do dióxido de carbono na atmosfera no ano de 2015	57
Figura 3	Curva crescente de Keeling da concentração de dióxido de carbono na atmosfera no ano de 2023	58
Figura 4	Etapas de Sistemas Baseados em Regras Fuzzy (SBRF)	62
Figura 5	Funções de Pertinência: (a) Triangular (b) Trapezoidal (c) Sigmoidal (d) função de Bell	63
Figura 6	Processos de um sistema Fuzzy	65
Figura 7	Fluxograma da construção metodológica	68
Figura 8	Representação Gráfica de um Conjunto FUZZY	101
Figura 9	Sistema Redução de Carbono Equivalente	117
Figura 10	Sistema resolução temporal	117
Figura 11	Sistema Resolução Espacial	118
Figura 12	Sistema Facilidade de Acesso	119
Figura 13	Validação automática	120
Figura 14	Automatização	120
Figura 15	Alimentação do SINIMA	122
Figura 16	Banco de dados ambientais compartilhado	122
Figura 17	Cobertura Territorial	123
Figura 18	Informações de proteção Ambiental	125
Figura 19	Educação Ambiental informacional	125
Figura 20	Armazenamento em banco de dados	126
Figura 21	Dados disponibilizados	127
Figura 22	Sistema Público de Informações Ambientais	128
Figura 23	Relatório anual ambiental	129

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Principais normas sobre acesso à informação	46
Quadro 2	Critérios de facilidade de uso para acesso a informação na internet	47
Quadro 3	Base de regras para o sistema Tecnologia	132
Quadro 4	Base de regras o índice final de Vulnerabilidade	133

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Potencial de aquecimento global dos principais gases de efeito estufa no horizonte de tempo	56
Tabela 2	Composição dos Sistemas de inferência	75
Tabela 3	Composição e domínios do Sistema Ferramentas de acesso	75
Tabela 4	Composição e domínios do subsistema Adesão tecnológica	76
Tabela 5	Composição e domínios do subsistema Abrangência	78
Tabela 6	Composição e domínios do subsistema Emissões de Carbono equivalente	79
Tabela 7	Composição e domínios da Sistematização de dados	84
Tabela 8	Composição e domínios do subsistema Automatização	84
Tabela 9	Composição e domínios do subsistema pré-validação de dados	86
Tabela 10	Composição e domínios do Sistema Integração de dados	88
Tabela 11	Composição e domínios do subsistema disponibilização	88
Tabela 12	Composição e domínios do subsistema Conectividade	90
Tabela 13	Composição e domínios do subsistema Compartilhamento	92
Tabela 14	Composição e domínios do Sistema Produção de dados	93
Tabela 15	Composição e domínios do subsistema Recursos humanos	94
Tabela 16	Composição e domínios do subsistema Geração de dados	95
Tabela 17	Composição e domínios do subsistema Periodicidade	95
Tabela 18	Composição e domínios do Sistema Transparência	96
Tabela 19	Composição e domínios do subsistema Publicidade	97
Tabela 20	Composição e domínios do subsistema Participação	98
Tabela 21	Composição e domínios do subsistema Detalhamento	99
Tabela 22	Atribuição de pesos dos especialistas	104
Tabela 23	Resultado quantitativo das ponderações dos especialistas para o sistema ferramentas de acesso	105
Tabela 24	Resultado final do sistema ferramentas de acesso	106
Tabela 25	Resultado quantitativo das ponderações dos especialistas para o sistema sistematização da informação	107
Tabela 26	Composição final do sistema Sistematização de dados	107
Tabela 27	Resultado quantitativo das ponderações dos especialistas para o sistema Integração de dados	109
Tabela 28	Composição final do sistema integração de dados	111
Tabela 29	Resultado quantitativo das ponderações dos especialistas para o sistema produção da informação	112
Tabela 30	Composição final do sistema produção da informação	113
Tabela 31	Resultado quantitativo das ponderações dos especialistas para o sistema transparência	113
Tabela 32	Composição final do sistema transparência	115
Tabela 33	Definição do conjunto fuzzy do sistema ferramentas de acesso	116
Tabela 34	Definição do conjunto fuzzy do sistema sistematização de dados	118
Tabela 35	Definição do conjunto fuzzy do sistema Integração de dados	121
Tabela 36	Definição do conjunto fuzzy do sistema Produção de dados	124
Tabela 37	Definição do conjunto fuzzy do sistema transparência	127
Tabela 38	Definição do conjunto fuzzy do sistema intermediário tecnologia	129

Tabela 39	Definição do conjunto fuzzy do sistema intermediário gestão	130
Tabela 40	Definição do conjunto fuzzy do sistema final Vulnerabilidade	131
Tabela 41	Cenários possíveis para Resultado Final do Índice de Vulnerabilidade	133
Tabela 42	Classificação para Resultado Final do Índice de Vulnerabilidade	134

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	= Processo Hierárquico Analítico
ANA	= Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
APA's	= Áreas de Proteção Ambiental
CAR	= Cadastro Ambiental Rural
Ceq	= Carbono equivalente
CH ₄	= Metano
CO ₂	= Dióxido de carbono ou gás carbônico
GEE	= Gases do Efeito Estufa
IBAMA	= Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICMBIO	= Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
ICMS	= Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
<i>In loco</i>	= on the spot \ no local especificado
IPCC	= Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
Local	= Unidade administrativa Municipal
MMA	= Ministério do Meio Ambiente
N ₂ O	= Óxido nitroso
O ₃	= Ozônio
ONU	= Organizações das Nações Unidas
PNLA	= Portal Nacional de Licenciamento Ambiental
Ppb	= parte por bilhão
Ppm	= parte por milhão
SBRF	= Sistema Baseado em Regras Fuzzy
SEMACE	= Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará
SFB	= Serviço Florestal Brasileiro
SIA	= Sistema de informações Ambientais
SIAL	= Sistema de Informações Ambientais Local
SIAM	= Sistema de Informação Ambiental do Mercosul
SIBEA	= Sistema Brasileiro de Informação sobre Educação Ambiental
SICAR	= Sistema de Cadastramento Ambiental Rural
SIGERCOM	= Sistema de Informação do Gerenciamento Costeiro e Marinho
SINAFLO	= Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos Florestais
SINIMA	= Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente
SINIR	= Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos
SISNAMA	= Sistema Nacional de Meio Ambiente
SNIS	= Sistema de Informações de Saneamento Básico do Brasil

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
1.1	Justificativa	28
1.2	Objetivos	31
1.2.1	Objetivo geral	31
1.2.2	Objetivos específicos	32
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	33
2.1	Análise Ambiental a partir de sistemas de informações ambientais com modelagem Fuzzy	33
2.1.1	Avaliação dos Sistemas de informações Ambientais	34
2.1.2	Sistemas de informações Ambientais e Sistemas públicos de informações ambientais	35
2.2	Funcionamento do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente dentro do Sistema Nacional de Meio Ambiente	36
2.2.1	Sistemas públicos de informação Ambiental Municipal	39
2.2.1.1	Políticas de Governança Municipal	41
2.2.1.2	Políticas Públicas e indicadores	43
2.3	Acesso à informação ambiental	44
2.3.1	Aspectos normativos relativos ao acesso à informação	45
2.3.2	Proteção de dados pessoais, de sigilo industrial e propriedade intelectual	48
2.4	Princípios do direito ambiental na garantia da informação ambiental	49
2.4.1	Princípio da Eficácia e Eficiência	51
2.4.2	Relação entre os Princípios da Informação e transparência	52
2.5	Tecnologia da Informação para sustentabilidade	53
2.5.1	Sistemas públicos de Informações Ambientais na promoção das Políticas de Mudanças Climáticas	54
2.6	Lógica fuzzy	60
2.6.1	Funções de Pertinência	61
2.6.2	Sistema Fuzzy Mamdani	62
2.6.2.1	Sistema Baseado em Regras Fuzzy	62
2.6.2.1.1	<i>Fuzzificação</i>	63
2.6.2.1.2	<i>Variáveis Linguísticas</i>	64
2.6.2.1.3	<i>Base de Regras</i>	64
2.6.2.1.4	<i>Inferência Fuzzy</i>	65
2.6.2.1.5	<i>Defuzzificação</i>	65
3	PERCURSO METODOLÓGICO	67
3.1	Caracterização do objeto de estudo	69
3.1.1	Elaboração de questionários	70
3.1.1.1	Questionário para seleção de indicadores	70
3.1.1.2	Questionário para Fuzzificação	71

3.2	Seleção dos indicadores	71
3.2.1	Identificação dos critérios relevantes	72
3.2.2	Consulta aos especialistas sobre qualidade dos indicadores	73
3.3	Definição das Variáveis de entrada	74
3.3.1	Sistema I: Ferramentas de acesso	75
3.3.1.1	Subsistema Adesão Tecnológica	76
3.3.1.2	Subsistema abrangência	78
3.3.1.3	Subsistema Redução das Emissões de Carbono Equivalente	79
3.3.1.3.1	Cálculo das Emissões de Carbono Equivalente da administração ambiental local	80
3.3.1.3.2	Queima de combustíveis em fontes móveis	80
3.3.1.3.3	Queima de combustíveis em fontes fixas	81
3.3.1.3.4	Consumo de Energia Elétrica	81
3.3.1.3.5	Emissões pela geração de Resíduos Sólidos	82
3.3.1.3.6	Emissões de GEE provenientes de biomassa	83
3.3.1.3.7	Consumo de água	83
3.3.2	Sistema II: Sistematização de dados	84
3.3.2.1	<i>Subsistema automatização</i>	84
3.3.2.2	<i>Subsistema pré-validação de dados</i>	86
3.3.3	Sistema III: Integração de dados	87
3.3.3.1	Subsistema disponibilização	88
3.3.3.2	Subsistema conectividade	90
3.3.3.3	Subsistema compartilhamento	91
3.3.4	Sistema IV: Produção da informação	93
3.3.4.1	Subsistema recursos humanos	93
3.3.4.2	Subsistema geração de dados	94
3.3.4.3	Subsistema periodicidade	93
3.3.5	Sistema V: Transparência	96
3.3.5.1	Subsistema publicidade	97
3.3.5.2	Subsistema participação	97
3.3.5.3	Subsistema detalhamento	99
3.4	Estabelecimento do Sistema Baseado em Regras Fuzzy	99
3.5	Definição das Variáveis de Saída	100
3.5.1	Consultas aos especialistas	101
3.6	Defuzzificação	102
3.7	Automação do Sistema no MATLAB	102
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	103
4.1	Seleção dos indicadores a partir dos dados coletados dos especialistas	103
4.1.1	Sistema I: Ferramentas de acesso	104
4.1.2	Sistema II: Sistematização da informação	106
4.1.3	Sistema III: Integração de dados	108
4.1.4	Sistema IV: Produção da informação	112
4.1.5	Sistema VI: Transparência	113
4.2	Definição dos Conjuntos Fuzzy	116

4.2.1	Sistema I: Ferramentas de acesso	116
4.2.2	Sistema II: Sistematização de dados	118
4.2.3	Sistema III: Integração de dados	121
4.2.4	Sistema IV: Produção de informação	123
4.2.5	Sistema V: Transparência	126
4.2.6	Regras para o Sistema Final Vulnerabilidade	129
4.3	Definição de Regras dos Conjuntos Fuzzy	131
4.4	Regras para a constituição do Índice final de Vulnerabilidade	133
4.5	Automação do método no MATLAB	135
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	137
5.1	Considerações finais	137
5.2	Recomendações e sugestões para pesquisas e aplicações futuras	140
5.2.1	Avançar em pesquisas para criação de indicadores a realidade da Administração Pública Estadual e Nacional	140
5.2.2	Estudo de Caso com aplicação desse método ao Município de Sorocaba/SP	140
5.2.3	Desenvolvimento de Algoritmo para automação do Sistema no R Studio, Python e GNU Octave	141
5.2.4	Verificar o índice de vulnerabilidade dos Sistemas Municipais de Informação dos entes federados que compõem a região metropolitana do Cariri cearense	141
5.2.5	Revisão das dimensões do Sistema Nacional de Informações Ambientais e sua implementação tardia	141
	REFERÊNCIAS	142
	GLOSSÁRIO	156
	APÊNDICE A: Questões do Formulário aplicado para seleção de indicadores para o sistema Ferramentas de acesso	163
	APÊNDICE B: Questões do Formulário aplicado para seleção de indicadores para o sistema Sistematização de dados	171
	APÊNDICE C: Questões do formulário aplicado para seleção de indicadores para o sistema Integração de dados	177
	APÊNDICE D: Questões do formulário aplicado para seleção de indicadores para o sistema produção de dados	182
	APÊNDICE E: Questões do formulário aplicado para seleção de indicadores para o sistema transparência	188
	APÊNDICE F: Apresentação inicial etapa de fuzzificação – Parte I	193
	APÊNDICE G: Apresentação inicial etapa de fuzzificação – Parte II	194
	APÊNDICE H: Consulta na etapa de fuzzificação	195
	APÊNDICE I: Script para cálculo do sistema Fuzzy automatizado no MATLAB	210
	APÊNDICE J: Script para normalização do sistema com 7(sete) saídas dentro MATLAB	225
	APÊNDICE K: Script para normalização do sistema com 5(cinco) saídas dentro do MATLAB	226
	APÊNDICE L: Cenários dos resultados do Índice Final de Vulnerabilidade da Gestão Ambiental Local do Sistema Ferramentas de acesso	227

APÊNDICE M: Cenários dos resultados do Índice Final de Vulnerabilidade da Gestão Ambiental Local do Sistema Sistematização de dados	229
APÊNDICE N: Cenários dos resultados do Índice Final de Vulnerabilidade da Gestão Ambiental Local do Sistema Integração de dados	231
APÊNDICE O: Cenários dos resultados do Índice Final de Vulnerabilidade da Gestão Ambiental Local do Sistema Produção de dados	233
APÊNDICE P: Cenários dos resultados do Índice Final de Vulnerabilidade da Gestão Ambiental Local do Sistema Transparência	235
APÊNDICE Q: Cenários dos resultados do Índice Final de Vulnerabilidade da Gestão Ambiental Local: unificação dos sistemas	237
APÊNDICE R: Base de regras para sistema ferramentas de acesso	239
APÊNDICE S: Base de regras para sistema sistematização de dados	241
APÊNDICE T: Base de regras para sistema sistematização Integração de dados	243
APÊNDICE U: Base de regras para sistema Produção da informação	245
APÊNDICE V: Base de regras para sistema Transparência	247
APÊNDICE W: Base de regras para sistema intermediário Gestão	249
APÊNDICE X: Resultado completo quantitativo das ponderações dos especialistas para o sistema ferramentas de acesso	251
APÊNDICE Y: Base de valores numéricos para cálculo proporcional dos sistemas intermediários	252
APÊNDICE Z: Formulário para coleta de dados para cômputo do índice de vulnerabilidade nos órgãos ambientais locais.	253
APÊNDICE AB: Check List de verificação de facilidade de acesso aos dados	255

1 INTRODUÇÃO

As informações ambientais desempenham um papel essencial na mitigação de crises ecológicas e na promoção do desenvolvimento sustentável. No entanto, diversos obstáculos, como a comunicação deficiente, o acesso público limitado, a falta de integração entre os sistemas e a sobrecarga de informações, comprometem tanto o compartilhamento quanto a recuperação de dados pela sociedade (Maia; Santos, 2022). Essa problemática é agravada pela desconexão entre os sistemas de informação e as realidades das populações afetadas pelas políticas ambientais (Tavares; Freire, 2003).

A utilização de informações precisas e atualizadas sobre o ambiente, torna-se crucial para a proteção da qualidade ambiental. Avaliar os sistemas públicos de informações ambientais locais, é relevante, pois estes sistemas desempenham um papel fundamental na coleta, processamento e disseminação das informações que embasam as ações voltadas para o enfrentamento dos desafios da sustentabilidade, que iniciam no âmbito local e, cumulativamente, atingem uma escala global.

Diante do momento de complexa crise ambiental, sobretudo, na gestão pública, fica clara a necessidade do avanço na transparência das ações governamentais. A tomada de decisão, sem a participação efetiva da sociedade, por falta de informações ambientais, agrava os problemas socioambientais, como desmatamento, desertificação, destinação inadequada de resíduos sólidos, ausência de saneamento básico, poluição dos solos, contaminação dos lençóis freáticos, dentre outros, que precisam ser considerados na avaliação da qualidade ambiental de um determinado local.

Os contextos ambientais são múltiplos e os problemas e métodos de resolução são variados. As poluições e degradações dos biomas brasileiros ocorrem em escalas distintas, na medida em que variam entre a macro, média e microescala, alterando a qualidade ambiental que, forçosamente, devem ser contidos em níveis de conformidade com as Ciências e a legislação ambiental (Barbosa e Barbosa, 2014). Assim, os sistemas de informações podem favorecer no monitoramento das ações, tanto pela sociedade, quanto pelos órgãos de controle.

A informatização e a automação dos processos gerenciais vêm avançando enormemente na iniciativa privada, no entanto, o setor público brasileiro não acompanha a mesma velocidade. De acordo com Fraga *et al* (2008), o setor público sofre uma forte pressão para melhorar suas condições de produção de informação, sob argumentos do aumento da sua eficiência e transparência. No entanto, as etapas para o avanço são lentas, devido às diversas forças de interesses em torno desse capital social ligado à administração dos recursos naturais. Quando os saberes são sistematizados, selecionando bons indicadores, possibilita-se o fortalecimento da gestão ambiental, agregando e quantificando informações de forma mais clara e próxima da realidade (Bellen, 2005). Para um sistema de gestão eficaz, é necessária a utilização de dados atualizados e com qualidade, tais como indicadores que promovam as boas práticas relevantes, no sentido da sustentabilidade, que significa a presença da participação cidadã, eficácia, publicidade, transparência, dentre outros.

Quando se fala em sistemas públicos de informações, não está se referindo apenas aos aplicativos ou *softwares*, pois esses envolvem também, os atores sociais e a infraestrutura que o compõe. Cunha *et al* (2002) ainda ressalta que as decisões importantes em relação à gestão e aos recursos de informação, também envolvem quatro dimensões teóricas distintas: tecnologia, economia, organização e política.

As políticas devem considerar tecnologia, seus custos e benefícios, os efeitos nas organizações, mas as considerações políticas é que sobrepujam e terminam definindo a natureza única do setor público. Assim, fatores organizacionais, técnicos, legais e institucionais, devem ser considerados para ações mais ponderadas da administração daquilo que é público.

No entendimento de Polizio Junior (2012), o problema ambiental não é resolvido apenas nos seus impactos químico, físico ou biológico, mas trabalhando as questões éticas. A sustentabilidade de que o Brasil se ressente, é uma sustentabilidade moral. Antunes (2010) afirmou que quase toda a população e suas atividades econômicas, estão situadas no interior dos ecossistemas, sendo necessário estabelecer critérios capazes de assegurar a sustentabilidade dos mencionados ecossistemas sem que, no entanto, sejam vedadas atividades econômicas, sociais e recreativas lícitas. É

fundamental que todos os entes possuam um sistema de gestão de informações ambientais eficaz.

No final dos anos noventa, a gestão pública ambiental passou a ter maior ênfase no âmbito local e, com isso, uma maior autonomia foi direcionada aos municípios, sobretudo, com a publicação da resolução CONAMA nº 237, de 1997, que foi um importante passo na autonomia da gestão ambiental local, garantindo a avaliação dos impactos ambientais locais, causados pelos empreendimentos e, mais recentemente, a regulamentação das competências em matéria ambiental dos entes federativos, pela Lei Federal Complementar nº 140, em 2011. Esse fato foi muito relevante, pois segundo Nascimento (2008), é no município onde os problemas ambientais estão mais próximos da vida do cidadão. É fundamental que esses entes federativos possuam seus sistemas de informações ambientais que favoreçam a proteção ambiental.

Instituída pela Lei Federal nº 6938, de 21 de agosto de 1981, a Política Nacional do Meio Ambiente prevê, em seu artigo 9º, inciso VII, o Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente (SINIMA), como um de seus instrumentos (Brasil, 1981). Porém, é importante salientar que o Ministério de Meio Ambiente e mudança do Clima, é a plataforma apenas conceitual, que deveria ter como base a integração e o compartilhamento de informações entre os diversos sistemas existentes dentro do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA).

Aquele sistema é responsável pela gestão dessa informação ambiental, de acordo com a lógica da gestão ambiental, compartilhada entre três esferas de governo. Para Melo (2009), esse sistema foi criado como expressão do princípio democrático, que rege o direito ambiental, uma vez que a natureza dessa lei é democrática, oriundo dos movimentos populares. O princípio da democracia ou democrático, tem uma de suas vertentes, que é a informação a que todos têm direito de acesso a ela, a respeito de questões relacionadas à proteção ambiental.

Atualmente, através do SINIMA, é possível acessar dados do Portal Nacional de Licenciamento Ambiental (PNLA); dados do Cadastro Ambiental Rural (CAR) das propriedades rurais e urbanas, com características rurais em todo o território nacional brasileiro; do Sistema de Informação do Gerenciamento Costeiro e Marinho

(SIGERCOM); do Sistema Brasileiro de Informação sobre Educação Ambiental (SIBEA); e do Sistema de Informação Ambiental do Mercosul (SIAM).

Os integrantes do SISNAMA, principalmente, o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, com seus vinculados, como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA); o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO); a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e o Serviço Florestal Brasileiro (SFB), no cumprimento de suas atribuições estabelecidas, conduzem ações de monitoramento ao qual utiliza diversas fontes de dados ambientais.

No entanto, quando atuam de forma isolada, as instituições ficam restritas à busca de soluções para questões dentro de suas respectivas esferas de competência. Contudo, os impactos ambientais, especialmente aqueles relacionados ao clima, manifestam-se em locais específicos, mas possuem repercussões em escala global (Ferreira, 2016).

O número de instrumentos disponíveis para o desenvolvimento de políticas públicas de meio ambiente, é extenso, dentre os quais destacam-se as licenças, as taxas, os subsídios, o estabelecimento de padrões, os acordos voluntários, os sistemas de informação e os zoneamentos (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2016). Entretanto, segundo Marques (2012), embora a legislação seja profundamente debatida nos mais diversos fóruns de discussão, ainda não é compreendida em sua plenitude, de modo que a proteção ambiental, promovida pela Administração Pública, não é eficaz.

Nesse sentido, vários fatores promovem a vulnerabilidade na gestão dos recursos ambientais; por exemplo, a falta de transparência, a impunidade, a baixa remuneração e incentivos ausentes ou inadequados. Esses que estão diretamente ligadas às dimensões da sustentabilidade (Soto, 2002); (Chacon, 2007); (Veiga, 2009).

Com a instituição da Lei Federal Complementar nº 140, de 2011, foi regulamentada a competência comum entre a União, Estado, Distrito Federal e os municípios, bem como a fixação de normas de cooperação entre eles, reduzindo as superposições e conflitos de atuação (Brasil, 2011). Também, foi definido que caberia aos municípios, a competência para licenciar atividades de impacto ambiental local, bem como os localizados em unidades de conservação instituídas pelo município,

exceto em Áreas de Proteção Ambiental (APA's) e daquelas delegadas pelo Estado, por convênio ou qualquer outro instrumento legal. Entretanto, o município, para poder executar as suas competências de licenciamento, fiscalização e monitoramento ambiental, deverá possuir órgão ambiental capacitado (Brasil, 2011), o que implica que esse possua poucas vulnerabilidades. Essa gestão ambiental não pode estar em risco de comprometer a proteção do meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Este estudo propõe um índice de vulnerabilidade inovador, cujo principal diferencial reside na avaliação das vulnerabilidades, com base no fluxo informacional, em vez de utilizar os resultados físicos diretos. Além disso, o índice é fundamentado na modelagem Fuzzy, possibilitando uma abordagem mais precisa, flexível e adaptável às complexidades inerentes aos sistemas analisados.

Diferentemente dos modelos tradicionais, que se baseiam na lógica clássica binária – restrita a respostas dicotômicas do tipo "sim" ou "não" –, o método desenvolvido, considera múltiplos fatores simultaneamente, possibilitando a tradução de resultados complexos em categorias mais compreensíveis e representativas da realidade. Os sistemas públicos de informações ambientais desempenham um papel essencial na gestão ambiental municipal, no entanto, a falta de integração de dados, a não adoção de tecnologias disponíveis, a indisponibilidade de informações e a deficiência na transparência, comprometem sua efetividade, dificultando a tomada de decisões fundamentadas em dados com maior precisão e confiabilidade.

Nesse contexto, o desenvolvimento de um índice capaz de categorizar os órgãos ambientais locais com base em seus níveis de vulnerabilidade, proporciona à sociedade uma compreensão mais clara da realidade local em relação à proteção ambiental. Considera-se vulnerável a gestão que apresenta fragilidades no cumprimento da transparência na administração pública, na adesão limitada às tecnologias disponíveis e na disponibilização insuficiente de informações ambientais. Essas deficiências comprometem a participação social no monitoramento das políticas ambientais, resultando no descumprimento dos preceitos estabelecidos pela legislação ambiental brasileira e na negligência aos princípios fundamentais da ciência ambiental. Como consequência, a eficácia da proteção ambiental, é diretamente afetada, limitando a

capacidade dos órgãos responsáveis de atuar de forma preventiva e corretiva frente aos desafios ambientais contemporâneos.

1.1 Justificativa

Os diversos setores da sociedade, o Ministério Público e demais órgãos de controle, tais como as Controladorias e Tribunais de Contas, podem desenvolver inúmeras atividades e realizar recomendações aos órgãos ambientais, a partir dos sistemas de informações ambientais, pois esses dados devem estar vinculados às exigências legais, tais como a ordem de atendimento dos processos de licenciamento ambiental, disponibilidade da informação tratada ou com dados brutos, deturpação de conceitos como de *requisitos* por *condicionantes*, publicidade, dentre outros.

A mesma situação vale para as condicionantes de licença ambiental, quando o sistema não informa ou não possui campo de controle, deixando livre a validação da licença, mesmo em caso de não cumprimento por parte do empreendedor, ou um outro pré-requisito para emissão da licença ser transformado em uma condicionante de uma Licença Ambiental. A sistematização da informação possibilita o controle instantâneo dos processos, uma vez que a análise é realizada integralmente, a partir de dados tratados. Por outro lado, a ausência de dados sistematizados em uma plataforma estruturada e sem integração com bancos de dados, compromete a viabilidade do controle eficiente dessas informações.

Outro ponto a considerar, é quanto ao nível de tecnologia que já existe disponível para realizar as tarefas dentro das instituições públicas, especificamente, nos órgãos locais do SISNAMA. O parecer automático já está bem aceito, a exemplo do Sistema de Cadastramento Ambiental Rural (SICAR), que facilita o trabalho de análise, reduzindo o tempo que os técnicos passam em escritório, manuseando o computador, permitindo um ganho de qualidade em campo ou fazendo as análises. Aqui, caberia fazer apenas uma pequena diferenciação entre Parecer Técnico e Relatório Técnico, além de como ocorre esses procedimentos na prática. O primeiro é mais objetivo para se posicionar, mas ele é apenas sugestivo para o gestor; o segundo é mais abrangente, com mais detalhamento, a partir das abordagens solicitadas. O ganho técnico com esse

procedimento, no âmbito da análise, é enorme, pois o técnico obtém mais tempo para analisar o dado a ser inserido, ao invés de ficar confeccionando o texto do Parecer. Seria sair da base textual, subjetiva, para a base de dados, mais objetiva e verificável/auditável.

Outro ponto considerável, se refere ao fato de que, frequentemente, existam ferramentas disponíveis, que otimizam o trabalho, porém, o próprio órgão cria critérios físicos que levam a burocratização das ações dos servidores e/ou colaboradores. Como exemplo, tem-se o Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos Florestais (SINAFLOR), em que, apesar de toda a informação ser entregue, obrigatoriamente, em formato digital pelo interessado, em alguns órgãos ambientais integrantes do SISNAMA, exigem que esse interessado se apresente presencialmente, com os documentos comprobatórios.

A utilização do papel, ao invés de *softwares*, na realização dos procedimentos internos de forma física, possui incontáveis implicações insustentáveis: aumento da pegada ecológica por emissão direta ou indireta de carbono equivalente; exigência de espaços físicos cada vez maiores para arquivar a documentação dos processos; contribuição ao agravamento do efeito estufa; aumento da burocracia, o que implica na multiplicação de ações para se atingir o fim desejado; aumento dos custos do empreendedor, por meio de deslocamento irrelevante; aumento dos custos dos órgãos ambientais e, por conseguinte, da administração Pública e; retrabalho, prejudicando o tempo de estudo e análise das situações-problemas.

Os sistemas públicos de informações ambientais, funcionando adequadamente, podem proporcionar, principalmente: monitoramento dos biomas e demais componentes; participação efetiva da sociedade; fiscalização pelos órgãos de controle; fiscalização pela sociedade civil, individualmente ou coletivamente, tanto o cidadão comum como os atores sociais organizados, além de estudantes, institutos de pesquisa e universidades; incentivo ao desenvolvimento de pesquisas acadêmicas; maior transparência nas ações governamentais; monitorar a quantidade de resíduos perigosos gerados numa determinada região; acompanhar os produtos químicos perigosos transportados num determinado local; verificar a qualidade de determinado

corpo d'água; monitorar áreas desmatadas e com risco de perda de habitats além de outras incontáveis variáveis.

Torna-se tendência à informatização nos órgãos ambientais e, conseqüentemente, uma melhoria na participação da sociedade. No entanto, essas informações podem ser desvirtuadas dos objetivos da proteção efetiva, contextualizando apenas uma transição de um processo, exclusivamente físico, para um físico-virtual, em que não existe uma otimização das ações, nem atendimento aos princípios da administração pública. Ressalta-se, também, a tendência de as ações serem auto declaratórias para licenciamento ambiental. Assim, é fundamental criar uma metodologia para análise dos sistemas públicos de informações ambientais.

A falta de dados confiáveis impacta negativamente a proteção ambiental. Já existe a compreensão internacional da informação como necessidade essencial para participação pública, tal como o Acordo de Escazú, que ocorreu em 2018. O Brasil assinou o acordo em 2018, mas ainda não o ratificou. Apenas em 2023, o governo enviou ao congresso nacional para ratificação. Da mesma forma, já na década de noventa, na ECO-92 ou Cúpula da Terra, conferência da Organização das Nações Unidas (ONU) realizada no Rio de Janeiro, entre 3 e 14 de junho de 1992, foi afirmado através do princípio 10:

A melhor maneira de tratar as questões ambientais é com a participação de todos os cidadãos interessados, no nível relevante. No nível nacional, cada indivíduo deve ter acesso adequado às informações relativas ao meio ambiente de que dispõem as autoridades públicas, incluindo informações sobre materiais e atividades perigosas em suas comunidades, bem como a oportunidade de participar dos processos de tomada de decisões. Os Estados devem facilitar e incentivar a conscientização e a participação pública, tornando as informações amplamente disponíveis. O acesso efetivo aos processos judiciais e administrativos, inclusive às ações de reparação e aos recursos, deve ser garantido.

Os órgãos ambientais, por si só, não são capazes de resolver os problemas ambientais. Somente em conjunto com a sociedade, é possível alcançar uma gestão ambiental eficaz. A fiscalização, os órgãos de controle e o sistema judiciário, dependem da participação ativa da cidadania para garantir a efetividade das políticas ambientais.

Nesse sentido, a implementação de sistemas públicos de informações ambientais desempenha um papel fundamental.

É essencial diferenciar sistemas de informações ambientais de sistemas públicos de informações ambientais. Os primeiros, referem-se essencialmente, a estruturas tecnológicas de armazenamento e processamento de dados, sem necessariamente considerar os atores sociais envolvidos. Já os sistemas públicos de informações ambientais, incorporam a variável humana, uma vez que a adesão, alimentação, armazenamento e divulgação de dados e informações, são fatores determinantes para classificar uma gestão como de baixa ou alta vulnerabilidade.

Diante desse contexto, a presente pesquisa desenvolve um índice de vulnerabilidade, fundamentado na Teoria dos Conjuntos Fuzzy, que possibilita uma análise tanto qualitativa quanto quantitativa dos diferentes parâmetros que compõem esses sistemas. A principal contribuição deste estudo reside na sistematização de indicadores, permitindo a classificação dos sistemas públicos de informações ambientais em diferentes níveis de vulnerabilidade. Dessa forma, a metodologia proposta visa promover maior transparência, eficiência e aprimoramento das ações voltadas à proteção ambiental.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Desenvolver um índice para avaliação dos sistemas de informações ambientais, dos órgãos ambientais locais, responsáveis pelo monitoramento, licenciamento e fiscalização ambiental em relação a ferramentas de acesso, sistematização da informação, integração de dados, produção da informação e transparência sobre a gestão dos recursos naturais, por meio da Teoria dos Conjuntos Fuzzy.

1.3.2 Objetivos específicos

Para que o objetivo geral possa ser alcançado, diversos objetivos específicos foram trabalhados. Ressaltam-se os principais:

- Selecionar indicadores para construção dos sistemas Fuzzy, tipo Mamdani;
- Construir os sistemas, com o auxílio da teoria dos conjuntos Fuzzy, a partir dos indicadores dos Sistemas Públicos de Informações locais;
- Desenvolver um método para avaliação das vulnerabilidades dos sistemas públicos de informações dos municípios, que possuam competência legal para o licenciamento, fiscalização e monitoramento ambiental;
- Construir um índice de vulnerabilidade dos Sistemas públicos de informações ambientais locais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, é apresentada uma revisão da literatura sobre a temática do objeto em estudo. A fim de contextualizar o papel dos Sistemas de Informações Ambientais locais na gestão ambiental, é exposto, inicialmente, sobre avaliação de sistemas de informações com modelagem fuzzy. Seguidamente, um breve histórico sobre os conceitos e premissas do funcionamento do SISNAMA e do SINIMA, em que é destacada sua importância para a Gestão Ambiental sustentável. Logo depois, são abordados os princípios ligados à informação ambiental no direito ambiental, a eficácia, a eficiência, a publicidade, a transparência e o desenvolvimento sustentável.

O capítulo apresenta, ainda, os fundamentos das Políticas Ambientais Municipais, Tecnologia da Informação para sustentabilidade. Por fim, são descritos o Sistema Fuzzy do tipo Mamdani, as variáveis Linguísticas, as funções de Pertinência, os sistemas Baseados em Regras Fuzzy. Nessa etapa, são analisados e discutidos os mais recentes trabalhos, além das obras clássicas, que são necessárias, além das opiniões dos diversos autores, compreendendo a necessidade de continuidade desta tese de doutorado, com seus avanços e suas limitações.

2.1 Análise Ambiental a partir de sistemas de informações ambientais com modelagem Fuzzy

Os sistemas de informações têm como base maior os *softwares*, que são produtos perfeitos, quando se reporta a sustentabilidade (Kern *et al.*, 2018). No entanto, como todos os bens de informação, o *software* requer um meio material de transporte, mas isso não gera um impacto ambiental significativo (Linde, 2008). No que diz respeito ao objetivo de produção sustentável e padrões de consumo, as combinações de *software-hardware* parecem ser produtos ideais à primeira vista.

Nesse sentido, necessidades alteradas podem ser atendidas sem a produção de novo *hardware*, porque apenas o *software* imaterial precisa ser alterado. Já na produção de *software*, é uma criação de valor que não se baseia no giro de toneladas de material, mas na formulação precisa de pensamentos (Hilty, 2017).

2.1.1 Avaliação dos Sistemas de informações Ambientais

A avaliação da eficácia dos Sistemas de informações Ambientais (SAI), é fundamental, devido ao número de áreas que envolvem o meio ambiente e, consequentemente, seus dados nos diferentes objetivos e requisitos de cada sistema.

Dessa forma, foi realizada uma consulta em quatro bases de dados; a *Scopus*, *Web of Science*, *ScienceDirect* e *PubMed*, utilizando os seguintes descritores: "fuzzy"; "sistemas de informações" e "ambiental". Os critérios de inclusão temporal para seleção dos artigos, foram os publicados entre 2019 e 2023, em inglês, português e espanhol, com o foco em avaliação ambiental, por meio dos sistemas de informações com modelagem fuzzy. Assim, o filtro desenvolvido nas bases foram: (fuzzy and information and system and environmental) or (fuzzy and informações and sistema and ambiental) or (información and borrosa and sistema and ambiental).

A pesquisa resultou em artigos relevantes que abordavam a avaliação ambiental com os SAI, porém, ressalta-se o uso dos *softwares* como centro, o que difere dos sistemas públicos, que insere o aspecto socioambiental no contexto. Como exemplo, tem-se Fernandes, Bastos e Mello (2010), que utilizaram a lógica fuzzy e Sistema de Informações Geográficas (SIG), como auxílio à decisão no uso da terra. Eles desenvolveram um mapa de sugestão, onde o conjunto difuso é utilizado para análise dos mapas resultantes. Benz et al. (2004) usam lógica *fuzzy* para análise direcional, com base em dados de sensoriamento remoto e informações dos SIGs disponíveis no mercado. Lizarazo (2010) usa lógica difusa para estimar áreas de superfície impermeável, a partir de imagens de alta resolução. Hester *et al.* (2010) usaram imagens de alta resolução para detectar mudanças na cobertura da terra e desenvolveram mapas temáticos, com base em inferência difusa. Hanson *et al.* (2010) reconhece a não linearidade morfológica costeira e exploraram a metodologia dedutiva da análise do terreno, utilizando conceitos de lógica difusa. Prado e Galo (2009, 2010) usam métodos tradicionais de classificação de imagens multiespectrais como uma ferramenta comum para o mapeamento temático da cobertura do solo.

Nesse sentido, a maioria dos estudos encontrou os sistemas de informação ambientais nacionais ou regionais, os do tipo locais, ou municipais, não foram

encontrados. Nessa busca, foram encontrados sistemas específicos, como o sistema de informação sobre o clima e o sistema de informação geográfica. Na maioria dos casos, a partir dos descritores ligados a sistemas públicos de informações, apresentam artigos ligados a *softwares* aplicativos, ao invés da amplitude do termo em questão. Assim, aquilo que foi esperado seria uma variedade de aspectos relacionados à avaliação dos Sistemas Públicos de Informações Ambientais, incluindo a qualidade da informação, a precisão dos dados, a facilidade de uso, a capacidade de monitoramento, a eficácia da tomada de decisão, dentre outros.

2.1.2 Sistemas de informações Ambientais e Sistemas públicos de informações ambientais

Segundo o Climate Technology Centre e Network (2022), os sistemas de informações ambientais são voltados para responder as necessidades dos governos sobre a evolução do ambiente e o seu impacto na vida de pessoas e em recursos naturais. Os sistemas de informação ambiental estão preocupados com a gestão de dados sobre o solo, a água, o ar e as espécies do mundo que nos rodeia. É colocado os Sistemas Públicos de Informações como ferramentas para apoiar a avaliação de impactos climáticos e ambientais que auxilia no monitoramento de emissões de gases de efeito estufa e outros poluentes. São ferramentas importantes para a gestão ambiental, pois permitem a coleta, armazenamento, processamento e disseminação de informações ambientais.

Esse conceito é sustentado por um conjunto de princípios, destinados a garantir que a informação ambiental seja organizada da maneira mais eficaz possível, para que os investimentos sejam alocados em processos de monitoramento, levando a coleta de informação a trazer os maiores benefícios possíveis para a conservação e preservação ambiental (Unep, 2022).

Os países, na sua maioria, possuem Sistema Públicos de informações Ambientais (SAI) como parte de suas políticas de gestão do meio ambiente. De acordo com Aggestam et al (2020), os da União Europeia e Ásia Central, possuem os SIAs, embora tenham sido feitos progressos significativos, ainda existem limitações no fornecimento

de dados e informações ambientais. A disponibilidade e acessibilidade de conjuntos de dados e informações relacionadas, variam significativamente por área temática (poluição do ar, mudança climática, água, etc.).

Como grupo econômico importante, vale destacar o Sistema Compartilhado de Informações Ambientais da Europa (SEIS), que apresenta avaliações e relatórios ambientais. Ele faz a conexão entre dados relevantes existentes e as autoridades nacionais em suas atividades de monitoramento e avaliação, por meio de tecnologias de informação e comunicação (Aggestam *et al.*, 2020). Conforme o autor, o SEIS promove a disseminação, aplicação e comparabilidade de indicadores ambientais, construídos a partir dos sistemas de informações dos países que compõem o grupo, para compartilhar entre as redes de informações existentes, de forma que harmonize o monitoramento ambiental.

Destacamos também o SAI americano, gerido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), que possui mecanismos de avaliação da qualidade ambiental dos Estados Unidos, por meio da coleta, análise e compartilhamento de dados ambientais, compartilhando os dados em todo o país. Segundo Beach (2010), essa gestão do SIA trabalha para fornecer uma plataforma multissetorial e interoperável que permite a várias organizações compartilhar informações ambientais em todo o país.

2.2 Funcionamento do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente dentro do Sistema Nacional de Meio Ambiente

Sistema Público de informações ambientais é diferente de Sistema de informações ambientais. A diferença principal, é que este está associado a *softwares* aplicativos e, àquele, é um conjunto de infraestrutura física e virtual, que dá suporte a entrada e saída de informações a sociedade. Um exemplo de Sistema Público de informações, é o SINIMA, que foi instituído para fortalecer a gestão ambiental no Brasil, sendo um dos principais instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente que objetiva o fortalecimento do SISNAMA. Castro (2018) destaca a importância do sistema, uma vez que ele veio para abarcar os aspectos políticos, sociais, científicos, naturais e

técnicos, incluindo-os como conceitos na gestão ambiental de forma ampla e independente.

De acordo com a Lei Federal Nº 10.650/2003, art. 2º, o acesso público aos dados e informações existentes nos órgãos e entidades integrantes do SISNAMA, estabelece que:

Os órgãos e entidades da Administração Pública, direta, indireta e fundacional, integrantes do SISNAMA, ficam obrigados a permitir o acesso público aos documentos, expedientes e processos administrativos que tratem de matéria ambiental e a fornecer todas as informações ambientais que estejam sob sua guarda, em meio escrito, visual, sonoro ou eletrônico, especialmente as relativas a:

I - Qualidade do meio ambiente;

II - Políticas, planos e programas potencialmente causadores de impacto ambiental;

III - Resultados de monitoramento e auditoria nos sistemas de controle de poluição e de atividades potencialmente poluidoras, bem como de planos e ações de recuperação de áreas degradadas;

IV - Acidentes, situações de risco ou de emergência ambientais;

V - Emissões de efluentes líquidos e gasosos, e produção de resíduos sólidos;

VI - Substâncias tóxicas e perigosas;

II - Diversidade biológica;

VIII - Organismos geneticamente modificados. (Brasil, 2003).

A estrutura legislativa pode ser considerada de ótima elaboração, como as demais legislações brasileiras, no âmbito ambiental. Contudo, na prática, segundo Guerreiro et.al (2022), há de se reforçar que o Órgão Nacional, o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA), deve retomar como ponto de partida, a Comissão Tripartite Nacional, com a finalidade de reunir os entes federados (governo federal, estados, Distrito Federal e municípios) e, por meio de diálogos, promover uma gestão compartilhada e descentralizada entre União, estados e municípios, além de fortalecer a estrutura do SISNAMA.

No ano de 2006, o antigo e denominado, Ministério do Meio Ambiente (MMA), integrou as informações de diferentes bancos de dados ambientais SINIMA. A partir de então, dados como licenciamento ambiental, zoneamento ecológico-econômico e cadastro de unidades de conservação, poderiam ser encontrados em uma só plataforma.

O Sistema é gerenciado pela Secretaria Executiva do Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, constituída pelo Decreto Nº 5.776/2006, através do Departamento de Articulação Institucional (DAI), e conta com o apoio do Comitê Gestor do SINIMA, instituído pela Portaria Nº 310, de 13 de dezembro de 2004. O referido sistema é considerado pela Política de Informação do MMA, como uma plataforma conceitual, ou seja, não existe um sistema que integre suas múltiplas plataformas. Essa ideia é baseada na integração e compartilhamento de informações entre os diversos sistemas existentes ou a construir no âmbito do SISNAMA, conforme Portaria nº 160, de 19 de maio de 2009. O Princípio 10 da Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento de 1992, já afirmava:

A melhor maneira de tratar as questões ambientais é com a participação de todos os cidadãos interessados, no nível relevante. No nível nacional, cada indivíduo deve ter acesso adequado às informações relativas ao meio ambiente de que dispõem as autoridades públicas, incluindo informações sobre materiais e atividades perigosas em suas comunidades, bem como a oportunidade de participar dos processos de tomada de decisões. Os Estados devem facilitar e incentivar a conscientização e a participação pública, tornando as informações amplamente disponíveis. O acesso efetivo aos processos judiciais e administrativos, inclusive às ações de reparação e aos recursos, deve ser garantido.

Por meio do SINIMA, é possível gerir a informação no âmbito SISNAMA, dentro da lógica da gestão ambiental compartilhada entre as três esferas de governo, tendo como forma de atuação, três eixos estruturantes: desenvolvimento de ferramentas de acesso à informação; Integração de bancos de dados e sistemas de informações.

Os eixos desenvolvimento de ferramentas de acesso à informação e integração de bancos de dados, são interligados e tratam de ferramentas de geoprocessamento, em consonância com diretrizes estabelecidas pelo Governo Eletrônico, que permitem a composição de mapas interativos, com informações provenientes de diferentes temáticas e sistemas de informação.

Já o eixo sistemas de informação, visa o aprimoramento a produção, sistematização e análise de estatísticas e métricas relacionadas as delimitações do MMA. Este é o eixo estratégico do SINIMA, que tem como principal função, potenciar o processo produtivo, sistematizar e analisar estatísticas e indicadores ambientais.

Recomenda a sistematização de um conjunto básico de indicadores e o estabelecimento de uma agenda com organizações de informação ambiental para fornecer avaliações ambientais e sociais integradas (Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, 2025).

Após avaliar o sistema, Silva (2007) concluiu que o SINIMA representa a qualidade de fontes de informação produzidas para *internet*, pelo poder público. Seu modelo deve ser seguido no desenvolvimento do acesso à informação, como uma prerrogativa da sociedade, na direção da igualdade de direitos e do desenvolvimento de uma educação ambiental emancipatória. Atualmente, essa plataforma não evoluiu. Os Estados e os municípios, até o presente momento, não possuem conexão com o SINIMA, de modo que não existe um compartilhamento e/ou integração de dados ambientais. O autor, na época, elogiava esse instrumento instituído pela Política Nacional de Meio Ambiente, no entanto, não diferenciava dados de informações, nem havia preocupação com aspectos de transparência, por exemplo.

Contudo, em uma avaliação mais recente, Dinarte *et. al* (2017) reforça que o SINIMA ainda não proporcionou aos órgãos ambientais e à coletividade, todos os benefícios vislumbrados pelo legislador quando da sua instituição, ressaltando-se que os próprios agentes públicos parecem demonstrar receio com relação à divulgação das informações que estão sob o seu controle. O autor ainda complementa que é fundamental que se mude a concepção de que as informações geradas, armazenadas e em posse dos órgãos governamentais, estão mais sobre o manto do sigilo do que da publicidade. Deve-se, portanto, buscar que os dados sejam públicos, de fácil acesso, e prontos a serem fornecidos a qualquer cidadão, sem que esse tenha um motivo para tal.

2.2.1 Sistemas de informação Ambiental Municipal

A gestão ambiental pública desempenha um papel crucial na preservação e no uso sustentável dos recursos naturais. Os desafios enfrentados pela sociedade e pelas organizações governamentais, exigem a adoção de abordagens inovadoras, o que implica num realinhamento para uma nova ética. Neste contexto, está inserida a

infosfera (Floridi, 1999), com a necessidade do estabelecimento de novas subcategorias dentro da ética, a ética da informação (Floridi, 2013; Capurro, 2008) ambiental. Ela abrangeria a coleta, o acesso, o armazenamento, o compartilhamento e o uso das informações relacionadas aos recursos naturais, de modo que a ética da informação ambiental na gestão pública dos recursos naturais, se destaca ao trazer novas reflexões sobre as práticas que os agentes públicos devem adotar.

São diversos aspectos relevantes, dentre eles, a natureza das ciências ambientais, que é transdisciplinar (Morin, 2008). Entender as bases epistemológicas da sustentabilidade, é fundamental, pois seria impossível existir um especialista em meio ambiente. Nesse cenário, quem seria o gestor adequado para uma administração pública dos recursos naturais e quais seriam esses profissionais para execução finalística? Tem-se uma crise ambiental sem precedentes. Existem os conservacionistas e os preservacionistas, mas a sociedade em geral, não segue nenhuma das duas linhas. O imperativo é o crescimento desordenado (Leff, 2009).

A ética informacional ambiental é uma extensão da ética informacional geral, que se concentra nas questões éticas relacionadas à tecnologia da informação e comunicação e seu impacto no meio ambiente. Ela se preocupa com a forma como elas podem ser usadas para promover a sustentabilidade ambiental e reduzir os impactos ambientais negativos. Ela traz reflexões de questões, como a gestão de resíduos eletrônicos, a eficiência energética dos sistemas de informação e comunicação, a redução do consumo de papel e a promoção de práticas de trabalho remoto para reduzir as emissões de gases do efeito estufa (Hilty, 2015). Embora essa terminologia nem seja comum e, ainda, emergente, muitas organizações estão começando a reconhecer a importância de considerar o impacto ambiental de suas práticas relacionadas à tecnologia da informação e comunicação para que ela seja usada de forma sustentável.

Outro aspecto relevante, segundo Santos e Flores (2015), é que a preservação em longo prazo de documentos, é mais eficaz no formato digital em comparação ao físico, uma vez que esse modelo proporciona maior integridade e autenticidade. No entanto, para garantir a confiabilidade desses repositórios, é fundamental que sejam submetidos a processos de auditoria e certificação (Santos, 2019).

2.2.1.1 Políticas de Governança Municipal

Política vai além da ideia de Polis, oriunda do grego, da gestão do coletivo. Segundo Ribeiro (1998), política se refere a quem manda, porque manda e como manda. A política está relacionada à capacidade de influenciar a forma de agir, sugerir o modo de proceder de outra pessoa, ou seja, uma negociação de interesses.

A questão ambiental passou a ter maior ênfase no âmbito municipal que, antes, era centralizado nos Estados e na União. A gestão municipal passou a ter maior autonomia, efetivamente, após a Constituição Federal de 1988. Outro instrumento relevante, foi a resolução CONAMA nº237, de 1997, que iniciou a autonomia da gestão ambiental municipal, garantindo aos municípios, a avaliação dos impactos ambientais locais, causados pelos empreendimentos, ao qual veio ser corroborada pela Lei federal complementar nº140, de 2011. Assim, afirma Nascimento (2008):

O município é o ente administrativo da federação onde os problemas ambientais estão mais próximos da vida do cidadão, sendo a administração municipal responsável em grande parte pela tomada de decisão e execução da gestão ambiental.

É fundamental que os municípios possuam ferramentas de gestão ambiental eficazes e eficientes, capazes de implementar a política ambiental que produza menos vulnerabilidades. A governança ambiental tem feito progressos significativos na abordagem de muitos dos desafios que a humanidade enfrenta, mas não conteve a grande quantidade de mudanças ambientais aceleradas, nacional ou internacional. Como resultado, os governos subsidiários e outros atores de governança, tornam-se inovadores críticos (Shwom *et al.*, 2017). No entanto, a rápida mudança ambiental exige mais atenção as normas ambientais, particularmente, a necessidade de identificar e alavancar a capacidade inexplorada de aumentar a resiliência que já existe nessas leis.

A legislação ambiental tem a capacidade de influenciar a governança de forma mais geral. A governança ambiental é composta por leis, políticas, organizações de governança e indivíduos. Para Chaffin *et al.* (2016), a fonte chave de adaptação e

capacidade transformadora na governança é, provavelmente, informal, realizado por meio de redes, processos sociais e conhecimento cultural.

Devido à rápida e ampla reforma da legislação ambiental existente para responder as crises ambientais emergentes, é improvável identificar a capacidade adaptativa e transformadora nas leis existentes, prejudicando uma governança mais abrangente para o futuro (McCormick *et al.*, 2017). Para Benson e Craig (2017), a legislação ambiental ainda não recebeu a devida atenção, a fim de aproveitar sua capacidade inexplorada para melhorar a qualidade socioecológica, pois as tentativas de governar sistemas socioecológicos, até o momento, não resultaram em uma adaptação capaz de acompanhar a mudança ambiental. Ao mesmo tempo, a transformação torna-se cada vez mais necessária, de forma que elaborar sistemas de governança ambiental em várias escalas ecológicas e níveis administrativos, pode ser uma solução.

Ainda existem aspectos do direito ambiental que são problemáticos para a governança de mudança ambiental. São necessárias mais pesquisas e ações, porém, como um caminho provisório, pois ela está em constante mudança em funções das dinâmicas sócio-político-social que devem se direcionar para o aumento da resiliência em sistemas socioecológicos. Essas capacidades existentes fornecem aos gestores e outras entidades de governança, ferramentas imediatamente disponíveis para lidar com a complexidade dessas mudanças e a participação ativa da população para impulsionar as mudanças (Garmestani *et al.*, 2019).

Não apenas no âmbito governamental, a divulgação de dados ambientais ajuda a reduzir a assimetria de informação, melhorar a confiança dos investidores e construir a confiança da sociedade (Wang *et al.*, 2018). Isto também pode melhorar a reputação verde de uma empresa, atrair consumidores, diminuir os custos de capital e fornecer benefícios, aumentando a sua avaliação (Fan, *et al.*, 2020). A governança ambiental contemporânea, prioriza o envolvimento de entidades não estatais, supraestatais, e/ou atores extra-estatais no exercício da autoridade política sobre a tomada de decisões sobre a natureza (Bridge e Perreault, 2016). Além disso, novas iniciativas para formular regimes de “boa governança”, facilitam o controle e o uso dos recursos, bem como incluem a participação dos autores e afetados por tais ações.

Desse modo, novas infraestruturas de dados podem permitir que uma gama mais ampla de setores, participe da governança florestal, ou as formas como esses setores definem políticas e objetivos econômicos para uso e acesso ao meio ambiente. Além disso, os avanços tecnológicos mudaram a capacidade do governo em decretar a governança, fornecendo conhecimentos alternativos de problemas ambientais e ligando questões locais com preocupações globais (Goldstein e Faxon, 2020).

2.2.1.2 Políticas Públicas e indicadores

A utilização de indicadores, além de apontar para possíveis problemas, geram alertas sobre determinadas políticas ambientais, necessárias ao desenvolvimento sustentável, ou seja, também direcionam para soluções. Segundo Cabral (2010), no Estado do Ceará, ocorre uma avaliação dividida em três grandes grupos.

No primeiro, é analisado pela Gestão Ambiental, em que são verificadas as iniciativas do poder público na implementação de políticas ambientais, como o cumprimento da legislação ambiental, atividades licenciadas, saúde ambiental, proteção à biodiversidade e educação ambiental; no segundo, é realizada uma avaliação por Desempenho Ambiental, no sentido de analisar dados secundários, tais como parâmetros de qualidade de água, ocorrência de infrações ambientais etc.; e no terceiro grupo, é realizada a avaliação por Mobilização Ambiental, em que são verificados, dentre outros, criação e ação dos Conselhos Municipais de Meio Ambiente, existência de Fundo Municipal de Meio Ambiente e participação pública em processos decisórios. Esses indicadores, que fazem parte de um programa denominado “Selo Município Verde”, que toma por base as premissas da complexidade de suas variáveis inseridas como as sociais, econômicas, ambientais e institucionais. No entanto, variáveis no campo da tecnologia da informação não são consideradas, bem como as ponderações dos indicadores são dentro da lógica clássica, do tipo, sim ou não.

Nesse contexto, existem incontáveis indicadores e índices utilizados como algum tipo de instrumento para promoção da Gestão ou governança Ambiental. Uma aplicação recorrente é para repasse do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), conhecido como ICMS Ecológico, um instrumento de incentivo direto e

indireto à melhoria da qualidade ambiental, que repassa parte dos recursos dos arrecadados dos Estados para os municípios.

Atualmente, existe utilização nos seguintes Estados: Paraná (1991), São Paulo (1993), Minas Gerais (1995), Amapá (1996), Rondônia (1996), Rio Grande do Sul (1998), Mato Grosso, Mato Grosso do Sul (2000), Pernambuco (2001), Tocantins (2002), Acre (2004), Rio de Janeiro (2007), Goiás (2007), Ceará (2008) e Piauí (2008). Todos esses Estados trabalham na construção de índices e indicadores, verificando as ações de natureza física, mas desprezando as ações virtuais, ou seja, não verifica a pegada de carbono reduzida por utilização de ferramentas tecnológicas.

A construção de um planeta mais sustentável requer o envolvimento direto também do setor privado. Há uma atitude geral de evitar a divulgação de informações desfavoráveis ou indisponíveis por meio de mecanismos contábeis, baseados no uso ou abuso do princípio cumprir ou explicar (Pizzi, *et al.*, 2020). A falta de iniciativa de divulgação, a ausência de auditoria de terceiros (Meng, *et al.*, 2018) e a fraca aplicação dos regulamentos de divulgação de informações, a abrangência do conhecimento acerca do meio ambiente, é enfraquecido. Ainda mais, com o sistema imperfeito de regulação governamental, menor é a taxa de divulgação dessas informações e maior são as “brechas” para que tais sejam omitidas.

2.3 Acesso à informação ambiental

De acordo com Souza (2015), o acesso à informação ambiental se baseia em duas premissas básicas: a conscientização dos cidadãos acerca das questões ambientais de interesse geral e a consequente participação pública nas tomadas de decisão que afetam a comunidade. O direito à informação ambiental implica em efeitos positivos, como formação da consciência social e da coletividade acerca dos problemas ambientais, participação efetiva dos cidadãos nas questões ambientais, e funciona como um instrumento de controle democrático que visa assegurar o cumprimento das normas ambientais. Para Prieur (2019), a proteção ambiental só será satisfatória quando houver disponibilidade de informação à coletividade quanto ao meio ambiente e aos empreendimentos que possam prejudicá-los, podendo ser através de dados

disponibilizados pelo poder público, de forma espontânea ou quando solicitados pela comunidade. Só assim, a informação possibilitará a participação da coletividade.

Mesmo com o auxílio dos instrumentos globais para a promoção da governança por meio de princípios gerais, eles forneceram pouca orientação sobre como implementar esses princípios. Ainda é necessária uma implementação doméstica clara e concreta, no sentido de assegurar o envolvimento do público como uma questão prática, que propicie orientação para as nações na operacionalização do acesso à informação, participação e justiça em questões ambientais (Bruch *et al.*, 2002). Para Sand (1991), a geração atual possui uma grande responsabilidade pelo futuro do planeta: primeiramente, por ter acesso a informações científicas e possuir a capacidade de analisar e prever; segundo, pelo acúmulo de experiência, tecnológica e institucional, sendo capazes de gerir da melhor forma as problemáticas ambientais.

2.3.1 Aspectos normativos relativos ao acesso à informação

Inicialmente, a pertinência da busca pela informação ambiental, origina-se da iminente preocupação da sociedade atual, em buscar o conhecimento acerca dos impactos negativos da produção de bens de consumo. Logo, para que as atividades humanas, relativas à produção, sejam alvo de um melhor planejamento, é necessário que as entidades e agentes, responsáveis por regulamentação de produção industrial, tenham acesso a dados relativos à forma como o meio ambiente está sendo cuidado ou explorado. É importante frisar que o cidadão comum precisa, também, participar desse contexto de acompanhamento

Verifica-se a importância de uma legislação específica para tratar do tema, uma vez que a problemática ambiental é algo essencial para o bem estar da coletividade. Além disso, por meio da homologação da Constituição Federal de 1988, esse direito de acompanhamento passou a ter natureza de garantia, e não de expectativa. Para tanto, é importante a realização de debates acerca da temática, verificar quais problemas são mais graves e como estas questões podem ser resolvidas em uma legislação específica no Brasil, que passou por inúmeras transformações nos últimos anos, pois os meios

virtuais modificaram muitas relações do cotidiano nacional. Atualmente, tem-se como destaque as principais normas, como se pode ver no quadro 1:

Quadro 1: Principais normas sobre acesso à informação

NORMA	PROMULGAÇÃO	OBJETIVO
LEI Nº 6.938	31 de agosto de 1981	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.
Lei nº 10.650	16 de abril de 2003	Dispõe sobre o acesso público aos dados e informações existentes nos órgãos e entidades integrantes do SISNAMA.
Lei nº 11.520	03 de agosto de 2000	Acesso às informações sobre os impactos ambientais de projetos e atividades potencialmente prejudiciais à saúde e à estabilidade do meio ambiente
Lei nº 12.527	18 de novembro de 2011	Regulamenta o direito constitucional de acesso dos cidadãos às informações públicas e é aplicável aos três poderes da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios.

Fonte: O autor, 2023

Segundo Lazarus (2000), as normas ambientais são especiais. Elas lidam com a interconectividade dos problemas ecológicos e econômicos, longos intervalos de tempo e riscos. No Brasil, apesar dos avanços quanto à informação sobre a gestão ambiental, há um longo caminho até a plena efetivação do cumprimento e da disseminação dessas informações. Assim, na Política Nacional do Meio Ambiente e na Lei de Acesso à Informação, que são marcos importantes na evolução do direito à informação, a transparência, pode complementar ou substituir a coerção por parte do governo em muitas áreas, permitindo que os cidadãos tomem o lugar do Estado, até certo ponto, no monitoramento das questões ambientais (Florini, 1998).

O acesso à informação ambiental promove o desenvolvimento de uma consciência pública. A sua ausência vexa tanto a política ambiental quanto os direitos humanos, já que dados incompletos ou inacessíveis, podem prejudicar o direito do acesso à informação (Bianchi, 2008). Por mais que seja um desafio para o Estado, a participação ativa torna a população mais empoderada e haja como um poder maior de

intervenção. Assim, de acordo com a lei de acesso à informação, em seu art. 9º será assegurado mediante:

- I - Criação de serviço de informações ao cidadão, nos órgãos e entidades do poder público, em local com condições apropriadas para:
 - a) Atender e orientar o público quanto ao acesso a informações;
 - b) Informar sobre a tramitação de documentos nas suas respectivas unidades;
 - c) Protocolizar documentos e requerimentos de acesso a informações; e
- II - Realização de audiências ou consultas públicas, incentivo à participação popular ou a outras formas de divulgação.

A informação é o ponto crucial da conscientização. Ela deve ser, na medida do possível, irrestrita e abrangente, de modo que a entidade pública deverá conceder ou autorizar o acesso imediato à informação disponível. O quadro 2 mostra do trata a parte técnica da informática, é fundamental para essa promoção:

Quadro 2: Critérios de facilidade de uso para acesso à informação na internet

CRITÉRIOS PARA FACILIDADE DE USO	DOMÍNIOS
Links	[0,1]
Recomendação máxima de três cliques para acessar a fonte de informação	[0,3]
Disponibilidade de recursos de pesquisa na fonte	[0,1]
Função de busca por categoria/área	[0,1]
Índice	[0,1]
Arranjo	[0,1]
Recursos auxiliares à pesquisa	[0,1]
Tesouros	[0,1]
Listas	[0,1]
Glossário	[0,1]
Mapa do site	[0,1]
Guia	[0,1]
Ajuda na pesquisa	[0,1]
Instruções de uso	[0,1]
Manual da fonte de informação para download ou impressão	[0,1]
Conformidade com as diretrizes de Acessibilidade para o Conteúdo da Web [WCAG)	[0,1]
Responsividade	[0,1]

Fonte: Adaptado de Tomaél (2004) apud Silva (2007).

Essas exigências também estão em concordância com as medidas necessárias para promover a acessibilidade da informação para pessoas com deficiência, de acordo com o art. 17 da Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000, e do art. 9º da Convenção

sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, ratificada pelo Decreto Legislativo nº 186, de 9 de julho de 2008. A liberdade de informação é, inequivocamente, um direito humano fundamental (Bratspies e Lamdan, 2019). Assim, por mais que o acesso varie entre os países e permaneça incompleta, a lei de acesso à informação ambiental é um direito de toda a população.

2.3.2 Proteção de dados pessoais, de sigilo industrial e propriedade intelectual

Sobre a proteção de dados, é importante pontuar acerca do contexto da evolução do acesso à informação, sobretudo, após a Lei de acesso à informação. No entanto, verifica-se que os investimentos, os programas, os projetos e as ações se voltam mais às questões de proteção do que à promoção do acesso às informações para a sociedade, principalmente questões ambientais, aos quais possuem uma natureza pública. Como exemplo, tem-se a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) e suas regulamentações, que combate a violação de privacidade e o acesso ilegal de dados em nosso país, mas que, ao mesmo tempo, criou uma Autarquia Federal para essa finalidade, embora por vezes, o objetivo acaba por se desvirtuar e prejudicar a transparências das informações que são de natureza pública.

Nesse sentido, a própria lei possui divergências alarmantes, ao qual cria um comitê consultivo e deliberativo, com a maioria absoluta do quantitativo de membros da própria administração, o que enfraquece qualquer tipo de conselho que, pautado no processo democrático efetivo, requer uma paridade ou equivalência numérica entre o público e o privado, aos quais englobam todos os atores da sociedade civil, de forma representativa. Assim, ficou a composição do comitê delimitado pelo Decreto Nº 11.266, de 25 de novembro de 2022, sobre governança no compartilhamento de dados no âmbito da administração pública federal:

Art. 22. O Comitê Central de Governança de Dados é composto pelos seguintes representantes:
I - Um do órgão central do Sistema de Administração dos Recursos de Tecnologia da Informação - SISP, que o presidirá;
II - Um da Advocacia-Geral da União;
III - Um da Casa Civil da Presidência da República;
IV - Um da Controladoria-Geral da União;

V - Um da Secretaria Especial da Receita Federal do Brasil do Ministério da Economia;
VI - Um do Ministério da Justiça e Segurança Pública;
VII - Um do Ministério do Trabalho e Previdência;
VIII - Um da Secretaria Geral da Presidência da República; e
IX - Dois de organizações da sociedade com atuação comprovada na temática de proteção de dados pessoais.

Verifica-se que a governança de dados pelo poder público está voltada a uma autoproteção, envolvendo diretamente a proteção de seus agentes. Apenas dois representantes da sociedade civil possuem poder de participação e, ainda, o que parece algo pessoal, pois coloca os representantes, que são atuantes na proteção de dados pessoais, ao invés de inserir setores da sociedade que sofrem pela falta de acesso à informação, como é o caso das organizações sociais ligadas a proteção do meio ambiente, que precisam obter dados atuais sobre desmatamento, poluição nas grandes cidades, tráfico de animais, garimpo e exploração de terras protegidas, dentre outros.

A disponibilização de dados e/ou informações ambientais que envolvem dados pessoais cujo acesso é público, deve considerar a finalidade, a boa-fé e o interesse público que justificaram sua disponibilização (Brasil, 2018).

2.4 Princípios do direito ambiental na garantia da informação ambiental

Segundo Bibiloni (2001), as leis que regem o direito ambiental, devem seguir diversos princípios, tais como: pensamento global, solidariedade, integração das políticas setoriais, proteção, precaução, conservação, restauração, igualdade e transpersonalização das leis de proteção ao meio ambiente. A estes princípios, acrescenta-se o da participação, eficácia, eficiência e, sobretudo, da informação. Para que tais princípios sejam atingidos, Pigretti (1986) enfatiza que o direito ambiental seja protetor, ético e solidário. Já Benjamin (2003) prioriza a importância de vias de acesso efetivas à justiça ambiental. Para isso, é preciso contribuições de diversas áreas, capazes de justificar e demonstrar a gravidade do problema, bem como a popularização dessas informações e a aplicação de medidas para combatê-las.

No entanto, González (2007) qualifica o direito ambiental como complexo e insuficiente. Complexo, no que se refere às leis naturais, relativas ao equilíbrio ecológico, muitas das quais são desconhecidas pelo homem e devido à interdependência ou inter-relação entre bens e recursos; insuficiente, por falta ou ausência de instrumentos jurídicos para o regular, influenciando fatores relacionados à concepção da norma e aplicação.

A fim de impedir a existência do direito, simplesmente ao nível semântico da realidade jurídica, o Direito Ambiental integra uma série de princípios orientadores, que garantem a efetiva proteção do direito. Devido à rápida evolução do direito ambiental internacional, criou-se uma ampla gama de *soft laws* que, embora não seja juridicamente obrigatória, dá orientações que, mais tarde, podem tornar-se normativas (Rojas, 2009).

O princípio da informação é fundamental para a promoção da sustentabilidade ambiental e do desenvolvimento sustentável. De acordo com Antunes (2012), o princípio da informação tem como objetivo a transparência e a participação da sociedade nas questões ambientais, buscando garantir o acesso à informação e o direito à participação nos processos de tomada de decisão. É possível observar que o princípio da informação está interconectado com outros princípios do direito ambiental, como por exemplo, o princípio da precaução e o princípio do poluidor-pagador. Além disso, o princípio da informação também está diretamente relacionado ao princípio da participação popular, que visa garantir a participação da sociedade nos processos de tomada de decisão ambiental. A conscientização ambiental depende, fundamentalmente, da disseminação de informações completas e precisas.

Outros muitos princípios podem ser mencionados, como o princípio da função ambiental da propriedade, que estabelece que a propriedade deve cumprir sua função social e ambiental, garantindo a sustentabilidade e a preservação do meio ambiente (Brasil, 2012). Notadamente, não se pode esgotar todos os apontamentos e pertinências necessárias à compreensão de todos os princípios do Direito Ambiental, pois se trata de uma área muito vasta, e não se trata de um trabalho adequado às minúcias principiológicas. Assim, o estudo agora, passa a se debruçar sobre a interconexão desses princípios com o princípio da informação.

2.4.1 Princípio da Eficácia e Eficiência

A eficácia das regras está estritamente ligada à possibilidade de produzir efeitos jurídicos e, portanto, para ser aplicado total e imediatamente. No caso das leis, a eficácia se dá a partir de sua entrada em vigor. Para Cafferatta (2007), no que diz respeito ao direito ambiental, a falta de eficácia é o maior problema, pois sabe-se que existem as leis, mas não se sabe como fazer para que essas leis se cumpram. Segundo Bianchi (2007), para a formação do Estado de Direito Ambiental, deve ser fomentada a informação ambiental, porque complementa a participação cidadã, ou seja, o exercício da cidadania necessita estar bem informado com os dados mais recentes das pautas relativas ao meio ambiente.

Esse acesso também deve ser fácil e gratuito. O direito a essa informação tem previsão em diversos instrumentos nacionais e internacionais, destacando-se que o SISNIMA é instituído pela Lei da Política Nacional do Meio Ambiente que, ainda, é bastante insipiente. Esse sistema ainda não consegue promover um eficiente fluxo das informações ambientais, que incluiriam cadastros em vários níveis entre União, Estados, Distrito Federal e Municípios, além de sistemas de armazenamento e trocas de informações intersetorialmente. Por conseguinte, Beltrão (2009) diz que o direito ambiental tem por objetivo o desenvolvimento sustentável, pois de acordo com a definição universal dada pela Comissão Brundtland, consiste naquele que “satisfaz as necessidades do presente sem pôr em risco a capacidade das gerações futuras de terem suas próprias necessidades satisfeitas”.

Os sistemas ecológicos e recursos naturais administrados de maneira racional, proporciona o ambiente propício a sustentabilidade. Para Capella (1994), a eficiência e a eficácia do direito ambiental exigirão, a médio e longo prazo, a implementação de um quadro jurídico ambiental coerente, articulado e sistêmico, como um passo fundamental para a consolidação de um Estado de direito ambiental. Para tal, seria necessário processos regulatórios, cuja finalidade seria conseguir coordenação, sistematização e a racionalização da ordem pública ambiental. Ressalta-se a problemática para implementação do direito ambiental, que não é apenas um desafio brasileiro, o direito que não pode ser exigível ou cobrado, não é direito, de modo que o direito ambiental

exige sua efetiva implementação para deixar de ser apenas uma lei simbólica, a qual, mantém uma situação de vazio entre a lei e seu real funcionamento.

Uma tentativa de garantir o funcionamento e a manutenção do direito ambiental, é através do acesso a registros e informações governamentais. O acesso facilita o conhecimento público e a discussão, que fornece uma importante proteção contra abusos e má gestão. Também pode ser benéfico para os próprios governos – a abertura e a transparência no processo de tomada de decisão podem ajudar a desenvolver a confiança dos cidadãos nas ações do governo e manter uma sociedade democrática (Banisar, 2004).

2.4.2 Relação entre os Princípios da Informação e transparência

Segundo Livermore e Revesz (2014), a política ambiental deve conter a informação como centro. Estas políticas, em sua maioria, envolvem compensações entre consequências positivas e negativas, quando ponderadas umas contra as outras. Quanto maior o conhecimento das fragilidades e potencialidades dos bens ambientais, maior será a preservação dos recursos (Zsogon, 2002). No mesmo pensamento, Gerring e Thacker (2004) entendem que a transparência é a disponibilidade e acessibilidade de informações relevantes sobre o funcionamento da Administração Pública, sendo associada à ausência de corrupção.

Segundo esses autores, quanto maior o nível de transparência, menores serão as ações corruptas, porque a prática da corrupção viola os padrões de comportamento e, a partir de uma maior transparência das ações públicas, a corrupção tende a ser desencorajada, devido aos mecanismos de punição aplicados em razão dos desvios geradores de improbidades. Para Lindstedt e Naurin (2010), a transparência é um importante remédio contra a corrupção, pois tende a inibir o uso indevido de cargos públicos em troca de ganhos privados. Os autores destacam que na primeira década do século XXI, houve um elevado número de investigações referentes à corrupção, despertando um intenso debate sobre as suas causas, impulsionado, em parte, pela crescente consciência de que a corrupção não é apenas um problema moral, mas um obstáculo ao desenvolvimento e crescimento econômico. Ainda para Lindstedt e Naurin

(2010), uma instituição transparente é aquela em que as pessoas, dentro ou fora da instituição, tem acesso as informações de que necessitam para formar opiniões. O conceito de transparência capta a acessibilidade da informação, pois, para os referidos autores, a instituição é transparente quando as suas ações são claras e visíveis.

2.5 Tecnologia da Informação para sustentabilidade

Com o crescimento da cidade, o desenvolvimento da indústria, o problema da proteção ambiental, as condições para a vida e atividades humanas, estão se tornando cada vez mais complexas (Popov *et al*, 2021). Lunardi, Frio e Brum (2011) já enfatizaram que a revolução tecnológica criará uma onda de consumismo mais supérfluo, que deve originar um comportamento social marcado, dentre outros, pela omissão dos efeitos causados ao meio ambiente.

De maneira geral, a sociedade tem se preocupado mais com o que a natureza pode oferecer do que com os danos causados a mesma. Não é pelo fato de a sociedade desenvolver tecnologias cada vez mais avançadas, que podem poluir ou afrouxar a proteção ambiental. No entanto, os sistemas de informações ambientais, pelo fato de conseguirem padronizar as ações, podem equilibrar e maximizar essas forças. Lunardi, Frio e Brum (2011) afirmam que a adoção dessas tecnologias, denominadas por eles como Tecnologia da Informação - TI Verde, diferencia-se dos demais tipos de TI, sobretudo, pela importância dos aspectos éticos da sustentabilidade possuem na tomada de decisão. A adoção de uma TI tradicional é, geralmente, motivada pelos potenciais benefícios econômicos do seu uso. As práticas da TI Verde tem um fator a mais, pois são motivadas também pela redução da pegada de carbono, mesmo que o aspecto econômico possa não ser tangíveis no curto prazo.

Neste contexto, os sistemas de informações atuam como gerenciadores, realizam filtros e fornecem informações úteis e necessárias à organização, tanto para a implantação quanto na execução da gestão ambiental, gerando indicadores de desempenho, aspectos ou fatores ambientais de atividades, além de produtos e serviços ambientais (Fiorini e Jabbour, 2014). Tal explicação se relaciona diretamente com o principal objetivo do monitoramento ambiental, em que, segundo Popov *et al*

(2021), é fornecer um sistema de gestão para proteção e segurança ambiental, baseado em informações oportunas e confiáveis.

Atualmente, com uma maior ênfase, o desenvolvimento sustentável coloca uma responsabilidade maior nas autoridades para ter uma visão, a longo prazo, dos prováveis impactos das decisões envolvendo o meio ambiente (Culshaw *et al.*, 2006). Tal premissa pode ajudar a incentivar as instituições governamentais para o desenvolvimento de sistemas informações ambientais, sempre prevalecendo a gestão compartilhada de informações.

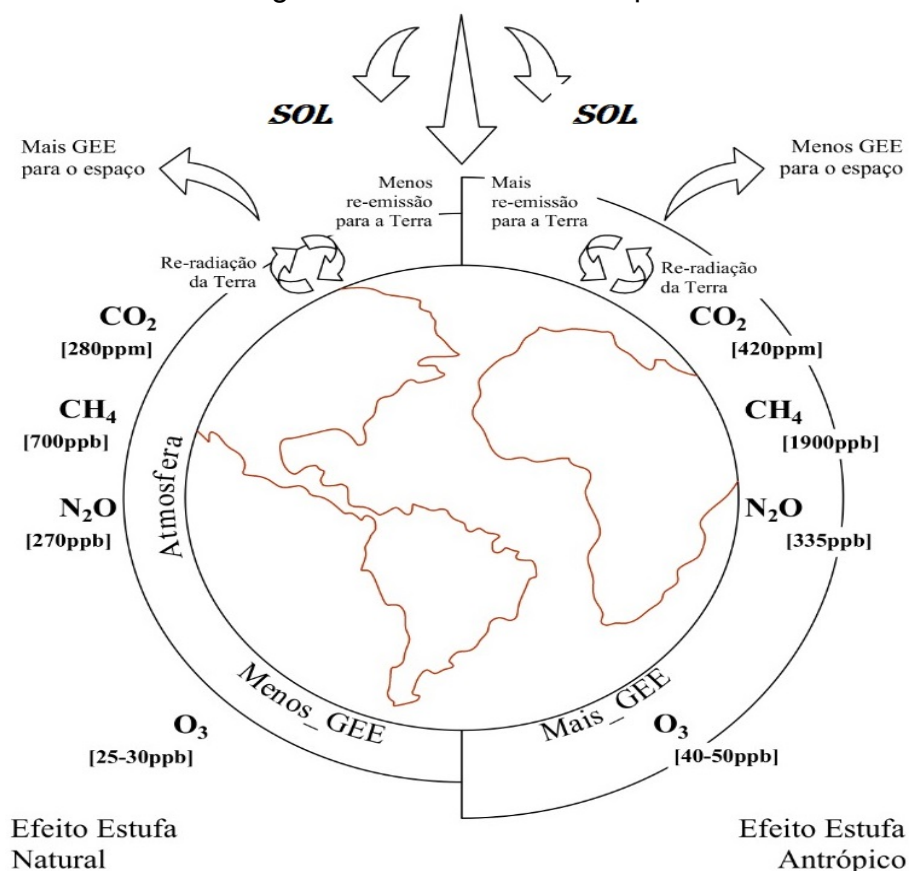
2.5.1 Sistemas públicos de Informações Ambientais na promoção das Políticas de Mudanças Climáticas

A indústria tem sido excessivamente otimista, estimando cortes de cerca de 9% das emissões globais de gases de efeito estufa, devido a tecnologias digitais, enquanto corporações multinacionais e associações comerciais nacionais uniram forças para promover a digitalização como essencial para as transformações de sustentabilidade em setores-chave (Gesi, 2019).

O aquecimento global é uma consequência do resultado entre o interesse público com o interesse privado, ao qual o interesse individual tem sobrepujado o interesse coletivo. O Efeito Estufa é um fenômeno natural, que não pode sofrer intervenção antrópica significativa, pois é essencial a manutenção da vida no planeta. Ele mantém a temperatura ideal para a sobrevivência dos seres vivos. Sem ele, a Terra seria muito fria, o que inviabilizaria o desenvolvimento de todas as espécies (Braga, 2002).

O fenômeno do Efeito Estufa está sendo agravado, como mostrado na figura 1, pois a concentração dele aumenta a cada ano, o que contribui para o aquecimento do planeta. São vários os gases que provocam tal fenômeno, como apresentados na tabela 1, dentre os principais, tem-se: metano (CH_4), vapor d'água (H_2O), dióxido de carbono ou gás carbônico (CO_2), óxido nitroso (N_2O) e o ozônio (O_3) (Baird, 2002). Assim, os Gases do Efeito Estufa (GEE), presentes na atmosfera, podem ser de origem natural ou antrópica, e absorvem e reemitem radiação infravermelha para outras partes da superfície da Terra, para a atmosfera e para o espaço sideral.

Figura 1: Efeito Estufa antrópico



Fonte: Adaptado de Oliveira, 2015.

Todos esses gases são expressos em CO_2 equivalente, que é a medida utilizada para comparar as emissões de vários GEE, sendo multiplicadas as toneladas emitidas pelo seu potencial de Aquecimento Global, instituído pelo IPCC, como apresentado na Tabela 01. Como exemplo, o potencial de Aquecimento Global do metano (CH_4) é maior do que o potencial do CO_2 , em 21 vezes. Assim, diz-se que o CO_2 equivalente do CH_4 , é igual a 21. De acordo com Mattei e Cunha (2021), embora o gás mais presente na terra, seja o vapor de água, o gás carbônico é o mais preocupante, pois é o que permanece mais tempo na superfície.

O IPCC (2007, 2013, 2021) indica o dióxido de carbono como o gás do Efeito Estufa antrópico mais importante. Sua concentração atmosférica global aumentou de 280 ppm, no período pré-industrial, para cerca de 379 ppm, em 2005. A concentração atmosférica de dióxido de carbono, em 2005, ultrapassou em muito, a faixa natural dos

últimos 650.000 anos (180 a 300 ppm), como determinado a partir de análises no gelo. Segundo IPCC (2013, 2021), em 2011, as concentrações do dióxido de carbono, metano e óxido nitroso, foram 391ppm, 1.803ppb e 324ppb, respectivamente, indo além dos níveis pré-industriais, em 40%, 150% e 20%.

Tabela 1: Potencial de aquecimento global dos principais gases de efeito estufa no horizonte de tempo

GASES	FÓRMULA QUÍMICA	TEMPO DE VIDA (ANOS)	HORIZONTE DE TEMPO		
			20 anos	100 anos	500 anos
Dióxido de Carbono	CO ₂	Variável	1	1	1
Metano	CH ₄	12±3	56	21	6.5
Óxido Nitroso	N ₂ O	120	280	310	170
Ozônio	O ₃	0,1 - 0,3	n.d.	n.d.	n.d.
HFC-143^a	C ₂ H ₃ F ₃	48,3	5.000	3.800	1.400
Hexafluorido de Enxofre	SF ₆	3200	16.300	23.900	34.900
Perfluoroetano	C ₂ F ₆	10.000	6.200	9.200	14.000

Fonte: Adaptado de IPCC, 2006

Essa fundamentação foi apresentada pelas suas variações temporais das concentrações de CO₂, que ficaram conhecidas como a Curva de Keeling (1960) e são utilizados e registrados até hoje nas pesquisas sobre a temática em Mauna Loa conforme dados obtidos na figura 2 e figura 3.

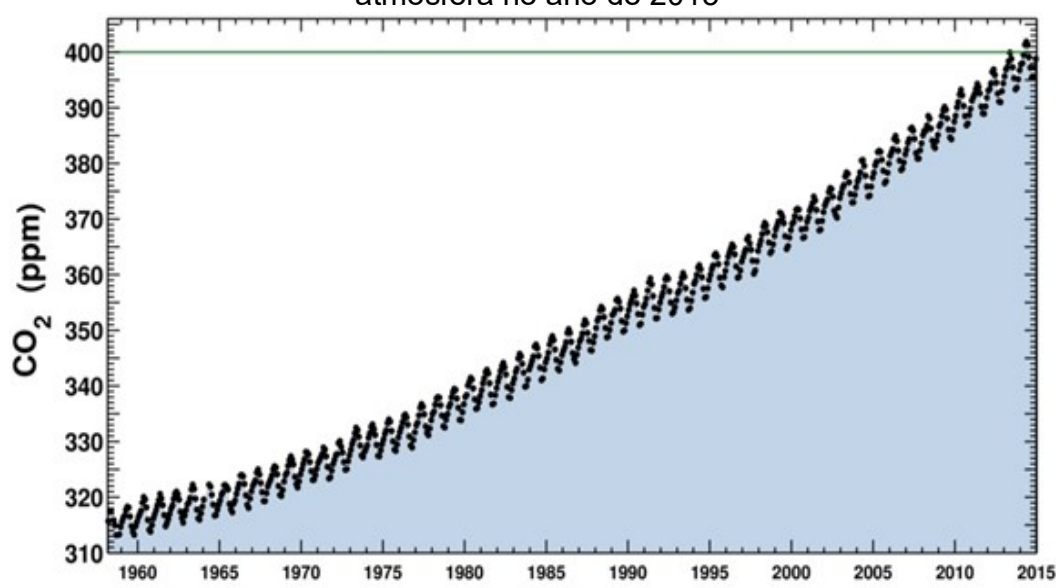
No quarto relatório do IPCC (2007), foram publicados os resultados da Avaliação da Mudança Climática Global, em que se mostra um cenário com um aumento de temperatura média global, entre 1,8°C e 4,0°C até 2100. Em um cenário mais pessimista, esse aumento pode ser aproximadamente 6,4°C, caso a população e a economia continuem crescendo na mesma progressão atual, mantendo o mesmo padrão de consumo, bem como a utilização de combustíveis fósseis. Mas existe uma estimativa mais ponderada, na qual teríamos um acréscimo médio de 3°C.

No Quinto Relatório de Avaliação (AR5) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), publicado em 2013, as projeções indicavam um aumento da temperatura global entre 0,3°C e 1,7°C no período de 2081 a 2100, em relação à média observada entre 1986 e 2005, no cenário mais otimista. No cenário mais

pessimista, estimava-se um aquecimento global variando entre 2,6°C e 4,8°C. Já no Sexto Relatório de Avaliação (AR6), publicado em 2021, as projeções foram atualizadas, prevendo um aumento da temperatura global entre 1,0°C e 1,8°C no cenário de emissões mais reduzidas. No cenário de emissões mais elevadas, a estimativa de aquecimento foi ampliada, indicando um aumento entre 3,3°C e 5,7°C até o final do século.

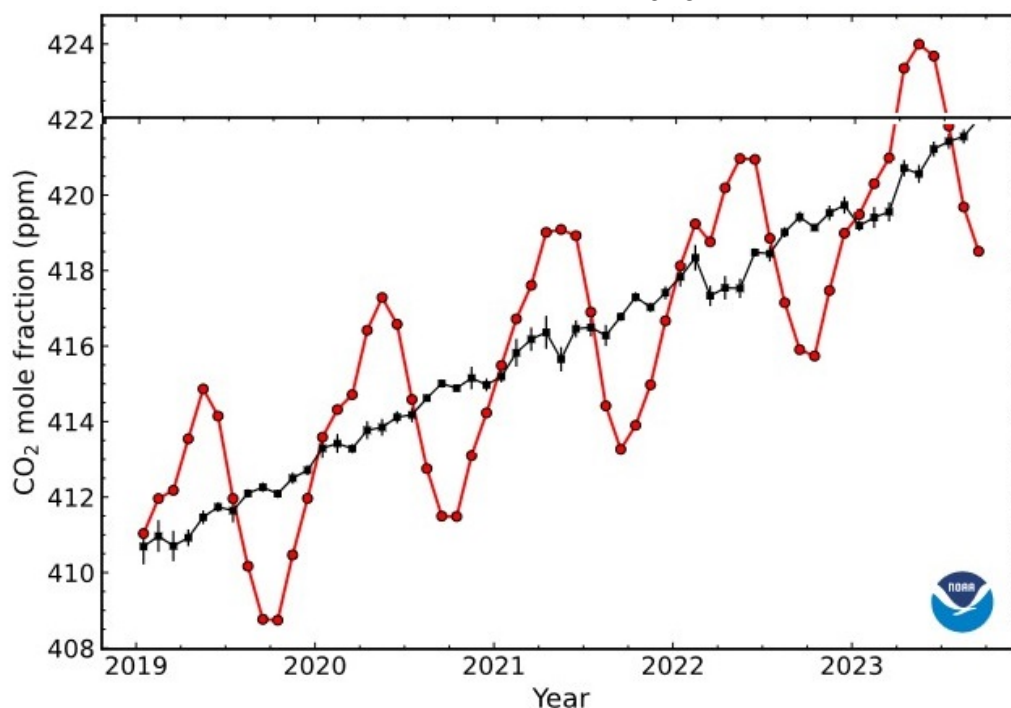
De qualquer forma, as mudanças climáticas, em função do aquecimento global, apresentam-se como uma ameaça, a médio e a longo prazo, para o planeta, pois apenas um grau Celsius de aumento na temperatura global, causa diversos impactos ambientais, consequentemente sociais e econômicos.

Figura 2: Curva crescente de Kelling da concentração do dióxido de carbono na atmosfera no ano de 2015



Fonte: observatório do Mauna Loa, em 06 de janeiro de 2015.

Figura 3: Curva crescente de Keeling da concentração de dióxido de carbono na atmosfera no ano de 2023



Fonte: Observatório do Mauna Loa, em 27 de outubro de 2023

No entanto, esse avanço pode estar ocorrendo de forma mais lenta do que esperado no Brasil, pois Soares e Cunha (2019) relatam que os problemas de controle das emissões são recorrentes em quase todos os municípios do país, indicando que as cidades brasileiras não possuem o objetivo de redução de emissões em suas políticas ambientais.

Dentre as possíveis explicações para esse cenário, tem-se a falta de normas adequadas, baixa fiscalização, inexistência e ou ineficácia de políticas ambientais. Também constataram que a desigualdade social pode não estar diretamente ligada à problemática, pois depende da realidade de cada local. Os Municípios com renda e desenvolvimento mais elevados, são mais eficientes, principalmente, por se concentrarem em setores com menor grau de emissões, tal como o setor de serviços e tecnologia (Soares e Cunha, 2019).

Segundo o IPCC (2007, 2013, 2021), a principal fonte de aumento da concentração do dióxido de carbono na atmosfera, desde o período pré-industrial, é decorrente do uso de combustíveis fósseis e uso alternativo da terra, porém, este, com

uma menor contribuição. De acordo com o Sexto Relatório de Avaliação (AR6) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), publicado em 2021, as emissões globais líquidas antropogênicas de gases de efeito estufa (GEE), continuaram a aumentar entre 2010 e 2019. As emissões médias anuais de GEE durante esse período, foram superiores às de qualquer década anterior, embora a taxa de crescimento tenha diminuído de 2,1% ao ano entre 2000 e 2009 para 1,3% ao ano entre 2010 e 2019.

No cenário nacional, essa situação exige atenção, pois segundo Mattei e Cunha (2021), o Brasil, por ser um país subdesenvolvido e necessitar de muitos investimentos e utilização de recursos, pode ser ainda mais complicada a gestão adequada do meio ambiente. É preciso haver equilíbrio entre expandir e preservar o meio ambiente para garantir condições de vida para as gerações futuras. Apenas em 2009, doze anos após o protocolo de Quioto ser ratificado por alguns países, o Brasil tomou uma iniciativa efetiva para alcançar as metas nacionais de redução de emissão de Gases do Efeito Estufa, com a Política Nacional sobre Mudança do Clima. Nela, é exigido o desenvolvimento de planos de mitigação específicos para frear as emissões, dentre outros, os setores, o industrial. Também foram inclusas nessa política, iniciativas para conservar e apoiar a recuperação de biomas nacionais, consolidar e expandir as áreas de proteção, aumentar a eficiência energética e continuar expandindo o fornecimento de fontes de energia renováveis (Brasil, 2009). Essa política foi regulamentada em 2010, especificando as metas a serem atingidas, entre 36,1% e 38,9%, até 2020.

Todas essas áreas podem ser otimizadas no alcance de seus objetivos com a utilização dos sistemas de informações. Segundo ISA (2008), o comportamento ético deve estar em todos os campos, além de cumprir com todos os requisitos exigidos pela lei. Segundo o autor, isso deveria ser uma atitude natural, não apenas as empresas, mas também dos trabalhadores e das comunidades.

Para prevenir e reduzir emissões e otimizar processos na busca da sustentabilidade, torna-se necessário a contabilização das emissões de Gases do Efeito Estufa, para poder comparar e orientar as ações de neutralização, seja na redução do consumo, seja no sequestro de carbono. Soares e Cunha (2019) evidenciam que a construção de indicadores de eficiência ambiental e analisar a

relação espacial entre eles, pode fornecer informações sobre possíveis trajetórias que podem ser tomadas para reduzir prejuízos causados ao meio ambiente, o que pode promover a concessão de financiamentos, baseados na redução das emissões, o que já é uma das propostas da política climática brasileira.

Vale ressaltar que as metodologias atuais quanto ao cálculo de emissões desses gases, ainda são complexas e quase inacessíveis ao público não científico, o que contribui para o distanciamento da adesão de tecnologias limpas. Nesse contexto, os sistemas de informações ambientais, tanto ajudam na contagem de gases emitidos, quanto no cálculo automatizado para estimado para reflorestamento, como também a recuperação de áreas já degradadas, constituindo uma grande possibilidade de ganhos ambientais.

Ela é uma ação voluntária que pode ser adotada por empresas ou indivíduos, no sentido da sustentabilidade, a partir do cálculo de emissões de Gases do Efeito Estufa, convertendo tais emissões em CO₂ equivalentes, a fim de determinar as medidas compensatórias a serem tomadas por cada indivíduo ou instituições (Brandão *et al.*, 2008). Para Neto (2007), a neutralização compensatória de carbono é uma proposta ligada à ética ambiental, pois, atualmente, projetos para mitigação ambiental ainda estão sendo deixados para segundo plano, em função, sobretudo, de demanda de recursos.

Nesse contexto, o enorme potencial de neutralização de emissões de Gases do Efeito Estufa, através dos sistemas de informações ambientais, pode proporcionar diversos tipos de benefícios ao desenvolvimento sustentável. O conhecimento sobre a temática, na tomada de decisão, bem como o quanto se emite nas atividades administrativas, direta ou indiretamente, constituem óbices à adoção de práticas sustentáveis, ocasionando uma maior emissão dos Gases do Efeito Estufa.

2.6 Lógica fuzzy

A teoria dos conjuntos Fuzzy foi proposta por Zadeh, quando trabalhou em situações-problemas que envolviam classificações de conjuntos que não possuíam limites bem definidos (Chaves, 2014). Essa teoria pode ser usada no desenvolvimento

de ferramentas computacionais, no apoio à decisão (Zadeh, 1965), expandindo sua aplicação em diversas áreas, desde a aplicação em engenharias, inteligência artificial, controle e gestão, à processos ligados ao meio ambiente e permitindo o acesso mais próximo da tomada de decisão humana por meio digitalizados. A palavra Fuzzy tem origem inglesa e seu significado pode variar dependendo do contexto que é inserida (Barros, 2006).

A teoria dos conjuntos Fuzzy pode visualizar elementos tidos como incerto, vago, impreciso, subjetivo, nebuloso, difuso, hesitante dentre outros para a mente humana e transformá-los em instancias ou graus de verdades parciais (Barros, 2006; Zadeh, 1965). Para Sandri (1999), a Lógica Fuzzy pode ser considerada como uma lógica nebulosa, devido tratar de imperfeições e incerteza de um determinado assunto, considerando o raciocínio aproximado e não exato da questão estudada, pois torna-se possível determinar as variáveis e qualificar em vários níveis linguísticos. Assim, os conjuntos fuzzy podem ser usados para quantificar informações inexatas e incertas. O conhecimento impreciso e relativamente vago do especialista, é necessário para ser contabilizado de forma quantitativa (Sampaio Filho et al., 2018).

2.6.1 Funções de Pertinência

Nos conjuntos clássicos, é abordado que um determinado elemento pertence ou não pertence a um conjunto em um universo. Onde U é um universo e $x \in U$, define-se a função característica $\chi_A(x)$ em relação ao conjunto $A \subseteq U$ como:

$$\chi_A(x) \begin{cases} 1 & \text{se } x \in A \\ 0 & \text{se } x \notin A \end{cases}$$

Já no caso dos conjuntos Fuzzy A do universo U , estes são definidos por uma função de pertinência: $\mu_A(x): U \rightarrow [0, 1]$ (Freitas, 2021). Zadeh (1965) coloca que: o valor de $\mu_A(x)$ é um número que pertence ao intervalo $[0, 1]$, onde 1 representa a associação total do conjunto, e 0 a não-associação (Meirelles et al., 2007; Zadeh, 1965). A $\mu_A(x)$ da função é entendida como o grau com que o elemento x pertence ao

conjunto Fuzzy A, ou seja, $\mu_A(x) = 0$, nesse caso, a função indica a não pertinência do x à A, e $\mu_A(x) = 1$ faz indicação da pertinência ao conjunto (LIN et al., 2016; AZADNIA et al., 2021).

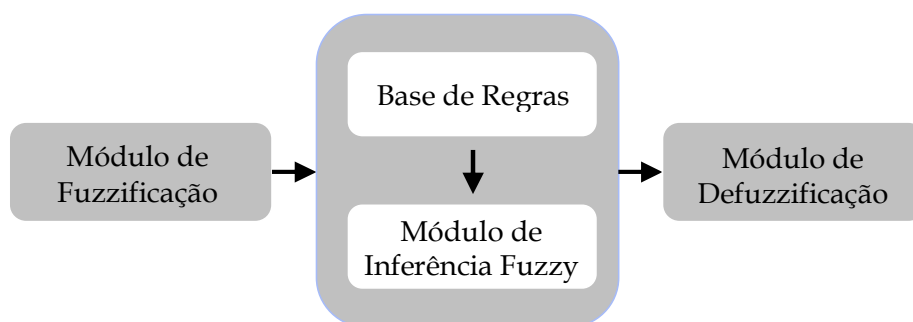
2.6.2 Sistema Fuzzy do tipo Mamdani

O método de inferência fuzzy do tipo Mamdani utiliza conhecimentos de especialistas para a estruturação e agregação do conjunto de regras (Mamdani, 1975). Trata-se de uma relação Fuzzy que tem como base a composição de inferência max-min (Barros e Bassanezi, 2010).

2.6.2.1 Sistema Baseado em Regras Fuzzy

Um Sistema Baseado em Regras Fuzzy (SBRF), é quando ocorre mapeamento de um conjunto de dados de entradas para um conjunto de dados para saída e o seu processo de inferência é baseado em regras. É possível se utilizar em diversas áreas, como ciências ambientais, gestão de recursos hídricos, gestão ambiental, onde existe necessidade de aperfeiçoamento, melhorar e/ou fundamentar com ferramenta as tomadas de decisão, principalmente na construção de índices:

Figura 4: Etapas de Sistemas Baseados em Regras Fuzzy (SBRF)



Fonte: Adaptado de Barros e Bassanezi, 2010

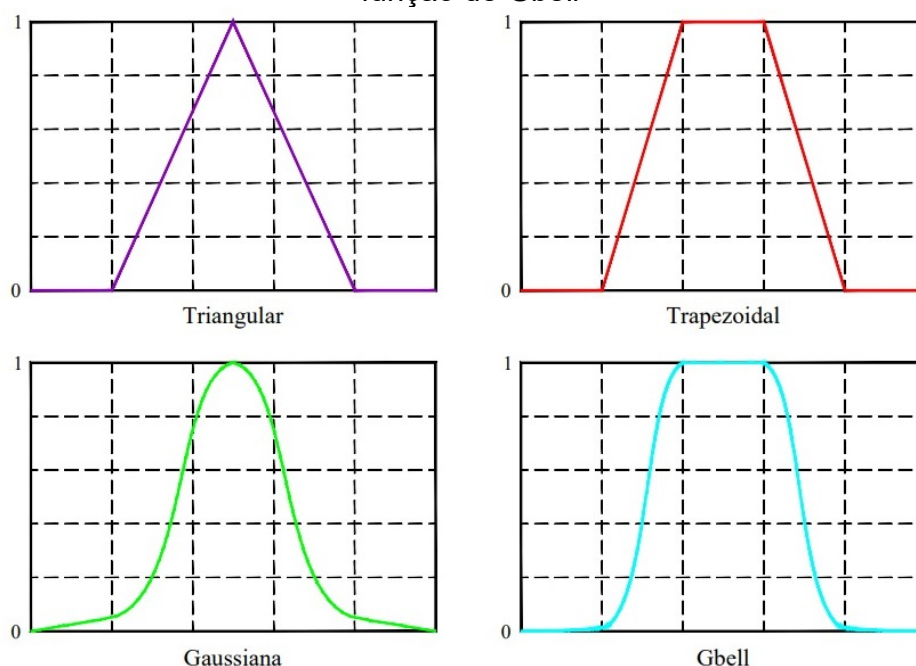
Um sistema baseado em regras Fuzzy, utilizando inferência tipo Mamdani, apresenta quatro módulos essenciais para o seu funcionamento: a entrada dos dados

denominados de fuzzificação, base de regra, inferência fuzzy e saída dos dados conhecida também como defuzzificação, como mostra a Figura 4. Cada sistema desenvolvido passa por cada etapa apresentada na Figura 4, para então, o resultado final da aplicação.

2.6.2.1.1 Fuzzificação

Na *fuzzificação*, as variáveis de entrada do SBRF são moldadas por conjuntos Fuzzy, com seus domínios (Barros e Bassanezi, 2010). Nessa etapa, é utilizado a transformação dos limites nítidos ou não fuzzy das entradas em graus de pertinência, sendo atribuído um valor entre 0 e 1:

Figura 5: Funções de Pertinência: (a) Triangular (b) Trapezoidal (c) Gaussiana (d) função de Gbell



Fonte: Adaptada de Barros e Bassanezi, 2010.

Nessa etapa, é de extrema importância a consulta a especialistas, pois auxiliam na formulação das funções de pertinência para cada conjunto Fuzzy (Barros e Bassanezi, 2010). É a partir do conhecimento empírico do especialista, que se atribui os valores de pertinência, a forma das funções de pertinência (triangular, trapezoidal,

gaussiana e Gbell) (figura 5) e assim realizada a construção das funções de cada conjunto fuzzy.

2.6.2.1.2 Variáveis Linguísticas

Uma Variável Linguística é caracterizada por uma quintupla $\langle X, T(X), X, G, M \rangle$ em que:

X : é o nome da variável, por exemplo Temperatura; $T(X)$: um conjunto de termos de X cujos elementos são rótulos L de valores linguísticos de X , por exemplo Quente, Fria, Confortável; X : Universo de discussão da variável, ou seja, seu intervalo de existência. Por exemplo, se a variável é a Temperatura ambiente, pode-se dizer que o intervalo seria $[-20, 50]$; G : gramática a ser usada para gerar os rótulos dos valores linguísticos. Por exemplo, utilizar pouco ou muito para a variável Temperatura não seria uma boa escolha; M : regra semântica que atribui a cada rótulo L em $T(X)$ um significado cuja realização é um conjunto fuzzy no universo X , ou seja, para cada rótulo, associa-se um conjunto fuzzy.

2.6.2.1.3 Base de Regras

A parte central do SBRF é composta pela base de regra que é integrada por proposições Fuzzy do tipo:

$$\begin{aligned} & \text{Se } x_1 \text{ é } A_1 \text{ e } x_2 \text{ é } A_2 \dots \text{e } x_n \text{ é } A_n \\ & \text{Então } \mu_1 \text{ é } B_1 \text{ e } \mu_2 \text{ é } B_2 \dots \text{e } \mu_m \text{ é } B_m \end{aligned}$$

É neste momento que as variáveis de entrada e saída são associadas para gerar as leis que serão utilizadas para realizar as inferências, ou seja, é com base nestas regras que associam as variáveis de entrada com as de saída que são feitos os cálculos nos sistemas fuzzy baseados em regras (Barros e Bassanezi, 2010).

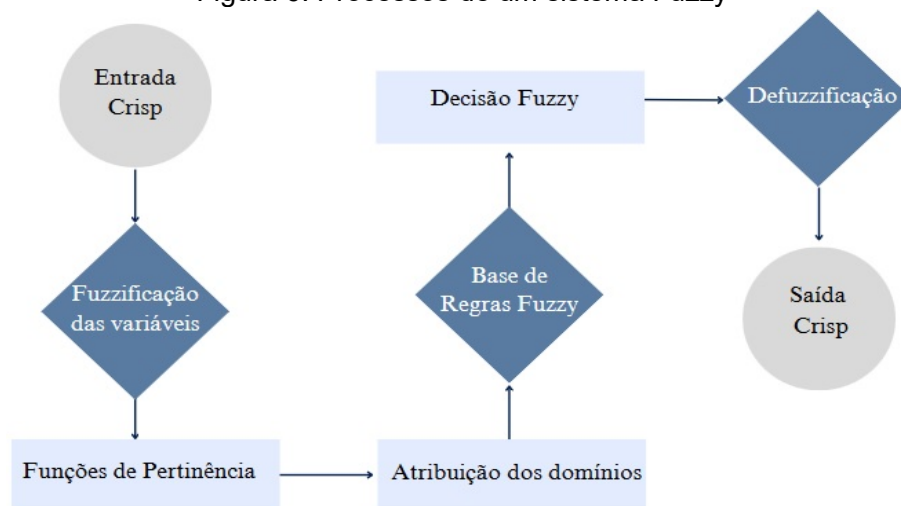
2.6.2.1.4 Inferência Fuzzy

É nesse módulo que cada proposição Fuzzy é traduzida matematicamente por meio de método da lógica Fuzzy. O sucesso da aplicação Fuzzy depende desse módulo, pois fornece a saída *crisp* a ser adotada (Barros e Bassanezi, 2006). Para a inferência de cada Sistema Fuzzy, pode ser empregado o método de Mamdani (Mamdani, 1975), fundamentado na regra de composição de inferência *máx-min*. O operador mínimo (*min*) é empregado na realização da interseção entre os conjuntos dos antecedentes, com o objetivo de calcular o grau de ativação de cada uma das regras. Por sua vez, o operador máximo (*max*) é utilizado para a união das saídas de todas as regras. O resultado obtido ao término dessa etapa é um conjunto fuzzy.

2.6.2.1.5 Defuzzificação

A figura 6 representa o processamento das informações em um sistema Fuzzy.

Figura 6: Processos de um sistema Fuzzy



Fonte: Adaptado de Pivovarova et al, 2020; Larroca, et al, 2020.

Para Barros e Bassanezi (2006), o centroide ou método do centro de gravidade, apesar de ser o mais complexo, é o mais utilizado, pois calcula o valor crisp como o centro de massa do conjunto fuzzy resultante, o que é feito encontrando o ponto onde a

área do gráfico da função de pertinência é "equilibrada", como se fosse uma placa rígida equilibrada em um ponto. Esse é o método mais comum cuja fórmula é:

$$z = \frac{\int \mu(z) z \mu(z) dz}{\int \mu(z) \mu(z) dz}$$

Onde:

- z : é o valor crisp defuzzificado, variável de saída, ou ainda, a posição do centroide.
- $\mu(z)$: é a função de pertinência do conjunto fuzzy resultante.
- $\int$: integral sobre o domínio do conjunto fuzzy.

3 PERCURSO METODOLÓGICO

Para a criação desse índice, foi estabelecido uma série de etapas para ao final, criar uma série de sistemas baseados na Lógica Fuzzy (Gomide, Gudwin e Tanscheit, 2017), em que foram utilizadas variáveis de entrada, que levaram em consideração a natureza da complexidade da gestão ambiental. Inicialmente, na primeira etapa, foi realizado o levantamento bibliográfico com fundamentações sobre a temática, bem como aspectos dos indicadores para composição do método. Foram selecionados, numa segunda etapa, os indicadores para cada grupo separado por área, que podem impedir a eficácia dos sistemas públicos de informações, identificando as vulnerabilidades.

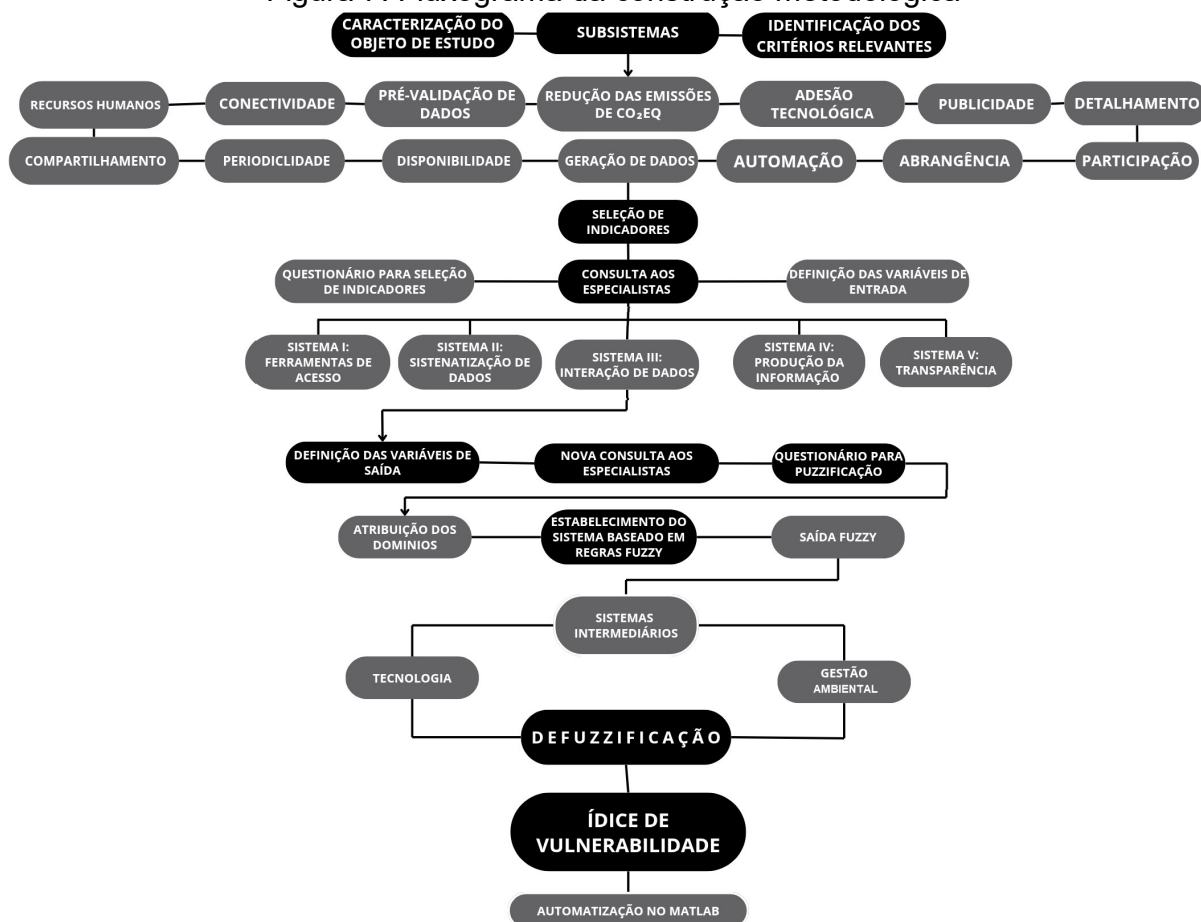
Em todas as etapas, sobretudo, na primeira, foram considerados diversos aspectos dos dados ou informações, dentre eles: acessibilidade, existência, acurácia, sem erros ou até mesmo contendo erros; completude; variando de completo até incompleto; oportunidade, variando de atualizado até desatualizado; pertinência, variando de escala adequada até escala inadequada; para relevância, variando de dados existentes até não existem dados.

As propriedades adotadas na busca por esses indicadores, de acordo com May e Lustosa (2010), devem ser cobertura, relevância, validade, especificidade, confiabilidade, sensibilidade, custo-efetivo, forma de construção, comunicabilidade, facilidade de obtenção, periodicidade na atualização, historicidade e comparabilidade. Foram compiladas, selecionadas e adequadas aos indicadores, no sentido de avaliar a eficácia dos sistemas de públicos de informações ambientais nos órgãos ambientais locais que compõem o SISNAMA e, por conseguinte, tornar possível a apresentação do nível de vulnerabilidades dessa gestão. Assim, os indicadores apresentados para seleção aos especialistas, foram baseados em seis pilares: acesso aos dados disponíveis, informações disponibilizadas, fontes, metodologia de consolidação, critérios de recepção e validação dos dados.

A pesquisa é do tipo quantitativa e qualitativa. De acordo com Boaventura (2004), esse modelo, conforme figura 7, constitui excelente integração entre os enfoques quanti-quali, no qual ambos devem se combinar durante todo o processo da

pesquisa (Sampieri, 2012). Foram validados e quantificados os dados, tanto no momento da coleta de informações, quanto no tratamento no momento da sua tabulação. Apesar de Sampieri (2012) afirmar que esse enfoque se baseia no método hipotético-dedutivo para gerar o conhecimento, ele não descarta a realidade subjetiva nem as experiências individuais.

Figura 7: Fluxograma da construção metodológica



Fonte: O autor, 2025.

Nesse sentido, utilizou-se como parte da pesquisa para fundamentação, na busca desses indicadores, o levantamento bibliográfico que, segundo Gil (2010) e Severino (2007), trata-se do desenvolvimento a partir de publicações mais relevantes, dentre os quais livros, artigos, revistas, teses, dissertações, dicionários, enciclopédias, anuários, dentre outros formatos de informações. Essas publicações foram pesquisadas

nas bases de dados das principais áreas do conhecimento, a saber: biomédicas, PubMed; exatas e engenharia, SCOPUS; humanas e ciências sociais, Web of Science; multidisciplinar, Science direct. Foram utilizados os descritores, sistema de informações ambientais, transparência ambiental e informação ambiental.

Entende-se que, ao final da constituição do índice, foi fundamental criar cenários e analisar estes cenários dentro de uma plataforma, tal como R studio ou MATLAB, no sentido de avaliar o mesmo, além de colher novas informações, bem como aperfeiçoar o primeiro levantamento. Segundo Yin (2005), é o procedimento mais adequado, quando é trabalhado com fenômenos contemporâneos no contexto da pesquisa por aprofundamento da relação fenômeno/contexto.

O estudo também pode ser considerado como uma pesquisa exploratória, definida como aquela que objetiva proporcionar maior aproximação com o problema, com a finalidade de torná-lo mais explícito, ou ainda, construir hipóteses (Gil, 2010), pois foi realizado um levantamento de dados para seleção de variáveis. Assim, foi desenvolvido um sistema, com um conjunto de indicadores para criação de um índice de vulnerabilidade da gestão ambiental local, com a Lógica Fuzzy, ao qual se aplica aos municípios que atuam nas três áreas específicas ligadas ao controle ambiental, quais sejam: licenciamento, monitoramento e fiscalização ambiental.

3.1 Caracterização do objeto de estudo

Após essas definições da gestão ambiental pública, foi realizada a estruturação do sistema Fuzzy, que consta de um processador de entrada (“fuzzificador”), composto pelas variáveis, definidas a partir do resultado da etapa denominada “Seleção de indicadores”, ao qual foram consultados especialistas que possuem relação com tecnologia e gestão ambiental, pesquisa em gestão pública e/ou pesquisa em ciências ambientais. Assim, foi criado um conjunto de base de regras associadas ao um processador de saída, “defuzzificador”, conforme Cavancanti (2012), que resultou no Índice de Vulnerabilidade dos Sistemas Públicos de Informações Ambientais Municipais.

3.1.1 Elaboração de questionários

Foram elaborados diversos questionários (ver apêndice A, B, C, D e E), de natureza mista, na etapa da seleção dos indicadores, semiestruturados. Na etapa de Fuzzificação, elaborou-se um formulário para aplicação após a posse dos indicadores definitivos do sistema de construção final do índice (ver apêndice F, G e H). Assim, objetivamos os municípios que possuem órgão ambiental como capacitado, de acordo com a Lei federal complementar nº 140, de 2011. Compreende-se que seria impossível ter um índice razoável de vulnerabilidade sem um determinado órgão ambiental não desenvolver as atividades de Licenciamento ambiental, Fiscalização ambiental e Monitoramento ambiental, pois seu trabalho com a gestão ambiental fica bastante enfraquecida.

3.1.1.1 Questionário para seleção de indicadores

A coleta de dados para essa etapa, visou buscar a contribuição dos especialistas para exclusão, inserção ou retificação de indicadores para compor os sistemas, quais sejam: ferramentas de acesso, integração de dados, sistematização de dados, produção da informação e transparência. Foi confeccionado um formulário, do tipo semiestruturado, com questões para ponderação entre os possíveis indicadores com algumas perguntas abertas para sugestões.

O objetivo foi selecionar três principais indicadores de cada subsistema para composição de dois índices intermediários: tecnologia e gestão ambiental. Acredita-se que, com esse tipo de abordagem, é evitada as informações implícitas ou premissas implícitas (Giannella, 2015), que fazem com que a pesquisa perca sua credibilidade e confiabilidade, além de trazer possíveis cenários, antes não abordados, tendo em vista o grande número de áreas que envolvem o apontamento das vulnerabilidades da Gestão Ambiental pública e local.

3.1.1.2 Questionário para Fuzzificação

Após a seleção dos indicadores finais da composição do índice, foi solicitado que os especialistas definissem os domínios para cada parâmetro dos cinco sistemas. A partir das respostas dos especialistas, foi possível identificar a zona nebulosa de cada parâmetro. O formulário foi disponibilizado através de *link* para profissionais especializados na área (Apêndice F, G e H), por meio do uso de *e-mail* e de redes sociais como *WhatsApp*, *Instagram* e *Telegram*.

3.2 Seleção dos indicadores

Foi realizada uma conversa prévia com os pesquisados para se inteirarem e se concentrarem melhor sobre a temática, sobretudo, no contexto sobre indicadores. Ressalta-se que,

o indicador é uma medida, de ordem quantitativa ou qualitativa, dotada de significado particular e utilizada para organizar e captar as informações relevantes dos elementos que compõem o objeto da observação. É um recurso metodológico que informa empiricamente sobre a evolução do aspecto observado (Ferreira; Cassiolato; Gonzales, 2009, p. 24).

Ainda segundo enfatizam Ferreira, Cassiolato e Gonzales (2009), os indicadores, quando aplicados para avaliação da gestão pública, são instrumentos relevantes na identificação e mensuração de aspectos relacionados à ação ou omissão do Estado. A principal finalidade nesse cenário, seria tornar exequível a sua avaliação, verificar as metas planejadas, a eficácia da aplicação dos diversos recursos, como tempo, pessoas, orçamento e infraestrutura, além das falhas ocorridas nas diversas etapas de execução das suas respectivas atribuições. Nesse cenário da gestão pública, destacam-se as utilidades prioritárias para os indicadores, quais sejam:

- Fundamentação técnica/legal para tomada de decisão;
- Auxílio na diminuição da imprecisão;
- Referências na análise crítica de resultados;
- Mensuração de desempenho por comparativos;

- Promoção do aperfeiçoamento do fluxo dos processos no atendimento das demandas socioambientais.

Utilizou-se na aplicação dos questionários para seleção dos indicadores, uma forma de ponderação pela qual se buscou criar um grau de importância entre todos os indicadores, classificando-os, elegendo aqueles aos quais acreditam que sejam mais importantes, de modo que foi obtido uma base de comparação com os demais indicadores apresentados.

3.2.1 Identificação dos critérios relevantes

Os indicadores, para avaliar um sistema de informações ambientais, devem buscar a eficácia e, em algumas situações, eficiência, na gestão ambiental pública local. Entende-se que a ineficácia e a ineficiência apontam para vulnerabilidades dessa gestão. Diversas diretrizes foram adotadas como parâmetro para extrair os critérios mais relevantes e, assim, chegar aos melhores indicadores finais para o sistema Fuzzy. Destaca-se alguns aspectos quantitativos e qualitativos:

- Abrangência para avaliar a extensão do Sistema de Informações Ambientais Local (SIAL) para cobertura geográfica, setores e temas ambientais abordados;
- Acesso para avaliar a facilidade de alcance às informações ambientais, a qualidade das informações e a facilidade de uso dos aplicativos;
- Atualização para verificar a frequência e a qualidade das atualizações dos SIALs, incluindo a disponibilidade de dados em um determinado intervalo de tempo;
- Integração que avalia a capacidade do SIAL em interrelacionar os dados de diferentes fontes e setores;
- Participação para verificar o envolvimento dos usuários com os SIALs, incluindo a capacidade de fornecer feedback e poder contribuir para a melhoria contínua do sistema;
- Efetividade, que verifica a capacidade em fornecer informações úteis e relevantes para a tomada de decisões dos agentes públicos, incluindo a capacidade de prever e monitorar impactos ambientais;

- Modelagem, que verifica os aspectos quantitativos do indicador, como linearidade, booleano, múltiplo, infinitesimal e nebuloso, considerando incertezas e graduações de pertinência.

Todos esses indicadores necessitam de dados que estão ligados direta ou indiretamente às vulnerabilidades da gestão, associados às diversas áreas da gestão ambiental, quais sejam:

- Mudanças climáticas, com dados de temperatura, precipitação e níveis do mar, dentre outros, a depender da região;
- Desmatamento com os dados de monitoramento da taxa de desmatamento, da extensão de áreas suprimidas, perda de biodiversidade e erosão do solo;
- Poluição em geral com os dados de monitoramento da qualidade do ar, da água e do solo;
- Uso do solo com dados relativo à expansão urbana, da conversão de áreas naturais em áreas agrícolas e da fragmentação de habitats;
- Riscos naturais, como as ocorrências de enchentes, deslizamentos de terra e incêndios florestais;
- Pressão antrópica, com sua densidade populacional, consumo de recursos naturais e produção de resíduos;
- Capacidade de suporte com a disponibilidade de recursos naturais, infraestrutura local e a capacidade institucional.

Existem ainda outros aspectos relacionados à gestão como um todo, em seus aspectos mais gerais, tais como: cumprimento de normas e regulamentos; participação pública; capacidade institucional; auto monitoramento e auto avaliação; transparência; cooperação interinstitucional e planejamento.

3.2.2 Consulta aos especialistas sobre qualidade dos indicadores

Os especialistas foram consultados nas duas etapas principais, quais sejam, a seleção de indicadores e a fuzzificação. No primeiro momento, para selecionar os indicadores e; no segundo momento, para desenvolver um método que gerasse os conjuntos fuzzy. A participação foi voluntária e aceita pelos participantes, de modo que

os resultados puderam ser utilizados e poderão divulgados em publicações científicas. Os questionários foram respondidos de forma anônima, com isso, os participantes não podem ser identificados, sendo garantida a confidencialidade de sua resposta.

Foi realizada uma caracterização básica do entrevistado, sem, contudo, o identificar, por questões das normas éticas adotadas para a publicação dos resultados. Optou-se por coletar apenas dados opinativos, o que caracteriza desobrigar a submissão em um comitê de ética, de acordo com a Resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde (CNS), bem como a Resolução nº 510, 7 de abril de 2016, do CNS. Destaca-se o Art. 1, parágrafo único, Inciso I, da Resolução 510, de 2016:

“Não serão registradas nem avaliadas pelo sistema CEP/CONEP:

I – Pesquisa de opinião pública com participantes não identificados;

II – Pesquisa que utilize informações de acesso público, nos termos da Lei no 12.527, de 18 de novembro de 2011;

III – Pesquisa que utilize informações de domínio público;

IV - Pesquisa censitária;

V - Pesquisa com bancos de dados, cujas informações são agregadas, sem possibilidade de identificação individual; e

VI - Pesquisa realizada exclusivamente com textos científicos para revisão da literatura científica;

VII - Pesquisa que objetiva o aprofundamento teórico de situações que emergem espontânea e contingencialmente na prática profissional, desde que não revelem dados que possam identificar o sujeito; e

VIII – Atividade realizada com o intuito exclusivamente de educação, ensino ou treinamento sem finalidade de pesquisa científica, de alunos de graduação, de curso técnico, ou de profissionais em especialização.

Estas normas são aplicáveis de forma direta às áreas das Ciências Humanas e da Saúde, sendo sua aplicação em pesquisas mistas, que envolvam as Ciências Exatas em conjunto com essas áreas, permitida apenas por analogia ou devido à proximidade metodológica entre os campos do conhecimento.

3.3 Definição das variáveis de entrada

Essa avaliação dos sistemas públicos de informações ambientais demanda uma análise rigorosa dos grupos de indicadores que formarão o sistema fuzzy final. Foram considerados os pressupostos estabelecidos pelo SINIMA, bem como outras

referências para construir os sistemas iniciais. A composição dos sistemas considera uma Política de Informação que tenha como norte a utilização de tecnologias da informação disponíveis, a produção da informação para a tomada de decisão, a integração dos dados com os diversos setores internos e externos da sociedade, a otimização através da sistematização dos processos e a transparência nos órgãos ambientais dos municípios, como se visualiza na Tabela 2:

Tabela 2: Composição dos Sistemas de inferência

ORDEM	SISTEMAS	DOMÍNIO
1	Ferramentas de acesso	(0, 100)
2	Produção da informação	(0, 100)
3	Integração de dados	(0, 100)
4	Sistematização das informações	(0, 100)
5	Transparência	(0, 100)

Fonte: Autoria própria (2025)

Foram estabelecidos cinco sistemas distintos: ferramentas de acesso, integração de dados, sistematização das informações, produção da informação, e transparência. No entanto, ressalta-se que os sentidos e objetivos desses sistemas vão além das abrangências estabelecidas na Política Nacional de Meio Ambiente.

3.3.1 Sistema I: Ferramentas de acesso

Para esse subsistema ou grupo de indicadores, tem-se, a princípio, a adesão tecnológica, a abrangência e Redução das Emissões de Carbono Equivalente. Na tabela 3 está descrito o referido sistema:

Tabela 3: Composição e domínios do Sistema Ferramentas de acesso

ORDEM	VARIÁVEL	TERMOS LINGÜÍSTICOS	DOMÍNIO
-------	----------	---------------------	---------

1	Adesão tecnológica	Baixa Média Alta	(0, 100)
2	Abrangência	Baixa Média Alta	(0, 100)
3	Redução das Emissões de Carbono Equivalente	Baixa Média Alta	(0, 100)

Fonte: O autor, 2025

As ferramentas de acesso constituem um dos eixos norteadores do Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente (SINIMA), instituído pela Política Nacional de Meio Ambiente, por meio da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Esse eixo tem como objetivo avaliar de que maneira as instituições utilizam as tecnologias disponíveis ou identificar os motivos pelos quais não as adotam. Destaca-se que os domínios apresentados são representados em valores percentuais, oscilando entre 0 e 100. Essa mesma unidade de medida e faixa de variação são aplicáveis a todos os subsistemas apresentados.

3.3.1.1 Subsistema Adesão tecnológica

Esse é um subsistema que trata da utilização das tecnologias disponíveis para a gestão ambiental, que promovam a sustentabilidade, bem como a promoção da segurança da administração pública ambiental. Esse grupo tem como centro a disponibilização de tecnologias da informação ambiental, como a etapa fundamental. Na tabela 4, têm-se os indicadores iniciais que foram classificados pelos especialistas.

Tabela 4: Composição e domínios do subsistema adesão tecnológica

ORDEM	INDICADORES	DOMÍNIO
1	Sistemas de armazenamento de dados	(0, 10)

2	Ferramentas para a população	(0, 10)
3	Banco de dados na gestão ambiental	(0, 10)
4	Tecnologia na análise do processo	(0, 10)
5	Resolução Espacial	(0, 10)
6	Resolução Temporal	(0, 10)

Fonte: O autor, 2025.

O indicador Sistemas de armazenamento de dados, objetiva verificar a utilização de *softwares* de armazenamento de dados para processamento, bem como a geração de relatórios e gráficos das diversas áreas da gestão ambiental, tais como ar, água subterrânea, águas superficiais e florestas. Quanto a Ferramentas para a população, busca-se conhecer os aplicativos oferecidos para o usuário final, para o melhor uso e manejo dos recursos ambientais nas áreas rurais e urbanas, nas diversas áreas, tais como ar, água subterrânea, águas superficiais, florestas, biodiversidade, resíduos sólidos, efluentes, ruído e transporte de produtos perigosos. Outro indicador importante, é o Banco de dados na gestão ambiental, que verifica a existência de banco de dados de condicionantes, pré-requisitos, estudos, exigências e critérios de análise no licenciamento, fiscalização e monitoramento ambiental.

A tecnologia na análise do processo verifica a utilização de vídeos, metodologias de processamento digital de imagem, sensoriamento remoto, Sistemas de Informação Geográfica (SIG), reconhecimento de padrões e inteligência artificial para análise ambiental. Um importante elemento apresentado da tabela 4, é a Resolução Espacial, que busca verificar a qualidade da imagem de satélite disponibilizada para os técnicos na análise ambiental.

Atualmente, varia entre 0,3 metros, a de melhor qualidade e até 30 (trinta) metros, a de pior qualidade. Como exemplo, apresenta-se a possível disponibilização do banco de dados do Cadastro Ambiental Rural para as instituições e agentes que trabalham na proteção ambiental municipal, no entanto, essa ferramenta não é disponibilizada para esses órgãos. Para o subgrupo, tem-se o indicador resolução temporal, para verificação do tempo de atualização ou de disponibilização da imagem de satélite. O intervalo razoável para o órgão ambiental ter acesso, está entre 1 e 45 (quarenta e cinco) dias. Como exemplo, têm-se as informações do Cadastro Ambiental Rural (CAR), que possuem informações de posseiros, desmatamentos, dentre outros,

porém, dentro da própria instituição local, essa informação não é disponibilizada para os setores de licenciamento, fiscalização e monitoramento ambiental.

Segundo Brasil (2012), os imóveis rurais, localizados nos municípios, são inscritos no CAR, que é um registro público eletrônico, ao qual possui diversos objetivos, dentre os quais, o de integrar as informações ambientais das posses e propriedades do ambiente rural. Essa base pode fortalecer o SINIMA, compondo a base de dados que poderia estar disponibilizada para todos os municípios e seus órgãos ambientais locais para controle socioambiental, com destaque para o combate ao desmatamento, monitoramento e planejamento econômico-ambiental.

3.3.1.2 Subsistema Abrangência

A Abrangência engloba até onde os sistemas atuam, ou seja, Licenciamento, Monitoramento, Fiscalização Ambiental. Dentro do que foram delimitados, excluindo as demais áreas de possíveis atuações do órgão ambiental local, como educação ambiental, gestão de Unidades de conservação, gestão de Resíduos Sólidos, Recursos Hídricos, entre outras, como pode se ver na tabela 5:

Tabela 5: Composição e domínios do subsistema Abrangência

ORDEM	INDICADORES	DOMÍNIO
1	Aplicativos por área de atuação	(0, 10)
2	Percentual de utilização dos Softwares	(0, 10)
3	Utilização de Softwares setorialmente	(0, 10)

Fonte: O autor, 2025.

Destaca-se nesse grupo de indicadores, a utilização de *Softwares* setorialmente, pois é verificado nas áreas de Licenciamento, Fiscalização, Monitoramento, Recursos Humanos e Compras, que existem ferramentas tecnológicas para o desenvolvimento de suas atividades. Ressalta-se a importância da utilização de tecnologias para o favorecimento de soluções ambientais, sendo necessária à sua utilização nas diversas áreas de atuação. Assim, diferencia-se o indicador 1 do indicador 3 pelo fato destes setores, geralmente, possuírem prioridades no processo de informatização, tais como

recursos humanos e setor de transporte, mas as atividades fim dos órgãos ambientais são os últimos a obterem tais modernizações.

3.3.1.3 Subsistema redução das emissões de carbono equivalente

Conforme foi apresentado no item 2.5.1, os principais GEE para o C_{eq} , tem-se: metano (CH_4), vapor d'água (H_2O), dióxido de carbono ou gás carbônico (CO_2), óxido nitroso (N_2O) e o ozônio (O_3) (BAIRD, 2002). Na tabela 6, pode-se verificar quais indicadores podem ajudar a mensurar essas emissões:

Tabela 6: Composição e domínios do subsistema Emissões de Carbono equivalente

ORDEM	INDICADORES	DOMÍNIO
1	Processo administrativo virtual	(0, 10)
2	Análise de processos	(0, 10)
3	Deslocamento dos usuários-cidadãos	(0, 10)
4	Política de Redução de Emissões de CO_2eq	(0, 10)
5	Impressoras em uso	(0, 10)

Fonte: O autor, 2025.

O Processo administrativo virtual é a verificação de qual percentual foi sistematizado virtualmente na instituição, como os pareceres, ofícios, requerimentos e demais procedimentos ligados, direta ou indiretamente, a administração pública ambiental. Esse indicador permite ter uma visão ampla sobre a modernização no atendimento ao usuário-cidadão.

Da mesma forma, os usuários necessitam se deslocar fisicamente até as dependências da administração ambiental. Esses indicadores, como os demais, implicam aumentar ou reduzir a emissão de CO_2eq , por isso, a importância de verificar o percentual de serviços que necessitam dessa visita do cidadão até o escritório para realizar pedidos à instituição.

O indicador, a princípio, mais importante, é o denominado Redução de Emissões de Carbono Equivalente (CO_2eq), que deve ser utilizado para verificação de quanto é reduzido, percentualmente, de emissões de carbono equivalente, em função do uso de tecnologias da informação, de forma direta e indireta. No apêndice Z tem-se um

instrumento que pode auxiliar na coleta de dados. Tem-se inúmeras formas de realizar os cálculos de cada fonte emissora, tal como, consumo de energia elétrica ou geração de resíduos, pelo uso ou não de impressora, além dos demais usos.

3.3.1.3.1 Cálculo das emissões de carbono equivalente da administração ambiental local

Para a quantificação das emissões de Gases do Efeito Estufa de órgãos ambientais da administração Pública, opta-se por seguir a metodologia descrita no Greenhouse Gas (GHG) Protocol Brasileiro (2025) e Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) – Guidelines for National GHG Inventories (2006). Essa metodologia GHG fornece normas e diretrizes que ajudam na quantificação das emissões dos GEE (GHG PROTOCOL, 2025). Todas as informações devem ser coletadas através dos diversos setores da instituição, bem como as ações que ocorrem a partir da sua existência, tal como o uso de transporte por seus funcionários ou usuários-cidadãos em deslocamento até o órgão.

Assim, devem ser identificadas todas as fontes de emissões de Gases do Efeito Estufa, aplicar o cálculo para as emissões de GEE de acordo com a fonte; colher os dados das atividades e aplicar os fatores de emissão; aplicar as fórmulas para os cálculos e; registrar os dados computados de emissões dos GEE. Ressalta-se que o fator de emissão empregado é específico do Brasil, presente no protocolo.

3.3.1.3.2 Queima de combustíveis em fontes móveis

Baseado no IPCC (2006) para o cálculo de todas as emissões de CO₂eq provenientes da queima de combustíveis, foram utilizadas as fórmulas a seguir. Para a gasolina e óleo diesel foi empregada a metodologia do Programa *GHG Protocol* Brasileiro. Com essa fórmula, é possível calcular o consumo do gás de cozinha, consumo a partir de uso de carros e motos.

$$E = CFa \times FEa$$

Sendo:

E = emissões de CO₂eq (ton)

CF = dado de atividade relacionado à queima de um combustível fóssil (L, kg ou m³)

FE = fator de emissão (kg GEE/L, km, kg ou m³)

a = tipo de combustível

3.3.1.3.3 Queima de combustíveis em fontes fixas

A principal fonte associada a administração pública é a utilização de cantinas ou cozinhas na utilização do gás liquefeito de petróleo (GLP).

$$E_{f,GEE} = FC_f \times EF_f$$

Sendo:

E_f = emissões de CO₂ e para o combustível tipo f

FC_f = consumo de combustível do tipo de combustível f

EF_f = Emissão da Fonte Fixa para o combustível relacionado ao fator

3.3.1.3.4 Consumo de energia elétrica

Existe uma emissão indireta para essa fonte. A fórmula demonstra o cálculo das emissões de GEE provenientes do uso de energia elétrica (IPCC, 2006).

$$E = EE \times FE$$

Sendo:

E = emissões de CO₂eq (ton)

EE = energia elétrica (MWh)

FE = fator de emissão nacional (ton CO₂/MWh)

3.3.1.3.5 Emissões pela geração de resíduos sólidos

Para desenvolver os cálculos de emissão desse tipo de fonte, foi adotada a metodologia do IPCC–Guidelines for National GHG Inventories (IPCC, 2006). Nesta metodologia, o principal parâmetro avaliado é o carbono orgânico degradado (COD), contido em cada material. Portanto, resíduos destinados à incineração, ou mesmo entulhos e outros similares, possuem baixíssima ou mesmo inexistente porcentagens de COD e, conseqüentemente baixa ou nula emissão de GEE. As fórmulas a seguir, são para o potencial de geração de metano e suas emissões, em toneladas, respectivamente.

$$Lo = COD \times f \times \frac{16}{12}$$

$$E CH_4 = (Lo \times (1 - ox) \times m)$$

Sendo:

$E CH_4$ = emissões de metano (ton)

Lo = potencial de geração de metano (ton)

COD = carbono orgânico degradado (ton C/ton resíduo)

f = fator de concentração de metano no biogás gerado

m = massa de resíduo (ton)

ox = fator de oxidação

Alguns autores, como Dias (2002), afirmam que uma produção de 1 Kg de lixo orgânico implicaria numa emissão de 0,33 Kg de CO₂eq. Outro ponto importante a considerar, são os resíduos sólidos perigoso, considerados pela ABNT NBR 10004:2004, aqueles que entrarem em contato com óleos e graxas, os demais, como lâmpadas e baterias, voltam ao ciclo produtivo para o fabricante, nesse caso, seu valor será zero.

3.3.1.3.6 Emissões de GEE provenientes de biomassa

Segundo Mano (2005), biomassa é o termo genérico que se refere ao conjunto de recursos biologicamente renováveis, originados de material vegetal. Podendo estar na forma de lenha, de cana-de-açúcar ao qual origina o Etanol, óleos vegetais, dentre outros. O Brasil dispõe de uma grande diversidade de espécies vegetais oleaginosas das quais se podem extrair esses óleos para fins energéticos.

No entanto, essas são consideradas como nulas em emissões de Gases do Efeito Estufa, pois durante o processo de fotossíntese das plantas, o dióxido de carbono (CO_2) liberado durante o processo de queima para geração de energia, é novamente absorvido. Graças a este processo, o balanço total de emissões é dito como sendo neutro pelo fato de ser cíclico com o replantio.

O *GHG Protocol (2014)* e o IPCC (2006) recomendam que as emissões da queima da biomassa sejam relatadas e que a emissão seja considerada neutra. Para os combustíveis fósseis com adição de biocombustíveis, adotaram-se os valores indicados e compilados nas fórmulas da metodologia do Programa Brasileiro do *GHG Protocol*.

3.3.1.3.7 Consumo de água

Para a água consumida no órgão ambiental local, devem-se levar em consideração alguns fatores. O primeiro fator é que, caso a água seja de poço ou açude, não será necessário existir esse cômputo, pois o mesmo entrará no cômputo da energia elétrica. No entanto, para a maioria das instituições, esse consumo requer um tratamento para tornar a água potável. Para o cloro, considera-se 2 mg/L de cloro usado, a contribuição é de 0,0024kg $\text{CO}_2\text{eq}/\text{m}^3$. O bombeamento é cerca de 0,12 kg de CO_2e por m^3 de água. Assim, as emissões totais para o tratamento de água são de 0,1224 kg CO_2e por m^3 .

3.3.2 Sistema II: Sistematização de dados

Este sistema se concentra na verificação da qualidade da inteligência computacional no processamento de dados, adotando como pilares fundamentais, conforme a tabela 7, os subsistemas de automatização e pré-validação de dados.

Tabela 7: Composição e domínios da Sistematização de dados

ORDEM	VARIÁVEL	TERMOS LINGÜÍSTICOS/DOMÍNIOS	DOMÍNIO
1	Automatização	Baixa; Média; Alta	(0, 100)
2	Pré-validação de dados	Baixa; Média; Alta	(0, 100)

Fonte: O autor, 2025

A sinergia entre esses indicadores, é essencial no sistema em questão, reforçando a capacidade dos sistemas públicos de informações ambientais, em fornecer dados sólidos, embasados em evidências, que são vitais para a gestão ambiental.

3.3.2.1 Subsistema automatização

A automatização, como indicador central, especificado na tabela 8, é uma peça fundamental na produção de informações inteligentes, desempenhando um papel vital na redução de impactos ambientais indiretos e redução do agravamento do efeito estufa, por meio da otimização de processos. Ao substituir tarefas manuais por processos automatizados, a eficiência é aprimorada, minimizando o consumo de recursos e reduzindo as emissões de carbono equivalente:

Tabela 8: Composição e domínios do subsistema Automatização

ORDEM	INDICADORES	DOMÍNIO
1	Encaminhamento de exigências	(0, 10)
2	Facilidade de acesso aos dados	(0, 10)
3	Atendimento	(0, 10)

4	Direcionamento dos requerimentos	(0, 10)
5	Documentos gerados automaticamente	(0, 10)
6	Investimentos em inovação	(0, 10)

Fonte: O autor, 2025.

O primeiro indicador, “Encaminhamento de exigências”, destaca a importância de verificar se existem instrumentos no licenciamento ou monitoramento ambiental, que direcionem, automaticamente, o processo para a fiscalização ambiental, em caso de evidência de infração ambiental cometida. Essa automação contribui para uma resposta mais ágil e eficaz diante de violações ambientais. O segundo indicador, “Facilidade de acesso aos dados”, focaliza a avaliação do nível de acesso aos dados ambientais disponibilizados. Esse indicador pode ser avaliado, baseado no apêndice AB. Uma acessibilidade eficiente a esses dados, é fundamental para garantir a transparência e a participação pública na gestão ambiental, sobretudo, para as pessoas com dificuldade de acesso, como aquelas com problemas de visão.

O indicador, denominado “Atendimento”, enfoca a automatização pela ordem de entrada de requerimento pelo usuário-cidadão, considerando fatores como atividades de utilidade pública ou interesse social, tendo como base a data de solicitação. Outro indicador importante trata do “Direcionamento dos requerimentos”, ao qual verifica o direcionamento dos atendimentos dos processos para os técnicos ambientais.

Esta análise avalia se o direcionamento é realizado por interesse e conveniência do gestor, ou se é automatizado pelo filtro do sistema, considerando a formação e especialidade do profissional. Essa automatização pode contribuir significativamente para a alocação eficaz de recursos humanos e moralidade administrativa.

O penúltimo indicador, “Documentos gerados automaticamente”, concentra-se na verificação da existência de pareceres técnicos, relatórios técnicos, ofícios, declarações e outros documentos nos procedimentos gerados de forma automatizada, o que promove a consistência e a eficiência na documentação associada aos processos ambientais e, sobretudo celeridade no andamento dos processos.

Por fim, o sexto e último indicador, “Investimentos em inovação”, enfoca a análise da existência de investimentos em inovação para inserção de rotinas inteligentes na

informatização da instituição. Isso destaca a importância de manter sistemas atualizados e incorporar tecnologias avançadas, no sentido de aprimorar a eficiência e a capacidade de resposta dos sistemas públicos de informações ambientais.

3.3.2.2 *Subsistema pré-validação de dados*

Esse grupo é outro pilar deste sistema, atuando como um barramento essencial para ações que contrariam os regramentos de proteção ambiental. Este possui um conjunto de indicadores, conforme tabela 9, e desempenha um papel crucial na salvaguarda da integridade dos dados, garantindo a qualidade e conformidade dos dados, em consonância com os regulamentos ambientais. Ao detectar e eliminar dados incorretos ou inconsistentes, antes de sua utilização, a pré-validação de dados contribui diretamente para a confiabilidade e credibilidade dos sistemas públicos de informações ambientais, fortalecendo não apenas a gestão ambiental, mas também a governança ambiental nos diversos níveis.

Tabela 9: Composição e domínios do subsistema pré-validação de dados

ORDEN	INDICADORES	DOMÍNIO
1	Validação automática	(0, 10)
2	Deferimento com pendências	(0, 10)
3	Consulta validada internamente	(0, 10)
4	Análise automatizada	(0, 10)
5	Utilização de informações ambientais anteriores	(0, 10)

Fonte: O autor, 2025.

Esse subsistema engloba diversos indicadores essenciais, que promovem a integridade e a confiabilidade dos dados utilizados na tomada de decisões. O primeiro indicador, “Validação automática”, enfoca a verificação durante a renovação de processos e procedimentos, como o licenciamento ambiental, para determinar se é permitido avançar, caso existam irregularidades. Essa validação automatizada garante que, apenas processos em conformidade, prossigam, aumentando a eficácia do controle ambiental.

O segundo indicador, “Deferimento com pendências”, concentra-se na verificação da permissibilidade, nos sistemas de informações, de prosseguir com análises de licenciamento, monitoramento ou fiscalização ambiental em situações em que há pendências por infrações ambientais. Essa análise auxilia na definição, tal como a recuperação de áreas degradadas, pode afetar o andamento de um determinado processo, assegurando que as regulamentações sejam aplicadas.

O indicador “Consulta validada internamente”, examina a existência de conexões entre os sistemas de informações de licenciamento ambiental, fiscalização e monitoramento ambiental. Essa interconexão é essencial para garantir que as informações sejam compartilhadas efetivamente entre os diferentes componentes da gestão ambiental, promovendo a colaboração e o uso eficiente dos dados.

Outro indicador trata da “Análise automatizada”, que verifica a existência de análises, como aquelas baseadas em autodeclaração, em que não ocorre a intervenção humana direta. Esse tipo de automação pode acelerar o processamento de informações, mas requer verificações robustas para garantir a precisão e a integridade dos dados. O último parâmetro, é a “Utilização de Informações ambientais anteriores”, ou histórico de dados, ao que investiga a prática de utilizar dados previamente registrados por usuários-cidadãos, como licenciamentos ambientais anteriores e denúncias, como fontes de informações adicionais, o que contribui para a construção de um banco de dados mais completo e uma análise sem retrabalhos.

3.3.3 Sistema III: Integração de dados

Esse conjunto de indicadores consiste em avaliar como os dados de diferentes fontes, estão integrados/interconectados no Sistema de Informação Ambiental. Nesse sistema ou grupo de indicadores, será verificada a disponibilização, a conectividade e o compartilhamento, conforme tabela 10. O sentido do termo Integração de dados, dentro do Sistema local de Informação Ambiental, não está restrito apenas aos bancos de dados e *softwares*. Aqui, o sentido é ampliado, fazendo a relação da integração com a conectividade e compartilhamento de dados, bem como a participação das instituições e atores sociais envolvidos.

Tabela 10: Composição e domínios do Sistema Integração de dados

ORDEM	VARIÁVEL	TERMOS LINGUÍSTICOS	DOMÍNIO
1	Disponibilização	Baixa Média Alta	(0, 100)
2	Conectividade	Baixa Média Alta	(0, 100)
3	Compartilhamento	Baixa Média Alta	(0, 100)

Fonte: O autor, 2025.

3.3.3.1 Subsistema disponibilização

A avaliação dos sistemas públicos de informações ambientais é multidimensional e requer uma análise criteriosa dos diversos grupos de indicadores, entre os quais se destaca o grupo disponibilidade de informações. Esta categoria engloba um conjunto de indicadores que abrangem a cobertura territorial, os dados de monitoramento, dados de fiscalização e os dados de licenciamento ambiental, fornecidos pelo sistema público em questão, conforme a tabela 11:

Tabela 11: Composição e domínios do subsistema disponibilização

ORDEM	INDICADORES	DOMÍNIO
1	Cobertura territorial	(0, 10)
2	Dados de Monitoramento	(0, 10)
3	Dados de Fiscalização	(0, 10)
4	Dados de Licenciamento	(0, 10)

Fonte: O autor, 2025.

A disponibilidade de informações desempenha um papel fundamental na eficácia desses sistemas e, ao mesmo tempo, mostra as vulnerabilidades da gestão ambiental pública, pois a acessibilidade dos dados ambientais precisos e atualizados, é essencial para a tomada de decisões e responsabilidade governamental.

O indicador de "Cobertura territorial" desempenha um papel fundamental, pois se refere ao percentual de abrangência geográfica do sistema em relação à área total de sua competência. Uma cobertura territorial ampla e abrangente, é essencial para

assegurar que o sistema englobe todas as regiões e ecossistemas relevantes, proporcionando uma visão completa do município. Uma alta pontuação nesse indicador, indica a capacidade do sistema em capturar informações de uma ampla gama de áreas geográficas, contribuindo para uma avaliação mais completa da gestão ambiental.

Outro grupo de indicadores críticos que merece destaque, são os relacionados aos "Dados de Monitoramento". Estes indicadores englobam uma variedade de informações, como a geração de resíduos perigosos, qualidade das águas superficiais e subterrâneas, parâmetros de qualidade do ar, lançamento de efluentes tratados ou *in-natura*, e pontos de emissões atmosféricas, potencialmente poluidores.

Esses dados são vitais para entender as tendências ambientais, identificar áreas de risco e orientar a tomada de decisões baseada em evidências. Além disso, os "Dados de Fiscalização", também, desempenha um papel crucial na avaliação desses sistemas, que abrangem informações relacionadas às ações de fiscalização, como áreas embargadas, locais que receberam infrações e passivos ambientais administrativos e físicos. Esses dados são essenciais para medir a eficácia das políticas de fiscalização ambiental e garantir a conformidade com as regulamentações ambientais.

O quarto indicador, denominado "Dados de Licenciamento", também desempenha um papel relevante, pois engloba informações sobre atividades licenciadas, como impactos ambientais, produtos perigosos, áreas utilizadas e usuários de recursos naturais. Esses dados são cruciais para avaliar o processo de licenciamento ambiental e garantir que atividades, potencialmente prejudiciais ao meio ambiente, estejam sujeitas a regulamentações e autorizações adequadas e passíveis de fiscalização pelos órgãos de controle e a sociedade como um todo. Um sistema público de informações, que fornece acesso a esses dados, facilita a tomada de decisões sobre a concessão de licenças ambientais e ajuda a mitigar os impactos negativos sobre o ambiente.

3.3.3.2 *Subsistema conectividade*

A conectividade, no contexto em tela, refere-se à capacidade dos sistemas de informações relacionados à gestão ambiental municipal, de se conectarem eficientemente com instituições públicas e privadas envolvidas, direta ou indiretamente, com questões ambientais. Essa conexão é fundamental para a troca de informações, compartilhamento de boas práticas e tomada de decisões, embasadas em dados sólidos.

No entanto, essa disponibilização de dados deve ser feita com atenção aos direitos de propriedade industrial e intelectual, bem como aos direitos autorais. Segundo a Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996, conhecida como a lei de Propriedade Industrial, estabelece a proteção as patentes, marcas registradas e desenhos industriais. Ela protege inovações tecnológicas e criações no contexto da gestão ambiental, garantindo que essas informações não sejam divulgadas, sem a devida autorização. Já a lei de direitos autorais, Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, protege obras intelectuais, como documentos, relatórios e estudos que, frequentemente, são usados no licenciamento ambiental.

Esse subsistema conectividade, enumerado na tabela 12, pode desempenhar um papel crucial no Índice de Vulnerabilidade da Gestão Ambiental Municipal. No entanto, ao dar acesso a dados públicos sobre os ecossistemas e recursos ambientais, os municípios podem melhorar suas práticas de gestão ambiental:

Tabela 12: Composição e domínios do subsistema Conectividade

ORDEM	INDICADORES	DOMÍNIO
1	Inter-relacionamento interno	(0, 10)
2	Inter-relacionamento externo	(0, 10)
3	Acesso remoto as licenças ambientais, alvarás e anuências	(0, 10)

Fonte: O autor, 2025.

Um desses indicadores de alta relevância, a ser analisado, é o “Inter-relacionamento interno”, pois se refere à capacidade do sistema em estabelecer conexões e integração com os bancos de dados de outras instituições, dentro da

administração vinculada ao ente estatal. A interconexão desses dados, é fundamental para garantir uma visão unificada e abrangente das informações ambientais, permitindo uma gestão mais eficiente dos recursos naturais.

Em complemento, o segundo indicador, denominado de “Inter-relacionamento externo”, diz respeito à capacidade do sistema, em estabelecer conexões e compartilhar dados com instituições externas, possibilitando a alimentação e acesso simultâneo de informações com outros órgãos da administração pública fora do ente estatal local. Essa colaboração interinstitucional, é essencial para uma abordagem integrada na gestão ambiental, facilitando a troca de dados relevantes e promovendo a coordenação eficaz das políticas ambientais em níveis variados de governo.

O último indicador, denominado de “Acesso remoto às licenças ambientais, alvarás e anuências”, desempenha um papel crucial na avaliação da acessibilidade das informações, que se refere à capacidade do sistema em permitir o acesso remoto às licenças emitidas, relatórios técnicos e pareceres técnicos pelos órgãos de controle. Isso não apenas aumenta a transparência e a eficiência na tomada de decisões, mas também, permite que as partes interessadas, incluindo pesquisadores, empresas e organizações do terceiro setor, acompanhem de forma ativa o cumprimento das regulamentações. Assim, esses indicadores, quando avaliados de forma criteriosa, contribuem para a interação com *stakeholders*, como pesquisadores, empresas e organizações do terceiro setor, facilitando a interface com o setor produtivo e a promoção do desenvolvimento sustentável.

3.3.3.3 *Subsistema compartilhamento*

No contexto da gestão ambiental municipal, o compartilhamento de dados é um elemento-chave para avaliar a eficácia das políticas e práticas ambientais. Ele vai contribuir para a construção final no “Índice de Vulnerabilidade da Gestão Ambiental Municipal”. Esse grupo diz respeito à capacidade dos sistemas de informações relacionados à gestão ambiental municipal, de se conectarem, de maneira eficaz, com instituições públicas e privadas. A tabela 13 traz os indicadores que a compõe.

Tabela 13: Composição e domínios do subsistema Compartilhamento

ORDEM	INDICADORES	DOMÍNIO
1	Encaminhamento aos órgãos competentes	(0, 10)
2	Banco de dados ambientais compartilhado	(0, 10)
3	Alimentação do SINIMA	(0, 10)

Fonte: O autor, 2025.

O primeiro indicador “Encaminhamento aos órgãos competentes”, representa um marco crítico na identificação e tratamento de empresas que não estão em conformidade com as regulamentações ambientais vigentes. Através deste mecanismo, são identificadas empresas em situação irregular, incluindo aquelas que operam sem outorga; aquelas que não estão registradas no Cadastro Técnico Federal de atividades potencialmente poluidoras, e as que carecem de certificados do corpo de bombeiros, ou ainda, aquelas com infrações ambientais, por exemplo. Essa listagem criteriosa viabiliza o direcionamento das informações pertinentes aos órgãos competentes, instigando a fiscalização ambiental e a subsequente correção de desvios, consolidando a responsabilidade governamental na vigilância e aplicação das regulamentações ambientais.

O segundo indicador, “Banco de dados ambientais compartilhado”, surge como um pilar fundamental na avaliação dos sistemas públicos de informações ambientais, de modo que cria um repositório de informações, acessíveis a empresas, organizações do terceiro setor e ser colaborativo, envolvendo pesquisadores, outros órgãos governamentais. Esta abordagem colaborativa propicia a Gestão Ambiental, ao fomentar a partilha de informações relevantes, entre múltiplas partes interessadas, o que facilita a pesquisa acadêmica, promove o cumprimento das regulamentações ambientais por parte das empresas e fortalece a capacidade de implementação de iniciativas de conservação.

O terceiro indicador, “Alimentação do sistema Nacional”, acrescenta uma dimensão crucial à avaliação dos sistemas públicos de informações ambientais. Ele implica o envio de dados ambientais, coletados em nível local, para o SINIMA. Esta integração de informações, de forma mais ampla, promove uma visão holística das tendências ambientais em todo o território nacional, informando a formulação de

políticas e estratégias de gestão ambiental. O envio consistente de dados para o SINIMA assegura que as informações sejam abrangentes e atualizadas.

3.3.4 Sistema IV: Produção da informação

O sistema composto foi denominado Produção da informação, que traz um pilar do instrumento geral do SINIMA. Esse sistema possui as seguintes variáveis: Recursos Humanos, Geração de dados e periodicidade na atualização. Por meio da tabela é que pode ser verificado isso:

Tabela 14: Composição e domínios do Sistema Produção de dados

ORDEM	VARIÁVEL	TERMOS LINGÜÍSTICOS/DOMÍNIOS	DOMÍNIO
1	Recursos Humanos	Inadequado Medianamente adequado Adequado	(0, 100)
2	Geração de dados	Baixa Média Alta	(0, 100)
3	Periodicidade	Presente Ausente	(0, 100)

Fonte: O autor, 2025.

Nesse grupo, como exemplo, verifica-se os órgãos ambientais locais, possuem dados sobre quais resíduos são gerados, por exemplo, de galvanoplastia, dentro do limite do seu município.

3.3.4.1 Subsistema recursos humanos

Esse é um subsistema que trata de um dos aspectos ligados à qualificação e habilitação dos profissionais que podem ou deveriam gerar, manter, gerir os dados e as informações. Na tabela 15, os indicadores iniciais foram apresentados para os especialistas classificarem, selecionando-os:

Tabela 15: Composição e domínios do subsistema Recursos humanos

ORDEM	INDICADORES	DOMÍNIO
1	Capacitação de atividade-fim	(0, 10)
2	Setorial específico na geração de informações	(0, 10)
3	Trabalho intersetorial interno	(0, 10)
4	Distribuição de Recursos humanos	(0, 10)
5	Educação Ambiental informacional	(0, 10)

Fonte: O autor, 2025.

Dentre os cinco indicadores apresentados, destaca-se a importância de cada um deles para que os especialistas pudessem trazer o máximo de informações, bem como indicar aqueles que possuísem melhor qualidade para composição do índice. A Capacitação de atividade-fim verifica a capacitação dos profissionais da área técnica sobre informação ambiental ou tecnologias da informação nos últimos dois anos, com um intervalo de referência de zero até dez cursos aplicados. Além desse item, entendeu-se, também relevante, a análise setorial específica na geração de informações do setor responsável pela produção de relatórios ou soluções em divulgação da informação voltada para Gestão Ambiental.

Isso exige um trabalho intersetorial interno, de forma a promover a cooperação para desenvolvimento do trabalho entre os profissionais das ciências da informação com os da área ambiental. O indicador Distribuição de Recursos humanos, também é relevante, pois visa verificar o percentual de participação entre os servidores efetivos, terceirizados ou comissionados, atuando na área técnica ambiental. No entanto, o indicador Educação Ambiental informacional também foi listado, pela importância de verificar a quantidade de cursos de capacitação sobre acesso à informação ambiental ou tecnologia da informação ligada às ciências ambientais.

3.3.4.2 Subsistema geração de dados

Esses indicadores que compõem esse grupo, são importantes para geração de fluxos de informações sobre o meio ambiente, no âmbito local. A tabela 16 apresenta os indicadores que, inicialmente, foram apresentados para os especialistas classificarem, avaliando-os para a composição que levou a etapa de fuzzificação:

Tabela 16: Composição e domínios do subsistema Geração de dados

ORDEM	INDICADORES	DOMÍNIO
1	Informações de proteção Ambiental	(0, 10)
2	Informações de desenvolvimento econômico	(0, 10)
3	Armazenamento em banco de dados	(0, 10)

Fonte: O autor, 2025.

Destaca-se, dentre esses indicadores, a partir das pesquisas iniciais, o Armazenamento em banco de dados, do qual é possível verificar como ele se integra com os diversos tipos de *software*, armazenando, dentre outros, os dados de Monitoramento da quantidade de resíduos perigosos gerados, vegetação exótica, animais em extinção ou risco de extinção, vegetação nativa, poços, área de preservação permanente, reserva legal, unidades de conservação, produtos, áreas desmatadas, áreas com risco de perda de habitats, emissões atmosféricas, efluentes gerados, parâmetros de qualidade das águas superficiais, parâmetros de qualidade das águas subterrâneas, parâmetros de qualidade do ar, vegetação nativa, dentre outros.

De importância relevante para análise dos especialistas, também é o indicador Informações de proteção Ambiental, do qual é possível mensurar o percentual de informações geradas, aproximadamente, quanto a proteção do meio ambiente, comparativamente com desenvolvimento econômico, volume de atendimentos e outras informações diversas da questão ambiental. Por fim, o último indicador, denominado Informações de desenvolvimento econômico, verifica o percentual de informações geradas, aproximadamente, comparativamente quanto a de proteção ambiental.

3.3.4.3 Subsistema periodicidade

Esse grupo, descrito na tabela 17, trata da periodicidade na atualização dos dados ou informações na rede mundial de computadores:

Tabela 17: Composição e domínios do subsistema Periodicidade

ORDEM	INDICADORES	DOMÍNIO
1	Atualização de dados ambientais	(0, 10)
2	Série histórica de dados	(0, 10)

Fonte: O autor, 2025.

Possui apenas dois indicadores importantes: o primeiro, verifica os dados referentes aos diversos parâmetros de qualidade ambiental quanto a sua atualização em banco de dados integrados com *software* de gestão, com uma determinada frequência; já o segundo, trata da série histórica de dados ao qual verifica o registro histórico de acesso a banco de dados de licenciamento, fiscalização e monitoramento ambiental, qualidade do ar e infrações ambientais.

3.3.5 Sistema V: Transparência

Quando se fala em transparência na administração ambiental, é importante enfatizar que se trata da publicidade das ações públicas, desde que não atinjam o direito de propriedade intelectual e/ou industrial. O sistema denominado, “Transparência” vem complementar o entendimento trazido pela normatização quanto aos pilares conceituais do sistema público de informações ambientais. Assim, foi formado esse sistema, conforme a tabela 18, com os seguintes subsistemas: publicidade, participação e detalhamento.

Tabela 18: Composição e domínios do Sistema Transparência

ORDEM	VARIÁVEL	TERMOS LINGÜÍSTICOS/DOMÍNIOS	DOMÍNIO
1	Publicidade	Baixa Média Alta	(0, 100)
2	Participação	Baixa Média Alta	(0, 100)
3	Detalhamento	Baixa Média Alta	(0, 100)

Fonte: O autor, 2023.

Esse sistema aborda aspectos cruciais que podem respaldar a gestão ambiental local. O primeiro parâmetro, “Publicidade”, conforme tabela 19, abrange a apresentação dos atos da administração pública ambiental, sob a condição de que sejam respeitados os direitos autorais e industriais, bem como as informações de natureza sigilosa.

3.3.5.1 Subsistema publicidade

Esse parâmetro garante que a divulgação de informações seja transparente e acessível ao público, promovendo a *accountability* na gestão ambiental. Segundo O'Donnell (1998), esse termo está ligado a uma lógica, em que o gestor é quem tem o compromisso de demonstrar o resultado obtido em relação aos recursos recebidos.

Tabela 19: Composição e domínios do subsistema Publicidade

ORDEM	INDICADORES	DOMÍNIO
1	Publicação de solicitações	(0, 10)
2	Relatório anual ambiental	(0, 10)
3	Ordem de atendimento	(0, 10)

Fonte: O autor, 2025.

O indicador “Publicação de solicitações” envolve a verificação da publicação de solicitações de licenciamento e fiscalização ambiental em jornais locais ou na *internet*. Essa prática assegura que as informações sobre atividades ambientais em andamento, estejam acessíveis ao público, promovendo a transparência e o controle social.

O segundo indicador, “Relatório anual ambiental” concentra-se na avaliação do percentual de temas relevantes na publicação do relatório anual da gestão ambiental pública do município. Essa análise busca determinar se as informações essenciais, relacionadas ao meio ambiente, estão devidamente destacadas no relatório. Por último, a “Ordem de atendimento”, que diz respeito à disponibilização da relação da ordem de atendimento na *internet*, abrange ações de licenciamento/monitoramento ambiental e denúncias. Este indicador garante que a comunidade tenha acesso às informações sobre o andamento dos processos.

3.3.5.2 Subsistema participação

No segundo subgrupo, denominado “Participação”, conforme tabela 20, é verificada a importância do controle socioambiental, por meio do envolvimento efetivo da população no acesso às informações, o que não apenas fortalece a

responsabilização das instituições ambientais, mas também permite que a comunidade participe ativamente na proteção e conservação do meio ambiente:

Tabela 20: Composição e domínios do subsistema Participação

ORDEM	INDICADORES	DOMÍNIO
1	Legislação em informação Ambiental	(0, 10)
2	Sistema público de Informação Ambiental local	(0, 10)
3	Estabelecimento de diretrizes para participação	(0, 10)
4	Regramento para atendimentos	(0, 10)

Fonte: O autor, 2023.

No âmbito desse subsistema “Participação”, que integra o sistema mais amplo de transparência na avaliação dos sistemas públicos de informações ambientais, quatro indicadores cruciais são identificados, cada um com seu foco específico na promoção do envolvimento efetivo da população na gestão ambiental.

O primeiro indicador, verifica se existem esforços para envio de projetos de políticas destinadas à democratização das informações ambientais para implementação, na legislação municipal, em coordenação com o Conselho Municipal de Meio Ambiente. Esse indicador avalia o comprometimento da administração pública, em garantir que as políticas de acesso à informação ambiental, sejam incorporadas à legislação local, demonstrando um compromisso com a transparência e a participação pública.

Já o indicador “Sistema público de informação ambiental local”, concentra-se na verificação do seu percentual de implementação. Essa análise busca determinar até que ponto o sistema está efetivamente disponível para o público, fornecendo um acesso amplo às informações ambientais. Um alto grau de implementação demonstra o compromisso com a transparência e a acessibilidade de dados ambientais.

O terceiro indicador, “Estabelecimento de diretrizes para participação”, verifica o quantitativo de envio aos Conselhos Municipais de Meio Ambiente, de projetos de normas, relacionados a modificações ou adoção de diretrizes destinadas a promover a participação da população, baseando-se nos princípios do SINIMA. Por fim, o indicador “Regramento para atendimentos”, faz a verificação do quantitativo de normas criadas

referentes à regulamentação dos critérios para a ordem de prioridade dos atendimentos.

3.3.5.3 Subsistema detalhamento

O último do sistema transparência, denominado “Detalhamento”, conforme a tabela 21, foca nos aspectos relevantes apresentados nas informações, incluindo as fontes e a disponibilização dos dados subjacentes:

Tabela 21: Composição e domínios do subsistema Detalhamento

ORDEM	INDICADORES	DOMÍNIO
1	Linguagem gerencial	(0, 10)
2	Dados disponibilizados	(0, 10)

Fonte: O autor, 2025.

O indicador “Linguagem gerencial” visa verificar a utilização de linguagem gerencial, em vez de linguagem técnica e/ou jurídica nas publicações das informações ambientais destinadas à população em geral. Este, enfatiza a importância de comunicar informações de forma clara e compreensível para o público em geral, tornando os dados ambientais mais acessíveis e úteis para um público não especializado. Já o indicador “Dados disponibilizados” verifica o percentual de dados disponibilizados por cada área da gestão ambiental. Essa análise busca determinar a extensão em que cada área contribui para a disponibilidade de informações ambientais, garantindo que todos os aspectos da gestão ambiental sejam transparentes e acessíveis ao público.

3.4 Estabelecimento dos Sistemas Baseados em Regras Fuzzy

Na elaboração dos sistemas, a metodologia base foi atribuir três valores linguísticos para as variáveis de entrada (baixa, média e alta) e para as variáveis de saída, sete valores linguísticos (muito baixa, baixa, baixa-média, média, média-alta, alta e muito alta)

Sobre o Sistema I, “Ferramentas de acesso”, ficaram definidas as seguintes variáveis: Redução das emissões de carbono equivalente, Resolução temporal e

Resolução Espacial e como variável de saída: Ferramentas. No Sistema II, “Sistematização da informação”, as variáveis de entrada ficaram: Facilidade de acesso aos dados, Validação automática e Automatização de processos e procedimentos, enquanto a variável de saída ficou sendo chamada de Sistematização. Já o Sistema III, “Integração de dados”, ficou composto pelas variáveis de entrada: Alimentação do SINIMA, Banco de dados ambientais compartilhado e Cobertura territorial e pela variável de saída Integração. O quarto Sistema, “Produção da informação”, ficou composto por três componentes: Informações de proteção Ambiental, Educação Ambiental informacional e Armazenamento em banco de dados. Sua variável de saída é nomeada Produção. O Sistema V fecha o primeiro nível dos sistemas. Chamado de “Transparência”, ficou composto por três variáveis: Dados disponibilizados, Sistema Público de Informações Ambientais e Relatório anual ambiental. A variável de saída recebe o nome de Transparência.

Cada um dos sistemas deste primeiro nível, possui três variáveis de entrada e cada uma das variáveis foi fuzzificada com três valores linguísticos, conforme mencionado. Sendo assim, cada uma das bases de regras contém um total de 27 regras.

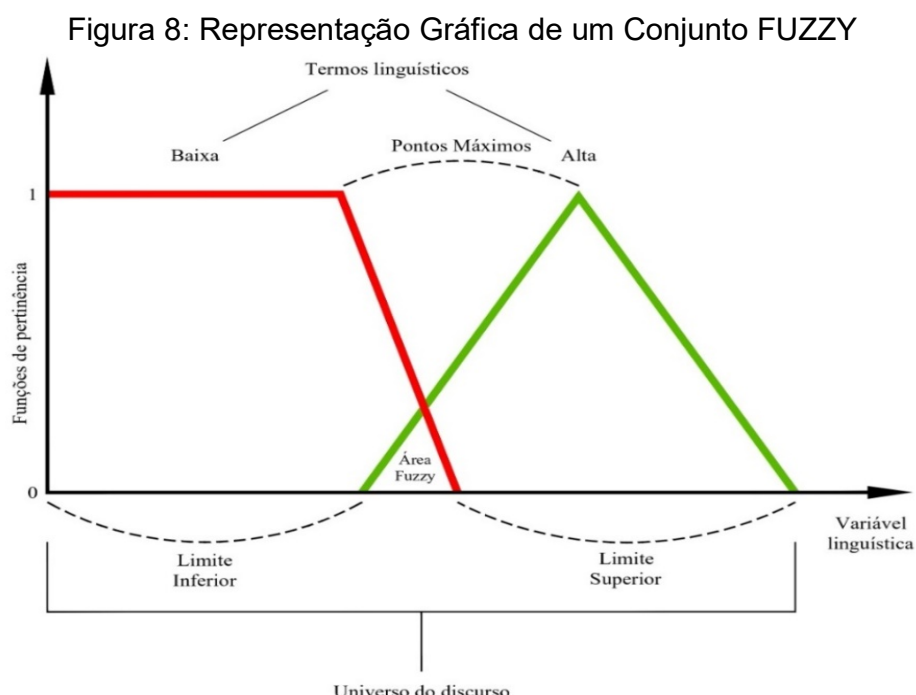
3.5 Definição das Variáveis de Saída

As saídas dos sistemas I, II, III, IV e V dão origem ao segundo nível de sistemas. Estas saídas passam a ser as entradas de dois novos sistemas, que compõem este segundo nível: o Sistema Tecnologia e o Sistema Gestão Ambiental. Conforme observa-se na Figura 7, o Sistema Tecnologia é composto pelas variáveis Ferramentas e Sistematização, enquanto o Sistema Gestão Ambiental, é composto pelas demais variáveis: Integração, Produção e Transparência. O terceiro e último nível, recebe como variáveis de entrada as saídas dos dois sistemas do segundo nível: Tecnologia e Gestão, formando assim o “Índice de Vulnerabilidade da Gestão Ambiental Local”.

3.5.1 Consulta aos especialistas

Os Especialistas foram selecionados por serem atores sociais que possuem formação e/ou atuação ligada diretamente à área que envolve a atuação de um órgão ambiental, de acordo com o SISNAMA. Dentro desse escopo, poderia ser professor, pesquisador, técnico de município, da administração Estadual ou ainda da União. As perguntas foram realizadas na tipologia semiestruturada, conforme apêndice A.

Foram aplicados questionários, com um total de 13 (treze) especialistas, porém, ambos foram subdivididos em cada etapa, podendo responder mais de um grupo/sistema. Na etapa de seleção dos indicadores, foram assim distribuídos: 13 (treze) especialistas para o grupo ferramentas de acesso; 8 (oito) especialistas para sistematização; 8 (oito) especialistas para integração de dados; 10(dez) especialistas para produção de dados, 11 (onze) especialistas para transparência.



Fonte: Adaptado de Santos et al, 2020; Dawood et al, 2021; Johnson et al, 2021.

Os formulários foram aplicados através da ferramenta *Google forms*, que provém de um serviço que permite criação de formulários *online*, com pesquisas de múltipla escolha e/ou abertas, criando um banco de dados, com as respostas. Na pesquisa, foi

solicitado que os especialistas definissem os intervalos para cada parâmetro dos cinco sistemas. Assim, com essas informações, foram construídas as funções de pertinência representadas pelos conjuntos fuzzy do tipo triangular e trapezoidal. Para as funções Trapezoidais, tem-se quatro parâmetros: a , b , c e d e para as funções triangulares, temos três parâmetros: a , b e c como mostra a figura 8 a acima.

3.6 Defuzzificação

Após cada processo de inferência em cada um dos níveis indicados, as saídas fuzzy formam defuzzificadas, utilizando-se sempre o Centroide. Estes valores foram normalizados e utilizadas como entrada no nível seguinte. Ao final do processo, o resultado final também, foi defuzzificado e normalizado, para obtenção do “Índice de Vulnerabilidade da Gestão Ambiental Local”.

3.7 Automação do Sistema no MATLAB

Algumas plataformas foram testadas e comparadas, a fim de utilizar uma linguagem de programação para automatizar o método ao qual foi desenvolvido. Após esses testes com as linguagens, Octave (2022) e Matlab (2024), R Studio (2021), Python (2022), optou-se pelo MATLAB, ao qual foi disponibilizado nos apêndices S, T e U.

Verificou-se que existem muitas facilidades no uso do Octave, mas com limitações em operações avançadas. Ressalta-se também, a qualidade gráfica das figuras no Python e R Studio, que poderiam ser um diferencial para apresentação mais didática do trabalho, porém, requer mais conhecimentos técnicos para o desenvolvimento. No entanto, o MATLAB possui uma biblioteca especializada em Fuzzy do tipo Mamdani, que favoreceu a escolha. Outrossim, foi desenvolvido um código que excluiu elementos que poderiam dificultar o acesso por futuros pesquisadores, favorecendo o acesso à sociedade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maioria dos indicadores de sustentabilidade trabalham no sentido de verificar se o sistema é ambientalmente saudável ou não, no entanto, pouco se trabalha a verificação de vulnerabilidades, a partir do resultado informacional produzido. Os sistemas de informações deixam os rastros, onde pode-se achar as possíveis desconformidades (Diniz, 2021).

Atualmente, no Brasil, opta-se por informatizar os processos físicos, na administração pública, devido à ameaça de regionalização e não por questões de sustentabilidade ambiental, pois ao se regionalizar, perde parte do poder, bem como o capital social e político associado à centralização. Quando ocorre a informatização, ela acontece de forma precária, deixando todos os procedimentos da forma como era fisicamente, dentro de um modelo que não se tenha nenhum prejuízo na manutenção da infraestrutura econômica e política anterior.

4.1 Seleção dos indicadores a partir dos dados coletados dos especialistas

Na etapa de escolha dos indicadores, foram escolhidos e distribuídos conforme o item 3.5.1; já a determinação das áreas fuzzy, foram escolhidos 10 (dez) especialistas dentre os que participaram da etapa de seleção dos indicadores. Foi a partir das suas respostas, que se chegou aos conjuntos fuzzy de cada variável dos Sistemas Ferramentas de acesso, Sistematização de dados, Integração de dados, Produção de dados e Transparência, com a análise das respostas foi verificado o tipo de conjunto fuzzy a ser adotado: triangular ou trapezoidal. Assim, atribuiu-se pesos as notas dos especialistas para composição da pontuação final para cada indicador, conforme a tabela 22:

Tabela 22: Atribuição de pesos dos especialistas

CATEGORIA	CRITÉRIO	PESO
Formação	Especialização	2
	Mestrando	2,5
	Mestrado	3
	Doutorando	4
	Doutorado	5
	Pós-Doutorado	6
Área de Especialidade	Diretamente	2
	Indiretamente	1
Área de Atuação	Diretamente	2
	Indiretamente	1

Fonte: O autor, 2025.

Foram consultados os especialistas, ou seja, profissionais, que trabalham/pesquisam direta ou indiretamente com órgãos ambientais. Ocorreu uma espécie de pré-testagem, a partir dos formulários aplicados, antes de efetivamente inserir o pesquisado na base de dados final. Aqueles foram sendo qualificados de acordo com empenho e disponibilidade para preenchimento dos questionários, além do filtro elaborado dentro do questionário na última pergunta de cada especialista, conforme apêndice A.

4.1.1 Sistema I: ferramentas de acesso

A seleção de indicadores foi realizada de modo quali-quantitativo sobre ferramentas de acesso na formação do índice intermediário tecnologia. Nesse contexto, foi separado os indicadores apresentados, a partir da coleta das ponderações realizadas pelos especialistas. Após as análises dos indicadores, foi realizada uma análise quantitativa, que resultou em 10 (dez) indicadores, como mostra a tabela 23, quais sejam: adesão de sistemas de armazenamento de dados; ferramentas para a população; banco de dados na gestão ambiental; aceitação de tecnologia na análise do processo; qualidade da imagem de satélite disponibilizada; resolução temporal; percentual de utilização dos *Softwares*; processo administrativo virtual; deslocamento dos usuários-cidadãos; política de Redução de Emissões de CO₂eq e impressoras em uso.

Esses dados completos compilados, de acordo com o apêndice X, possuem três campos não intuitivos, a saber: pontuação sem peso, pontuação com peso e concordância. A pontuação com peso, foi estabelecida conforme a qualificação dos especialistas. O atributo “Concordância” mostra dois resultados; concorda ou discorda. O resultado será discordante quando o cômputo dos pesos dos especialistas apresentarem um resultado diferente, e, por conseguinte, dando uma classificação diferente. Ressalta-se que valores ponderados aos indicadores variavam de 1 a 10, conforme a tabela 22, no item 4.1.

Tabela 23: Resultado quantitativo das ponderações dos especialistas para o sistema Ferramentas de acesso

INDICADORES	PONTUAÇÃO	ORDEM
Banco de dados na gestão ambiental	647,50	1
Resolução espacial	641,50	2
Resolução temporal	613,00	3
Sistamea de armazenamento de dados	587,50	5
Tecnologia na análise de processos	580,50	6
Processo administrativo virtual	595,00	4
Utilização de softwares setorialmente	521,50	7
Redução de Emissões de Carbono Equivalente (CO ₂ eq)	479,50	8
Ferramentas para a população	427,50	9
Deslocamento dos usuários-cidadãos	411,00	10
Impressoras em uso	342,00	11

Fonte: O autor, 2025.

O indicador Cadastro Ambiental Rural, após análise e a consulta aos especialistas, percebeu-se que o mesmo está incluso dentro do indicador Qualidade da imagem de satélite disponibilizada e o da Resolução temporal. Os indicadores Desenvolvimento de *softwares* e Tomada de decisão, estão dentro do conjunto do indicador Adesão de sistemas de armazenamento de dados. O indicador Aplicativos por área de atuação, está incluso dentro de Percentual de utilização dos *Softwares*. O indicador Análise de processos, também, está inclusivo em outro indicador, no caso, o Processo administrativo virtual. Assim, esses indicadores foram suprimidos do sistema. Já o indicador Banco de dados de Condicionantes e Pré-requisitos, foi modificado para

Banco de dados na gestão Ambiental, que será atendido seus objetivos dentro do indicador banco de dados compartilhados e armazenamento em banco de dados.

Após as análises para selecionar os indicadores para compor o índice, foi realizado, inicialmente, uma simples distribuição de frequência, contabilizando quais dos indicadores apresentaram maiores frequências. Em seguida, foi verificado as escolhas da questão-teste para verificar se os padrões estão congruentes. Assim, resultaram os seguintes indicadores para o sistema, conforme tabela 24.

Tabela 24: Resultado final do sistema Ferramentas de acesso

ORDEM	INDICADORES	ESPECIALISTAS	DOMÍNIO
1	Redução de Emissões de Carbono Equivalente (CO ₂ eq)	Não	(0, 100)
2	Resolução Espacial	Sim	(0, 30)
3	Resolução Temporal	Sim	(0, 45)

Fonte: O autor, 2025.

O indicador Redução de Emissões de CO₂eq, é um indicador chave porque indica um compromisso com a gestão do clima, por apontar o nível que determinada instituição se encontra em termos de redução da pegada de carbono (Barbosa, Gomes e Pereira, 2018). A escolha por não especialista, corrobora com a ideia de Giannella, (2015), ao qual a natureza epistemológica das ciências ambientais possui propriedades próprias, sobretudo por ser transdisciplinar.

4.1.2 Sistema II: Sistematização da informação

A maioria dos livros na área da ciência da informação (Laudon e Laudon, 2010), abordam aspectos para atendimento exclusivo do mercado consumidor, excluindo questões de alta relevância, como proteção do meio ambiente, redução da poluição, gestão eficaz da administração pública ou mesmo questões de transparência das questões públicas para a sociedade. Contudo, é possível avançar na proteção ambiental com a ajuda das tecnologias da informação. Na tabela 25, temos uma base para sistematização.

Tabela 25: Resultado quantitativo das ponderações dos especialistas para o sistema Sistematização da informação

N	INDICADORES	PONTUAÇÃO	ORDEM
1	Automatização no encaminhamento de exigências	333	4
2	Facilidade de acesso aos dados	410	1
3	Automatização do atendimento	318	5
4	Direcionamento dos requerimentos	293	9
5	Documentos gerados automaticamente	287	10
6	Investimentos em inovação	383	3
7	Validação automática	388	2
8	Deferimento com pendências	310	7
9	Consulta validada internamente	322	6
10	Análise automatizada	309	8
11	Utilização de informações ambientais anteriores	256	11

Fonte: O autor, 2024.

Dentre essas regras, destacamos as três principais. A primeira, é a Facilidade de acesso aos dados, ou seja, informações que favoreçam o acesso, tal como procedimentos anteriores disponíveis para a análise técnica no licenciamento, fiscalização ou monitoramento ambiental. A segunda, é a Geração de documentos automaticamente, que está contemplado de forma mais ampla no terceiro indicador, apresentado na tabela 26 e, finalmente, o Investimento em inovação, porém, ele foi suprimido por ser um indicador de natureza clássica, sem possibilidade de fuzzificação. Contudo, ressaltamos sua importância no cumprimento de adequação ambiental e a promoção da proteção ambiental:

Tabela 26: Composição final do sistema Sistematização de dados

N	INDICADORES	ESPECIALISTA	DOMÍNIO
1	Facilidade de acesso aos dados	Sim	(0, 10)
2	Validação automática	Sim	(0, 10)
3	Automatização de processos e procedimentos	Não	(0, 10)

Fonte: O autor, 2025.

A automação de processos ligados a geração de documentos, também pode ser desvirtuada, quando, por exemplo, retiram procedimentos de análises que seriam necessários no licenciamento, no monitoramento ou fiscalização ambiental, fragilizando a proteção do meio ambiente. Como exemplo, tem-se a Licença por adesão e compromisso (LAC). Por padrão, o empreendedor após a entrega de documentos e pagamento de taxas ao órgão ambiental municipal, a licença é emitida automaticamente.

4.1.3 Sistema III: Integração de dados

A integração dos sistemas de informações deve visar à promoção do compartilhamento de dados e informações com relevância para gestão ambiental municipal. O cidadão deve ter dados disponíveis para poder conhecer, questionar e atuar, também, como fiscal da implementação das políticas públicas ambientais, ou seja, promover ações da sociedade na fiscalização do Estado, ou seja, no Controle Socioambiental.

Esse controle socioambiental das ações dos governantes e funcionários públicos, é importante para assegurar que os recursos ambientais sejam bem administrados em benefício da coletividade. As comunidades devem ter dados suficientes para poder acompanhar e verificar as ações da gestão pública ambiental municipal, avaliando os objetivos, processos intermediários e resultados. Para Antunes (2012), o controle social é um princípio obscuro dentro do normativo brasileiro, pois os procedimentos são para o cidadão comum, ofuscado pela publicidade dúbia e inexistente dos atos que afetam diretamente as comunidades. Nesse cenário, fica evidente a necessidade de se discutir o conceito de accountability para administração pública ambiental. Segundo França (2011, p. 45):

A accountability na administração pública ambiental é um conjunto de mecanismos, processos e práticas que garantem que os servidores públicos sejam responsabilizados pelas suas ações e que os cidadãos tenham o direito de receber informações claras e precisas sobre as atividades governamentais.

França (2011) sintetiza essa afirmativa, quando fala dos instrumentos necessários ao exercício do controle social ao qual se caracteriza pela presença de dois elementos: direito à informação e à participação popular. O papel da informação no controle social, se dá por um compartilhamento social de informação para o exercício da democracia. A tabela 27, abaixo, descreve os dados acerca do quantitativo das ponderâncias dos especialistas para o sistema de integração de dados:

Tabela 27: Resultado quantitativo das ponderações dos especialistas para o sistema integração de dados

INDICADORES	PONTUAÇÃO	ORDEM
Cobertura territorial	425,00	1
Dados de Monitoramento	372,50	4
Dados de Fiscalização	391,00	3
Dados de Licenciamento	405,00	2
Inter-relacionamento interno	295,00	8
Inter-relacionamento externo	327,00	6
Acesso remoto as licenças ambientais, alvarás e anuências	363,00	5
Encaminhamento aos órgãos competentes	241,50	10
Banco de dados ambientais compartilhado	255,50	9
Alimentação do sistema Nacional	312,00	7

Fonte: O autor, 2025.

Os indicadores Dados de licenciamento, Dados de fiscalização e Dados de monitoramento ambiental, estão dentro do indicador Banco de dados ambientais compartilhado. Quanto à qualidade de um indicador, verificamos que os dados de monitoramento englobam os dados de fiscalização e licenciamento ambiental, de modo que esses últimos serão suprimidos.

Cabe destaque a importância de alguns órgãos ter acesso direto nas suas bases de dados para favorecer a tomada de decisão quanto a temas que se reportam a proteção ambiental, tal como Ministério Público, Tribunal de Contas e demais órgãos da administração pública. No entanto, essas informações, estando disponíveis no Sistema Nacional de informações, tal como apresentado na Política Nacional de Meio ambiente

seria suficiente para favorecer tais ações. Entende-se que no item 9, banco de dados compartilhado, estão inclusos, quais sejam:

- Dados de Monitoramento da quantidade de resíduos perigosos gerados numa determinada região;
- Produtos químicos perigosos que são transportados num determinado local;
- Parâmetros de qualidade de águas superficiais;
- Qualidade de determinado corpo d'água e das águas subterrâneas, periodicamente, na internet;
- Parâmetros de qualidade do ar, armazenando em banco de dados integrado em Software de Gestão;
- Dados de lançamento de efluentes, armazenados em banco de dados integrado em Software de Gestão;
- Dados de emissões atmosféricas, armazenados em banco de dados integrado em Software de Gestão;
- Dados sobre os impactos ambientais e a situação das atividades potencialmente causadoras de degradação ambiental ou utilizadores de recursos naturais.

O acesso aos bancos públicos de informação sobre a qualidade dos ecossistemas e a disponibilidade dos recursos ambientais, é fundamental para a proteção ambiental. O poder Público Municipal, na medida de suas competências, deve dispor desses dados públicos eficientes e inteligíveis, capazes de garantir a participação de todos os cidadãos que necessitarem.

A integração dos sistemas de informação ambiental no Brasil, enfrenta desafios significativos. O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e o Sistema Nacional de Informação de Gestão de Resíduos Sólidos (SINIR), mostram discrepâncias entre dados relatados e observados, dificultando a análise precisa (Leal e Sampaio, 2021).

A cooperação institucional entre os órgãos do Estado e dos Municípios, estimularia a busca de soluções consorciadas ou compartilhadas. Os órgãos do Sistema Municipal de Meio Ambiente, devem possuir sistemas de informações unificados entre si, além dos demais órgãos da administração pública local, tais como

finanças, agricultura, defesa civil e infraestrutura, que devem ser capazes de dar eficiência na gestão e publicidade das informações relevantes à sociedade.

Nesse sentido, as áreas de Licenciamento, Monitoramento e Fiscalização Ambiental, devem implementar, utilizar e manter, de forma integrada e compartilhada, sistema informatizado de controle e gestão dos processos. Cabe então, fazer diversas indagações. O órgão Ambiental Estadual ou Nacional, acessa as licenças emitidas pelo órgão ambiental local? O órgão Ambiental Estadual acessa os alvarás emitidos pelo órgão ambiental local? As empresas que não possuem outorga de uso de água, são denunciadas/direcionadas ao órgão de recursos hídricos? Empresas irregulares são listadas para encaminhamento aos órgãos competentes? Nesse cenário, a tabela 28 apresenta os seguintes indicadores:

Tabela 28: Composição final do sistema integração de dados

ORDEM	INDICADORES	ESPECIALISTA	DOMÍNIO
1	Alimentação do SINIMA	Não	(0, 100)
2	Banco de dados ambientais compartilhado	Não	(0, 100)
3	Cobertura territorial	Sim	(0, 100)

Fonte: O autor, 2024.

O sistema informatizado utilizado para fiscalização ambiental, deve ser único e integrado internamente entre o Licenciamento e o Monitoramento Ambiental. Os órgãos executores municipais deverão enviar dados, a fim de alimentar outros bancos de dados de programas preventivos, envolvendo transporte de produtos perigosos. Para garantir que o compartilhamento de informações na gestão ambiental municipal seja eficaz, é necessário estabelecer protocolos de comunicação e colaboração entre as partes interessadas, o que inclui a definição de padrões de dados, a garantia da interoperabilidade de sistemas e a criação de canais de comunicação eficazes. Além disso, é importante garantir que o compartilhamento de informações respeite as normas de segurança e privacidade de dados, o que é especialmente relevante quando informações confidenciais ou sensíveis estão envolvidas.

4.1.4 Sistema IV: Produção da informação

O papel desse sistema na etapa atual, consiste na seleção criteriosa das variáveis mais relevantes para a fuzzificação, integrando aos outros componentes. Essa seleção visa estruturar de forma eficiente, para o funcionamento do modelo, garantindo consistência e alinhamento com os objetivos da análise. A tabela 29, abaixo, traz os dados acerca do quantitativo das ponderâncias dos especialistas para o sistema produção da informação.

Tabela 29: Resultado quantitativo das ponderações dos especialistas para o sistema produção da informação

INDICADORES	PONTUAÇÃO	ORDEM
Armazenamento em banco de dados	460	1
Atualização de dados ambientais	452	2
Informações de proteção Ambiental	433	3
Setorial específico na geração de informações	427	4
Educação Ambiental informacional	398,5	5
Série histórica de dados	395,5	6
Capacitação de atividade-fim	359	7
Trabalho intersetorial interno	351	8
Distribuição de Recursos humanos	349,5	9
Informações de desenvolvimento econômico	219	10

Fonte: O autor, 2024.

Esses dados foram compilados a partir do formulário aplicado para seleção de indicadores para o sistema produção de dados. O intervalo para cada indicador, variou de 0 a 10, para seleção, porém, seu domínio para fuzzificação, é de 0 a 100, conforme a tabela 30. A coluna com relação aos pesos, foram calculados os seus respectivos pesos a partir do perfil do especialista de acordo com o quadro 3.

Tabela 30: Composição final do sistema Produção da Informação

ORDEM	INDICADORES	ESPECIALISTA	DOMÍNIO
1	Informações de proteção Ambiental	Sim	(0, 100)
2	Educação Ambiental Informacional	Não	(0, 100)
3	Armazenamento em banco de dados	Sim	(0, 100)

Fonte: O autor, 2025.

O indicador atualização de dados ambientais, foi excluído dos parâmetros finais selecionados, por estar contido dentro de outros indicadores, tal como, armazenamento em banco de dados que, para fazer sentido enquanto indicador, deverá ter atualizações, periodicamente. Opta-se por uma variável com pontuação elevada, mais ligada a educação ambiental, a variável Educação Ambiental Informacional. Segundo Dias (2004), ela é um instrumento fundamental para a concretização do controle social sobre o processo de acesso e uso do patrimônio ambiental. Essa busca é, antes de tudo, contribuir para a instituição do controle social nas decisões do Poder Público sobre acesso e uso dos recursos ambientais, na direção da conservação e/ou preservação, e, assim, criar condições para que a coletividade também cumpra o seu dever de preservar e defender o meio ambiente ecologicamente equilibrado.

4.1.5 Sistema Transparência

A Transparência consiste em avaliar como o órgão ambiental local disponibiliza informações sobre o funcionamento interno e desempenho da sua gestão. Quando se fala em transparência na administração ambiental, é importante enfatizar que se trata da publicidade das ações públicas, desde que não atinjam o direito de propriedade intelectual e/ou industrial. Pode-se destacar questões ligadas a publicidade, participação e detalhamento, como demonstra a tabela 31:

Tabela 31: Resultado quantitativo das ponderações dos especialistas para o sistema transparência

INDICADORES	PONTUAÇÃO	ORDEM
-------------	-----------	-------

Dados disponibilizados	505	1
Publicação de solicitações	491	2
Sistema público de Informação Ambiental	468	3
Linguagem gerencial	453	4
Relatório anual ambiental	450	5
Legislação em informação Ambiental	388	6
Regramento para atendimentos	383	7
Ordem de atendimento	343	8
Estabelecimento de diretrizes para participação	329	9

Fonte: O autor, 2025.

Dentre os vários componentes incorporados à questão da transparência, dá-se destaque para dois deles: disponibilidade de informações sobre o funcionamento interno da organização e a disponibilidade de informações sobre o desempenho da organização (Grimmelikhuijsen, 2012). Porém, segundo Bianchi (2007), o fato de que o direito à informação, junto com a publicidade, devendo ser assegurado por instrumentos legais, ainda há o desrespeito ao princípio da publicidade, com a ocultação e sonegação de informações sobre o estado dos recursos naturais, fatos estes que contribuem para a ineficácia das normas relativas ao meio ambiente. Assim, muitas vezes, a utilização de meios jurídicos para se fazer valer o direito ao meio ambiente, ecologicamente equilibrado, é inalcançável.

Nessa realidade, dados mais transparentes acerca de impactos ambientais causados, podem ajudar a reduzir a poluição, conservar os recursos naturais e aumentar a resiliência às mudanças climáticas, aumentando a responsabilidade do governo, a transparência e a participação da cidadania (Gurin *et al.*, 2015): “o processo de tornar as informações transparentes colabora para a suposição de que essas informações podem capacitar, aumentando do envolvimento dos cidadãos na tomada de decisões ambientais” (Gupta, 2008).

Nesse cenário, a transparência *online* é um elemento essencial da governança pública. Navarro-Galera *et al.* (2018) concluem que, quando há formuladores de políticas e gestores, interessados em promover o fornecimento de informações sobre sustentabilidade, os países têm um potencial considerável de melhoria e

desenvolvimento ambiental sustentável. Nesse cenário, a tabela 32, chega aos indicadores finais do sistema transparência:

Tabela 32: Composição final do sistema transparência

ORDEM	INDICADORES	ESPECIALISTA	DOMÍNIO
1	Dados disponibilizados	Sim	(0, 100)
2	Sistema Público de Informações Ambientais	Sim	(0, 100)
3	Relatório anual ambiental	Não	(0, 100)

Fonte: O autor, 2025.

Para a seleção final desse grupo, é importante justificar a exclusão do segundo indicador mais pontuado, publicação de solicitações e, a rigor, deveria pertencer aos indicadores finais selecionados para composição do sistema final. No entanto, esse indicador já possui exigência normativa em diversos dispositivos legais, tal como a Resolução CONAMA 006, de 1986, e Resolução CONAMA 237/1997, para documentos específicos como a Licença e a autorização Ambiental.

A sustentabilidade e transparência como fatores, são cruciais para a compreensão do impacto das ações governamentais na sociedade e do funcionamento das administrações públicas. Por isso, foi compreendido que o indicador Relatório Anual Ambiental, pode traduzir melhor aspectos da sustentabilidade que não prescinde da transparência e eles são cruciais para nossa compreensão do impacto das ações governamentais na sociedade e do funcionamento das administrações públicas.

Dentro do método proposto nessa tese, utilizando a lógica fuzzy do tipo Mamdani, é necessário a utilização de bons indicadores para o aumento da capacidade de traduzir dados e regras qualitativas em resultados claros e objetivos, facilitando a avaliação de aspectos complexos e não lineares da gestão ambiental local. No entanto, para que esse método seja eficaz, a produção de informações deve ser conduzida de maneira estruturada e confiável, garantindo a base sólida sobre a qual as variáveis fuzzy serão modeladas nas próximas etapas.

4.2 Definição dos Conjuntos Fuzzy

4.2.1 Sistema I: Ferramentas de acesso

As definições foram feitas, considerando os valores que os especialistas definiram para cada variável. Importante salientar que para Feng. (2009), as áreas nebulosas ou indistinção (fuzziness), sugere um aspecto de incerteza, por vezes, considerado como ambiguidade como podemos verificar na tabela 33 e figura 9 abaixo.

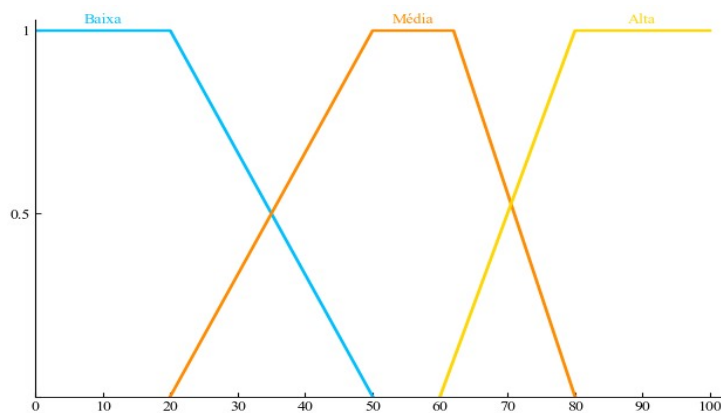
Tabela 33: Definição do conjunto fuzzy do sistema ferramentas de acesso

INDICADORES	TERMOS LINGÜÍSTICOS	TIPO	DOMÍNIO
Redução de Emissões de Carbono Equivalente (CO ₂ eq)	Baixa	Trapezoidal	[0, 0, 20, 50]
	Média	Trapezoidal	[20, 50, 60, 80]
	Alta	Trapezoidal	[60, 80, 100, 100]
Resolução Temporal	Baixa	Trapezoidal	[0, 0, 10, 20]
	Média	Trapezoidal	[10, 20, 30, 34]
	Alta	Trapezoidal	[30, 34, 45, 45]
Resolução Espacial	Baixa	Trapezoidal	[0, 0, 2, 5]
	Média	Trapezoidal	[2, 5, 10, 30]
	Alta	Triangular	[10, 30, 30]

Fonte: O autor, 2025.

No CO₂eq o valor de 0 até o valor 50, para os especialistas, foi considerado Baixo. No entanto, houve variação de opinião para os valores de 20 a 50, obtendo então, a área nebulosa, ou seja, área de incerteza:

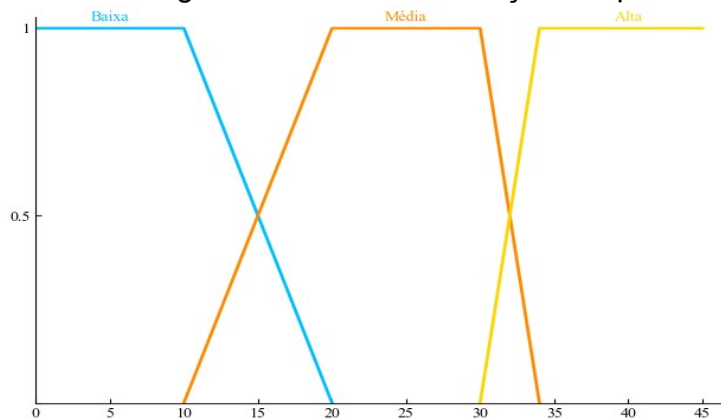
Figura 9: Variável Redução de Carbono Equivalente



Fonte: O autor, 2025.

Para os intervalos do CO₂eq de 20 até o valor 80, para os especialistas, foi considerado médio. No entanto, houve variação de opinião para os valores de 20 a 50 e de 60 a 80, obtendo então, as outras áreas de incerteza. As definições feitas para resolução temporal, foram delimitadas com domínio total de 1 a 45 dias, considerando os valores que os especialistas definiram para cada variável, conforme podemos verificar na figura 10 abaixo.

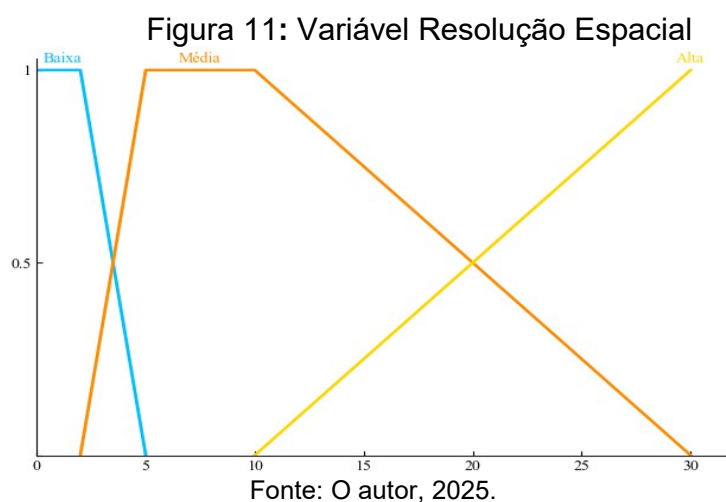
Figura 10: Variável resolução temporal



Fonte: O autor, 2025.

No indicador em questão, o valor de 0 até o valor 20, para os especialistas, foi considerado baixo; de 10 até 35, médio; de 30 até 45 considera-se alto. No entanto, ressaltamos a variação de opinião para os valores de 10 a 20, entre baixo e médio, 30 e 35 entre médio e alto, obtendo áreas fuzziness. As definições feitas para resolução espacial, foram delimitadas dentro de um domínio total de 1 a 30 metros, considerando

os valores que os especialistas definiram para cada variável, conforme podemos verificar na figura 11 abaixo:



No indicador em questão, o valor de 0 até o valor 5, para os especialistas, foi considerado baixo, de 2 até 30, médio; de 10 até 30 considera-se alto. No entanto, ressaltamos a variação de opinião para os valores de 2 a 5, entre baixo e médio, 10 a 30 entre médio e alto, obtendo então áreas fuzziness.

4.2.2 Sistema II: Sistematização de dados

O referido sistema possui 3 (três) variáveis de entrada e uma de saída, com 27 (vinte sete) regras. As definições foram feitas considerando os valores que os especialistas definiram para cada variável, como podemos verificar na tabela 34 e figuras 12, 13 e 14 abaixo.

Tabela 34: Definição do conjunto fuzzy do sistema sistematização de dados

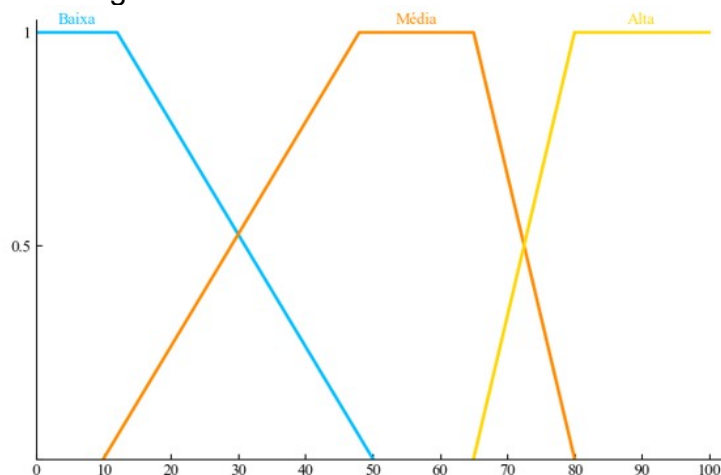
INDICADORES	TERMOS LINGÜÍSTICOS	TIPO	DOMÍNIO
Facilidade de acesso	Baixa	Trapezoidal	[0, 0, 10, 50]
	Média	Trapezoidal	[10, 50, 66, 80]
	Alta	Trapezoidal	[66, 80, 100, 100]

Validação automática	Baixa	Trapezoidal	[0, 0, 10, 40]
	Média	Trapezoidal	[10, 40, 66, 80]
	Alta	Trapezoidal	[66, 80, 100, 100]
Automatização	Baixa	Trapezoidal	[0, 0, 10, 40]
	Média	Trapezoidal	[10, 40, 50, 90]
	Alta	Trapezoidal	[50, 90, 100, 100]

Fonte: O autor, 2025.

No indicador facilidade de acesso, o valor 0 até o valor 50, para os especialistas, foi considerado Baixo. No entanto, houve variação de opinião para os valores de 10 a 50, obtendo então a área nebulosa, ou seja, área de incerteza entre os termos linguísticos baixa e a média.

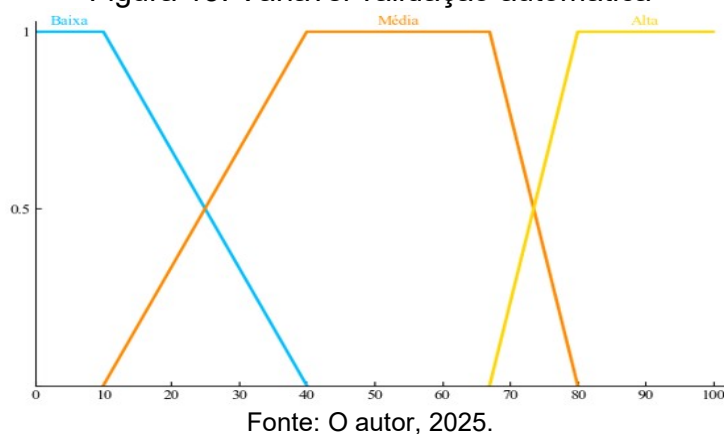
Figura 12: Variável Facilidade de Acesso



Fonte: O autor, 2025.

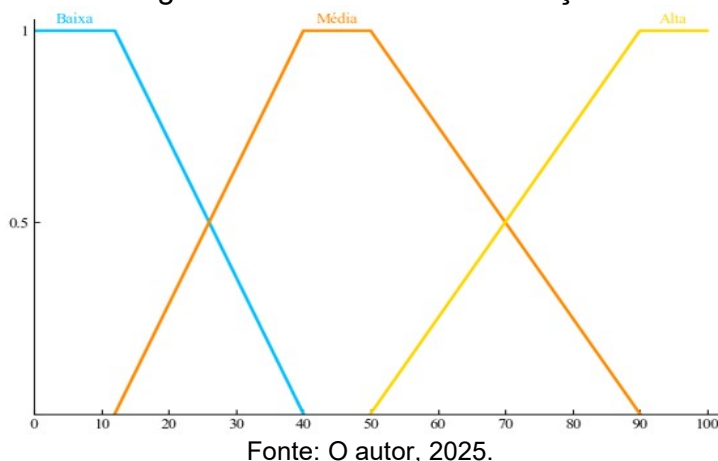
Para os intervalos de 10 até o valor 80, para os especialistas, foi considerado médio, e de 66 até o valor 100. No entanto, houve variação de opinião para os valores de 66 a 80, obtendo a outra área de incerteza entre a média e alta. Já as definições feitas para Validação automática, foram delimitadas com domínio total de 1 a 100, considerando os valores que os especialistas definiram para cada variável, conforme podemos verificar na figura 13 abaixo.

Figura 13: Variável validação automática



No referido indicador em questão, o valor de 0 até o valor 40, para os especialistas, foi considerado baixo, de 10 até 80; médio, de 66 até 100, considera-se alto. No entanto, ressaltamos a variação de opinião para os valores de 10 a 40, entre baixo e médio, 70 e 80 entre médio e alto, obtendo então áreas fuzziness. As definições feitas para automatização, foram delimitadas dentro de um domínio total de 1 a 100, uma variação percentual, considerando os valores que os especialistas definiram para cada variável, conforme podemos verificar na figura 14 abaixo:

Figura 14: Variável Automatização



No indicador em questão, o valor de 0 até o valor 40, para os especialistas, foi considerado baixo, de 11 até 12, médio; de 50 até 100, considera-se alto. No entanto,

ressaltamos a variação de opinião para os valores de 11 até 12, entre baixo e médio, 50 a 90 entre médio e alto, obtendo então áreas fuzziness.

4.2.3 Sistema III: Integração de dados

O referido sistema possui 3 (três) variáveis de entrada e uma de saída, com 27 (vinte sete) regras para os conjuntos Fuzzy. As definições foram feitas, considerando os valores que os especialistas definiram para cada variável, como podemos verificar na tabela 35 e figuras 15, 16 e 17 abaixo:

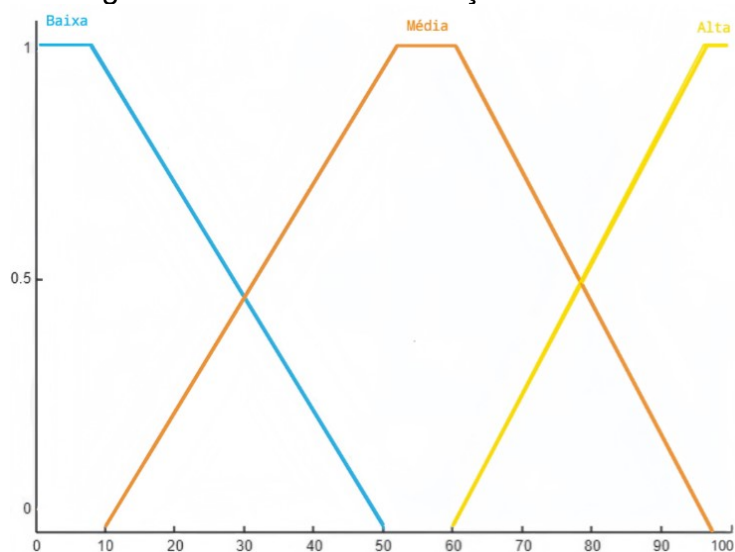
Tabela 35: Definição do conjunto fuzzy do sistema Integração de dados

INDICADORES	TERMOS LINGÜÍSTICOS	TIPO	DOMÍNIO
Alimentação do SINIMA	Baixa	Trapezoidal	[0, 0, 10, 50]
	Média	Trapezoidal	[10, 50, 60, 95]
	Alta	Trapezoidal	[60, 95, 100, 100]
Banco de dados ambientais compartilhado	Baixa	Trapezoidal	[0, 0, 10, 50]
	Média	Trapezoidal	[10, 50, 60, 90]
	Alta	Trapezoidal	[60, 90, 100, 100]
Cobertura territorial	Baixa	Trapezoidal	[0, 0, 20, 60]
	Média	Triangular	[20, 60, 95]
	Alta	Trapezoidal	[60, 95, 100, 100]

Fonte: O autor, 2025.

Na variável, o Alimentação do SINIMA, o valor 0 até o valor 50, para os especialistas, foi considerado Baixo. No entanto, houve variação de opinião para os valores de 10 a 50, obtendo a área nebulosa, ou seja, área de incerteza.

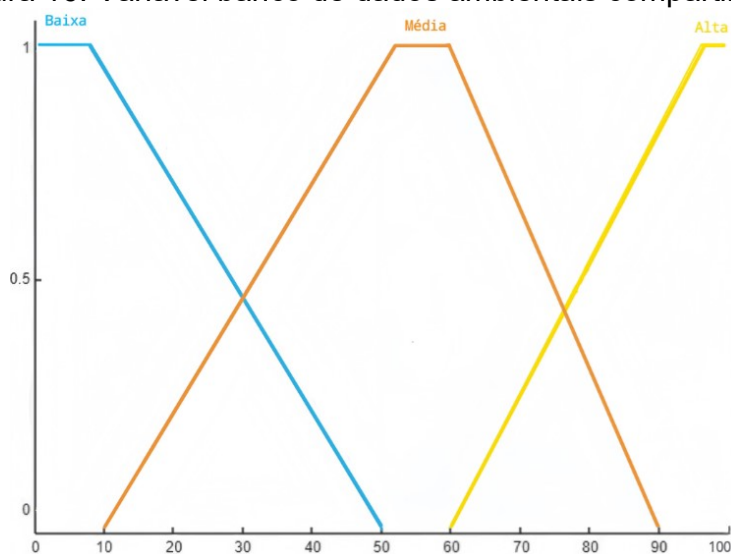
Figura 15: Variável alimentação do SINIMA



Fonte: O autor, 2025.

Para os intervalos de 10 até o valor 95, para os especialistas, foi considerado médio. No entanto, houve variação de opinião para os valores de 10 a 50 e de 60 a 95, obtendo as outras áreas de incerteza. As definições feitas para banco de dados ambientais compartilhado, foram delimitadas com domínio total de 1 a 100, considerando os valores que os especialistas definiram para cada variável, conforme podemos verificar na figura 16 abaixo:

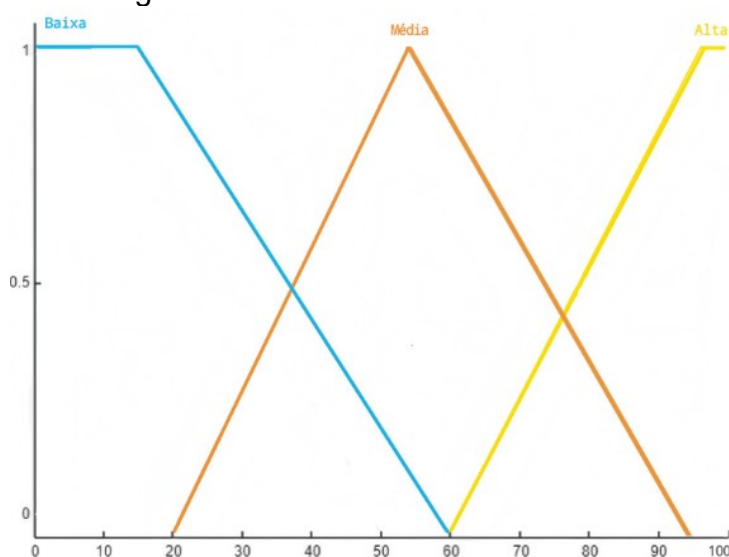
Figura 16: Variável banco de dados ambientais compartilhado



Fonte: O autor, 2025.

No indicador em questão, o valor de 0 até o valor 50, para os especialistas, foi considerado baixo, de 10 até 90, médio; de 60 até 100, considera-se alto. No entanto, ressaltamos a variação de opinião para os valores de 10 a 50, entre baixo e médio, 60 e 90 entre médio e alto, obtendo então áreas fuzziness.

Figura 17: Variável cobertura territorial



Fonte: O autor, 2025.

Para as definições feitas para cobertura territorial, foram delimitadas dentro de um domínio total de 1 a 100, considerando os valores que os especialistas definiram para cada variável, conforme podemos verificar na figura 17. Na variável em questão, o valor de 0 até o valor 60, para os especialistas, foi considerado baixo; de 20 até 95, médio; de 60 até 100, considera-se alto. No entanto, ressaltamos a variação de opinião para os valores de 20 a 60, entre baixo e médio, 60 a 95 entre médio e alto, obtendo então áreas fuzziness.

4.2.4 Sistema IV: Produção de informação

Esse sistema desempenha papel relevante no método, especialmente para avaliar as vulnerabilidades da gestão ambiental local. Nesse contexto, a informação não é apenas um insumo, mas parte integrante de um sistema estruturado, que alimenta o

modelo fuzzy, permitindo que decisões sejam tomadas mesmo em situações de incerteza, complexidade ou subjetividade.

O referido sistema possui 3 (três) variáveis de entrada e uma de saída, com 27 (vinte sete) regras, ao qual está definida no apêndice U. As definições foram feitas, considerando os valores que os especialistas definiram para cada variável, como podemos verificar na tabela 36 e figuras 18, 19 e 20.

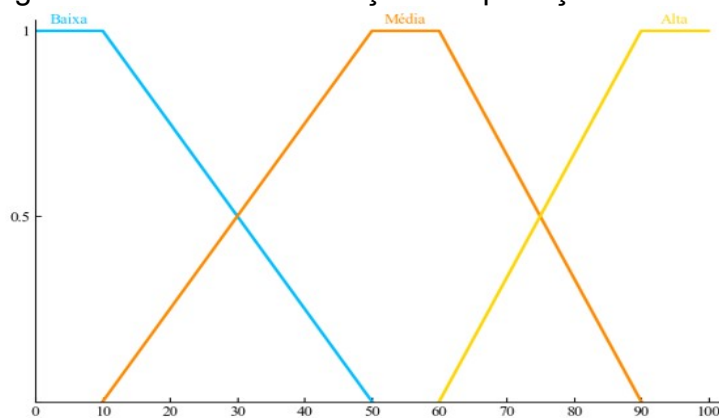
Tabela 36: Definição do conjunto fuzzy do sistema Produção de dados

INDICADORES	TERMOS LINGÜÍSTICOS	TIPO	DOMÍNIO
Informações de proteção Ambiental	Baixa	Trapezoidal	[0, 0, 10, 50]
	Média	Trapezoidal	[10, 50, 60, 90]
	Alta	Trapezoidal	[60, 90, 100, 100]
Educação Ambiental informacional	Baixa	Trapezoidal	[0, 0, 30, 50]
	Média	Trapezoidal	[30, 50, 66, 90]
	Alta	Trapezoidal	[66, 90, 100, 100]
Armazenamento em banco de dados	Baixa	Trapezoidal	[0, 0, 10, 50]
	Média	Trapezoidal	[10, 50, 60, 90]
	Alta	Trapezoidal	[60, 90, 100, 100]

Fonte: O autor, 2025.

As definições feitas para informações de proteção ambiental foram delimitadas com domínio total de 0 a 100, considerando os valores que os especialistas definiram para cada variável, conforme podemos verificar na figura 18:

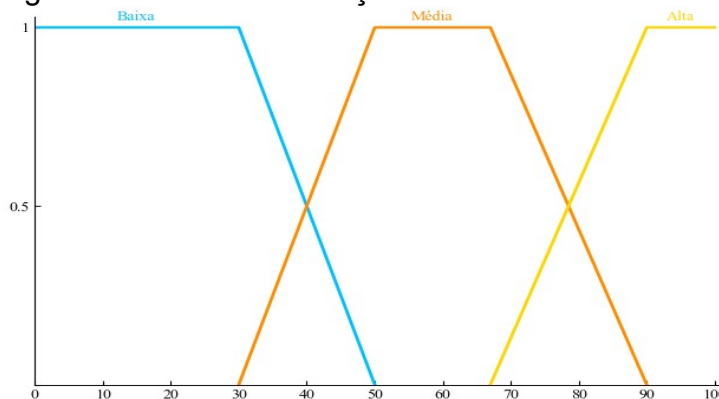
Figura 18: Variável informações de proteção Ambiental



Fonte: O autor, 2025.

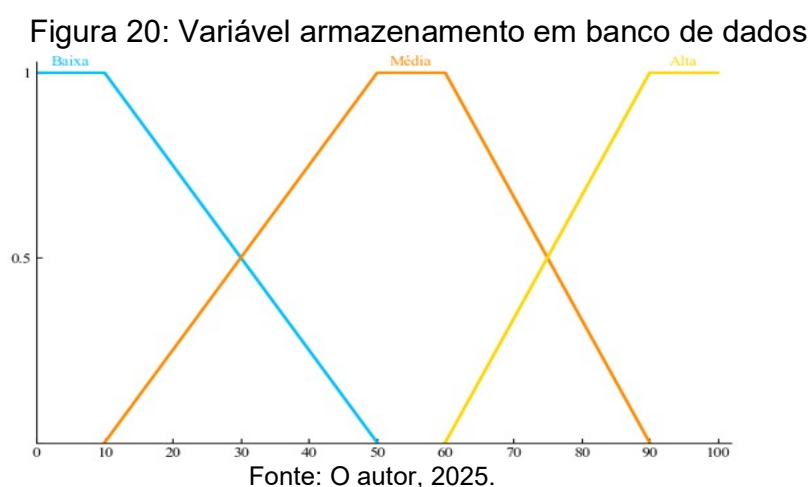
Para os intervalos de 0 até o valor 50, para os especialistas, foi considerado como baixa. Para os valores de 10 a 90, média; e 60 a 100, ficou como alta. No entanto, houve variação de opinião para os valores de 10 a 50 e de 60 a 90, obtendo as outras áreas de incerteza. As definições feitas para Educação Ambiental informacional, foram delimitadas com domínio total de 0 a 100, considerando os valores que os especialistas definiram para cada variável, conforme podemos verificar na figura 19 abaixo.

Figura 19: Variável educação ambiental informacional



Fonte: O autor, 2025.

No sistema em questão, o valor de 0 até o valor 50, para os especialistas, foi considerado baixo; de 30 até 90, médio; inferior seria 66, considera-se alto. No entanto, ressaltamos a variação de opinião para os valores de 30 a 50, entre baixo e médio, 66 e 90 entre médio e alto, obtendo então áreas fuzziness. Para as definições feitas para armazenamento em banco de dados, foram delimitadas dentro de um domínio total de 1 a 100, considerando os valores que os especialistas definiram para cada variável, conforme podemos verificar na figura 20:



No sistema em questão, o valor de 0 até o valor 50, para os especialistas, foi considerado baixo; de 10 até 90, médio; de 60 até 100, considera-se alta. No entanto, ressaltamos a variação de opinião para os valores de 10 a 50, entre baixo e médio, 60 a 90 entre médio e alto, obtendo então áreas fuzziness.

4.2.5 Sistema V: Transparência

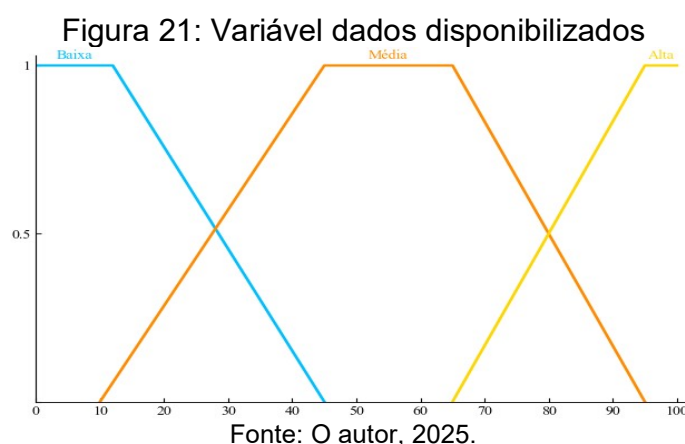
O referido sistema possui 3 (três) variáveis de entrada e uma de saída, com 27 (vinte sete) regras. As definições foram feitas, considerando os valores que os especialistas definiram para cada variável, como podemos verificar na tabela 37 e figura 21, 22 e 23 abaixo:

Tabela 37: Definição do conjunto fuzzy do sistema transparência

INDICADORES	TERMOS LINGÜÍSTICOS	TIPO	DOMÍNIO
Dados disponibilizados	Baixa	Trapezoidal	[0, 0, 10, 45]
	Média	Trapezoidal	[10, 45, 65, 95]
	Alta	Trapezoidal	[65, 95, 100, 100]
Sistema Público de Informações Ambientais	Baixa	Trapezoidal	[0, 0, 10, 35]
	Média	Trapezoidal	[10, 35, 60, 80]
	Alta	Trapezoidal	[60, 80, 100, 100]
Relatório anual ambiental	Baixa	Trapezoidal	[0, 0, 10, 50]
	Média	Triangular	[10, 50, 60, 90]
	Alta	Trapezoidal	[60, 90, 100, 100]

Fonte: O autor, 2025.

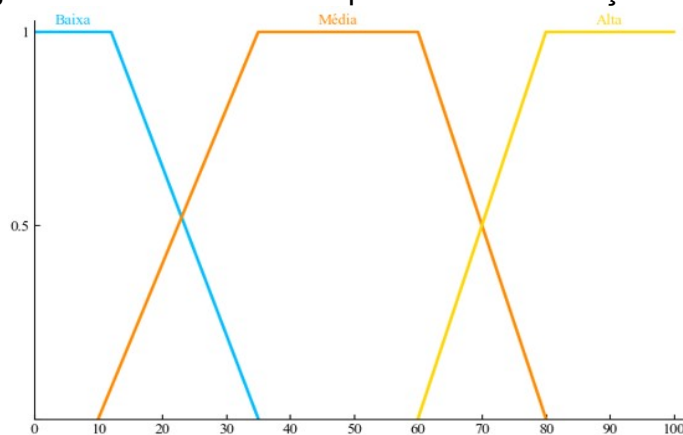
Na figura 21, o indicador dados disponibilizados, o valor 0 até o valor 45, para os especialistas, foi considerado baixo. No entanto, houve variação de opinião para os valores de 10 a 45, obtendo então, a área nebulosa entre a região corresponde baixa e a média, ou seja, área de incerteza:



Para os intervalos de 10 até o valor 95, para os especialistas, foi considerado médio. No entanto, houve variação de opinião para os valores de 65 a 95, obtendo

então, as outras áreas de incerteza entre as regiões média e a alta. As definições feitas para Sistema Público de Informações Ambientais, foram delimitadas com domínio total de 1 a 100, considerando os valores que os especialistas definiram para cada variável, conforme podemos verificar na figura 22 abaixo:

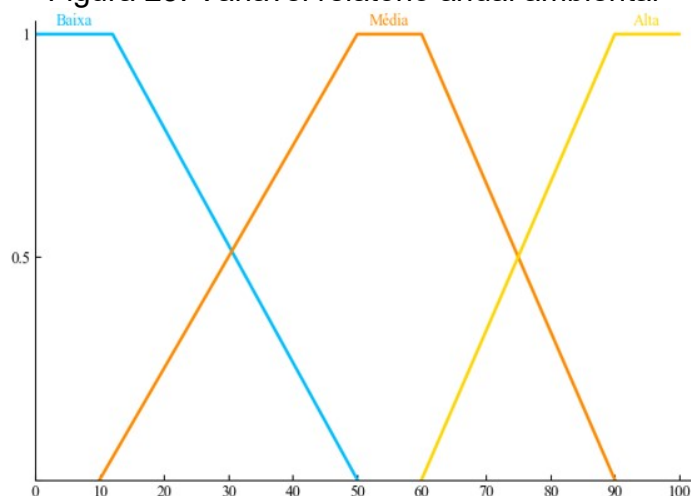
Figura 22: Variável sistema público de Informações Ambientais



Fonte: O autor, 2025.

No sistema em questão, o valor de 0 até o valor 35, para os especialistas, foi considerado baixo; de 10 até 80, médio; de 60 até 100, considera-se alto. No entanto, a variação de opinião para os valores de 10 a 35, entre baixo e médio, 60 e 80 entre médio e alto, obtendo então áreas fuzziness. As definições feitas para o indicador relatório anual ambiental, foram delimitadas dentro de um domínio total de 1 a 100, em percentual, considerando os valores que os especialistas definiram para cada variável, conforme podemos verificar na figura 23 abaixo:

Figura 23: Variável relatório anual ambiental



Fonte: O autor, 2025.

Na variável em questão, o valor de 0 até o valor 50, para os especialistas, foi considerado baixo; de 10 até 90, médio; de 60 até 100, considera-se alto. No entanto, ressaltamos a identificação das áreas fuzziness ao qual a variação ficou entre os valores de 10 a 50, entre baixo e médio; 60 a 90 entre médio e alto.

4.2.6 Regras para o Sistema Final Vulnerabilidade

A partir das saídas dos dois sistemas, ferramentas de acesso e sistematização, gerou-se a definição do sistema intermediário Tecnologia. As três saídas do sistema ferramentas e as outras três saídas do sistema sistematização, possibilitam a definição do Índice de vulnerabilidade relacionado aos aspectos tecnológicos, com cinco saídas, conforme a Tabela 38:

Tabela 38: Definição do conjunto fuzzy do sistema intermediário tecnologia

INDICADORES	TERMOS LINGÜÍSTICOS	TIPO	DOMÍNIO
Tecnologia	Baixa	Triangular	[0, 0, 25]
	Médio-baixa	Triangular	[0, 25, 50]
	Médio	Triangular	[25, 50, 75]

Alto-médio	Triangular	[50, 75, 100]
Alto	Triangular	[75, 100, 100]

Fonte: O autor, 2025.

A partir das saídas dos três sistemas, produção de dados, integração e transparência, gerou-se a definição do sistema intermediário Gestão. As três saídas existente em todos esses sistemas, possibilitam a definição do Índice de vulnerabilidade relacionado aos aspectos da Gestão Ambiental, com sete saídas, conforme a Tabela 39:

Tabela 39: Definição do conjunto fuzzy do sistema intermediário gestão

INDICADORES	TERMOS LINGÜÍSTICOS	TIPO	DOMÍNIO
Gestão	Muito-baixo	Triangular	[0, 0, 15]
	Baixo	Triangular	[0, 15, 35]
	Médio-baixo	Triangular	[15, 35, 50]
	Médio	Triangular	[35, 50, 65]
	Médio-alto	Triangular	[50, 65, 85]
	Alto	Triangular	[65, 85, 100]
	Muito alto	Triangular	[85, 100, 100]

Fonte: O autor, 2025.

A unificação dos sistemas tecnologia e gestão, originaram a definição do conjunto Final, conforme tabela 40, com sete saídas, onde nos termos estabelecidos, caracterizou-se como tipo Triângulo, com seus graus de pertinência para cada variável.

Tabela 40: Definição do conjunto fuzzy do sistema final Vulnerabilidade

INDICADORES	TERMOS LINGÜÍSTICOS	TIPO	DOMÍNIO
	Muito-baixo	Triangular	[0, 0, 15]
	Baixo	Triangular	[0, 15, 35]

Índice de Vulnerabilidade	Médio-baixo	Triangular	[15, 35, 50]
	Médio	Triangular	[35, 50, 65]
	Médio-alto	Triangular	[50, 65, 85]
	Alto	Triangular	[65, 85, 100]
	Muito alto	Triangular	[85, 100, 100]

Fonte: O autor, 2025.

O Índice de Vulnerabilidade possibilita uma saída *crisp*, ou seja, a transformação de números fuzzy em números clássicos. A partir de dados reais das administrações dos órgãos ambientais dos municípios, é possível identificar o Índice de vulnerabilidade, o que facilita na gestão e favorece a governança, uma vez que é traduzido a partir da tomada de decisão.

4.3 Definição de Regras dos Conjuntos Fuzzy

Disposto de que o sistema Ferramentas de acesso detém um quantitativo de 3 variáveis e apresentando 7 valores de saídas, e realizando as combinações entre as variáveis, obtermos um total de 27 regras neste sistema Ferramentas, como é apresentado no apêndice R. Ressalta-se que os valores das variáveis Resolução temporal e Resolução espacial, são inversamente proporcionais, ou seja, quanto maior, mais vulnerável é a direção, tendo um cenário pior e diferente dos demais sistemas.

Para os sistemas Sistematização de dados, Integração de dados, Produção de dados, Transparência e Gestão, aplica-se a mesma base de regras por possuírem as mesmas relações de serem diretamente proporcionais, conforme o apêndice S, T, U, V, W, no entanto, cada uma possui as suas variáveis correspondentes. Importante salientar que elas são diretamente proporcionais.

Destacamos o sistema Tecnologia, apresentado no quadro 4, ao qual refere-se a uma base de regras desenvolvida com duas entradas:

- Ferramentas: classificada em três níveis (Baixa, Média e Alta);
- Sistematização: também classificada em três níveis (Baixa, Média e Alta).

A partir dessas entradas, o sistema determina a saída, que também é classificada em diferentes categorias (Muito Baixa, Média-Baixa, Média, Média-Baixa, Média, Alta-Média e Alta). O sistema intermediário abaixo, conforme quadro 3, mostra suas saídas a partir da inferência Fuzzy Mamdani.

Quadro 3: Base de regras para o sistema Tecnologia

	SE	E	Então
Regra	FERRAMENTAS	SISTEMATIZAÇÃO	Saída
1	Baixa	Baixa	Baixo
2	Media	Baixa	Médio-Baixo
3	Alta	Baixa	Medio
4	Baixa	Media	Médio-Baixo
5	Media	Media	Medio
6	Alta	Media	Medio-Alto
7	Baixa	Alta	Medio
8	Media	Alta	Medio-Alto
9	Alta	Alta	Alto

Fonte: O autor, 2025.

As 9 regras cobrem todas as combinações possíveis das entradas, com a saída resultante, dependendo dos níveis das entradas. Para a regra 1: quando tanto "Ferramentas" quanto "Sistematização", estão no nível mais baixo (Baixa), a saída é "Muito Baixa". As regras 2, 4 e 6: Combinam níveis intermediários (Média ou Baixa) para gerar saídas como "Média-Baixa" ou "Média". Na regra 3: Quando "Ferramentas" está no nível mais alto (Alta) e "Sistematização" está no nível mais baixo (Baixa), a saída é "Média". As regras 5, 7 e 8 para combinações intermediárias, a saída varia entre "Alta" e "Alta-Média". Já na regra 9 quando ambas as entradas estão no nível mais alto (Alta), a saída também atinge o nível "Alta".

Esse modelo de decisão é baseado em regras simples que estabelecem uma relação clara entre as entradas e as saídas. A categorização dessas entradas e das saídas em níveis diferentes, demonstram que o sistema é sensível a mudanças nos níveis das variáveis.

4.4 Regras para a constituição do Índice final de Vulnerabilidade

A partir das entradas das informações, a definição das saídas dos sistemas Tecnologia e Gestão, as novas entradas para o sistema final são estabelecidas conforme quadro 4. No caso do Sistema Tecnologia, com um total de cinco variáveis de saídas e para o caso sistema Gestão, com um total de sete variáveis de saída:

Quadro 4: Base de regras o índice final de Vulnerabilidade

	SE	E	Então
Regra	TECNOLOGIA	GESTÃO	Saída
1	Baixa	Baixa	Muito Baixa
2	Media	Baixa	Baixa
3	Alta	Baixa	Baixa-Média
4	Baixa	Media	Baixa-Média
5	Media	Media	Média
6	Alta	Media	Média-Alta
7	Baixa	Alta	Média-Alta
8	Media	Alta	Alta
9	Alta	Alta	Muito Alta

Fonte: O autor, 2025.

Com base nas regras estabelecidas, foram criados vários cenários para avaliar a eficiência e funcionalidade do sistema conforme a tabela 40, bem como a validação dentro MATLAB. Para estas saídas, foram considerados: o sistema tecnologia com peso 1 e; o sistema gestão com peso 2. Assim, a soma é sempre o valor da primeira coluna (tecnologia) com o dobro do valor da segunda coluna (gestão) (ver APÊNDICE Y). Essas variações nos pesos ocorreram devido a Gestão possuir uma importância maior na interferência da vulnerabilidade.

Tabela 41: Cenários possíveis para Resultado Final do Índice de Vulnerabilidade

CENÁRIO	TECNOLOGIA	GESTÃO	VULNERABILIDADE	RESULTADO
8	100,0000	86,7647	90,3215	Ótimo
13	100,0000	31,6176	55,6715	Regular
18	100,0000	68,3824	74,0992	Bom
19	100,0000	0,0000	31,6176	Ruim
20	100,0000	50,0000	68,3824	Bom
64	20,2380	13,2352	17,2250	Péssimo
71	61,1259	65,0914	59,8873	Regular

74	38,8740	34,9086	40,1127	Regular
----	---------	---------	---------	---------

Fonte: O autor, 2025.

Nos apêndices de L, M, N, O, P e Q, apresentam-se todos os cenários criados para testagem e avaliação dos sistemas com suas funcionalidades, bem como para verificar se poderia ocorrer algum problema de ordem técnica e executiva em seus cálculos. Os cenários de 1 a 10 é um dos sistemas com todas as variáveis ruins ou medianas, e os demais sistemas com as variáveis boas. Os cenários 11 a 20, possuem dois sistemas com todas as variáveis ruins ou medianas e os demais com todas as variáveis boas. Para o cenário 21 a 35, têm-se duas variáveis de um mesmo sistema ruins e todas as demais variáveis boas. Os cenários de 36 a 50, têm-se apenas uma variável ruim e todas as demais variáveis boas.

Já nos cenários entre 51 e 59, têm-se três sistemas com todas as variáveis ruins e dois sistemas com as variáveis boas. Ressalta-se que dois sistemas ruins em tecnologia, são diferentes de ter dois sistemas ruins em Gestão, pois possuem pesos diferentes. Os cenários de 60 a 68, possuem três sistemas medianos e dois sistemas bons. Já os cenários de 69 a 71, possuem uma variável ruim em cada um dos cinco sistemas e , finalmente, para os cenários de 72 a 74 têm-se duas variáveis ruins em cada um dos cinco sistemas.

Tabela 42: Classificação para Resultado Final do Índice de Vulnerabilidade

CLASSIFICAÇÃO	DOMÍNIO
Péssimo	[0, 20]
Ruim	[20, 40]
Regular	[40, 60]
Bom	[60, 80]
Ótimo	[80, 100]

Fonte: O autor, 2025.

O sistema fuzzy processou as regras predefinidas por meio de funções de pertinência e inferências, conduzindo à obtenção de um valor numérico real após a etapa de defuzzificação. Esse valor, situado no intervalo de 0 a 100, representa o nível de vulnerabilidade da gestão ambiental local. Com o intuito de facilitar a compreensão por parte da sociedade, especialmente do público não especializado, os resultados

foram organizados em cinco categorias, conforme apresentado na Tabela 42: péssimo, ruim, regular, bom e ótimo. Essa categorização permite uma análise mais objetiva da vulnerabilidade ambiental, contribuindo para a tomada de decisão e implementação de medidas corretivas ou preventivas.

4.5 Automação do método no MATLAB

Os sistemas foram desenvolvidos utilizando o toolbox fuzzyLogicDesigner no MATLAB R2024b Academic. Este ambiente permite a criação, manipulação e implementação de sistemas baseados em inferência fuzzy. Cada sistema representa um componente-chave do índice de vulnerabilidade, com entradas, saídas, funções de pertinência e regras definidas. Foram gerados múltiplos sistemas fuzzy, cada um com um propósito específico, conforme já explicado anteriormente. Os arquivos foram nomeados conforme sua denominação e com extensão *.fis*, quais sejam:

- Ferramentas.fis: processa CO_{2eq}, Resolução espacial e Resolução Temporal.
- Sistematizacao.fis; processa facilidade de acesso aos dados, Validação automática e Automatização de processos e procedimentos;
- Integracao.fis: processa Alimentação do SINIMA, Banco de dados ambientais compartilhado e Cobertura territorial;
- Producao.fis: processa Informações de proteção Ambiental, Educação Ambiental Informacional e Armazenamento em banco de dados;
- Transparencia.fis: processa Dados disponibilizados, Sistema Público de Informações Ambientais e Relatório anual ambiental;
- Tecnologia.fis: processa ferramentas e sistematização;
- Gestao.fis: processa integração, produção e transparência;
- Vulnerabilidade.fis: consolida os sistemas gestão e tecnologia para determinar o índice de vulnerabilidade.

Cada sistema possui 2 ou 3 entradas (Inputs), em que foram categorizadas com funções de pertinência (Membership Functions - MFs) trapezoidais ou triangulares, definidas em níveis como Baixo, Médio e Alto. As saídas (Outputs) de cada sistema, também é uma variável fuzzy, representada por múltiplas funções de pertinência. As

regras (Rules) para cada combinação de entradas, foram estabelecidas regras fuzzy, baseadas na lógica linguística 3 entradas, que possuem 27 regras, enquanto os com 2 entradas possuem 9 regras. A Inferência Fuzzy, através das regras estabelecidas, determina como as combinações de entradas produziram uma saída específica, com os métodos:

And: mínimo.

Or: máximo.

Implication: mínimo.

Aggregation: máximo.

Defuzzification: centróide.

A combinação desses sistemas foi estruturada para originar os sistemas Intermediários, quais sejam: tecnologia.fis e gestao.fis. Tecnologia resultou a partir de ferramentas de acesso e sistematização de dados; e Gestão combina os resultados de Produção, Integração e Transparência.

A consolidação Final do Índice de Vulnerabilidade, utilizou o arquivo Vulnerabilidade.fis para essa última etapa. Ele recebe os resultados de Tecnologia e Gestão como entradas, com 9 regras fuzzy, que determinam o índice final de vulnerabilidade. Esse sistema utilizou as saídas normalizadas de "Tecnologia" e "Gestão" como entrada. Os resultados das saídas foram normalizados (entre 0 e 1) utilizando uma função externa de normalização (NormalX.m) conforme apêndice L e K, ajustada para uma escala uniforme, garantindo consistência nos resultados.

Desse modo, destacamos dentro método a hierarquia Fuzzy, que organiza em três níveis, permitindo a agregação gradual das informações, bem como a automação completa de todo o processo, desde a entrada de dados até a geração do índice final que foi executado de forma automática por meio do script Vulnerab.m.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 Considerações finais

O método projetado a partir da definição dos domínios estabelecidos e das bases de regras, criadas com as questões levantadas junto aos especialistas e, após estes levantamentos, a elaboração e implementação do *script* demonstra ser a parte menos complexa desenvolvida.

Em virtude aos pormenores da escrita no MATLAB, após o delineamento de cada linha configurada e o pré-processamento dos dados, a aplicação do modelo demonstra funcionalidade para com o objetivo proposto.

A utilização da teoria dos conjuntos fuzzy, como ferramenta para modelos, ganham cada vez mais espaço nos mais variados campos das ciências. O método de Mamdani propõe a relação fuzzy não binária para modelar, com base na matemática, munido de uma base de regras.

Desta forma, o desenvolvimento de um índice de vulnerabilidade dos sistemas públicos de informações ambientais municipais, ratifica tal assertiva. Com efeito, a consulta aos especialistas, foi de fundamental importância para o desenvolvimento da base de regras para a modelagem matemática do objeto estudado. Ressalta-se que toda pesquisa, assim como a ciência, apresenta suas limitações.

Esta tese buscou minimizar possíveis erros por meio de alinhamentos específicos, entre as quais se destacam: a seleção criteriosa de especialistas frente aos objetivos delimitados; a redução do número de variáveis, conforme realizado na etapa de seleção de indicadores; a avaliação quanti-qualitativa na definição das variáveis; e a inclusão de questões abertas com o objetivo de captar informações implícitas.

Os usos dos bancos de dados e das ferramentas computacionais, favorecem e tornam a geração de informação mais pública, bem como a possibilidade de estudos para avanços tecnológicos de forma a beneficiar a sociedade para uso contínuo, além do fortalecimento das metodologias de coleta, armazenamento, processamento e criação de novos arcabouços comunicacionais.

Por conseguinte, a estruturação de um índice dessa natureza que, através do fluxo informacional, pode verificar e apontar vulnerabilidades da gestão ambiental de um determinado município, visa colaborar para a sociedade e demais entidades, a realidade brasileira em relação ao uso e gestão dos recursos naturais, promovendo os princípios do desenvolvimento sustentável.

Esse índice de vulnerabilidade que auxilia na avaliação dos sistemas públicos de informações ambientais locais, aponta as vulnerabilidades na gestão ambiental municipal, foi composto por vários indicadores, a saber:

- Redução de Emissões de Carbono Equivalente (CO₂eq);
- Resolução Espacial;
- Resolução Temporal;
- Facilidade de acesso aos dados;
- Validação automática;
- Automatização de processos e procedimentos;
- Alimentação do SINIMA;
- Banco de dados ambientais compartilhado;
- Cobertura territorial;
- Dados disponibilizados;
- Sistema Público de Informações Ambientais;
- Relatório anual ambiental;
- Informações de proteção Ambiental;
- Educação Ambiental informacional e;
- Armazenamento em banco de dados.

Os órgãos ambientais municipais devem buscar a uniformidade na interpretação da legislação e a disponibilização das informações constantes nos respectivos bancos de dados, visando o funcionamento harmonioso do Sistema, respeitando as especificidades locais.

Nesse sentido, o Poder Público Municipal deve dispor de bancos de dados públicos eficientes e inteligíveis, capazes de garantir o pleno exercício dos direitos de participação efetiva. É necessária a utilização de indicadores que promovam as boas práticas no sentido da sustentabilidade. Pode-se incentivar a existência de Conselhos

de Meio Ambiente com atuação, fiscalização ambiental, órgão ambiental capacitado, áreas especialmente, protegidas entre outras políticas ambientais relevantes.

A Educação ambiental deve trabalhar nesse novo tempo na promoção da informação ambiental. Trabalhar os princípios democráticos, o princípio da publicidade, a produção de dados e, sobretudo, a sua disponibilização para a sociedade.

Os Fundos municipais de Proteção ao Meio Ambiente, constituem-se no recebedor dos valores de multas aplicadas pelos órgãos executores e de outras fontes, a depender do município, com o objetivo de desenvolver os projetos que visem à conservação e preservação ambiental, deverão destinar parte de seus recursos ao desenvolvimento ou aquisições de tecnologias informacionais.

As secretarias de meio ambientes locais, devem elaborar relatórios anuais, que contenham os mapeamentos de uso solo, contemplando, entre outras características, a vegetação nativa, a silvicultura, a agricultura, os campos, a biodiversidade e os usos urbanos. Ao órgão executor local, caberá, dentro outros, aprovar listagem de atividades licenciáveis, que devem apresentar o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), apresentar listagem das espécies que, obrigatoriamente, necessitam de controle ambiental no município, destacando as espécies da flora e da fauna ameaçadas de extinção.

O órgão Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), que registra os *softwares*, aos quais poderiam criar restrições, utilizando no todo ou parte das variáveis utilizadas nesta tese, para permitir o registro, de acordo com a legislação ambiental. Ao utilizar sistemas de informações eficazes, tem-se a redução na curva de aprendizagem dos profissionais, promovendo a celeridade no atendimento. Como exemplo, podemos citar a validação automático de critérios pré-definidos, tal como os distanciamentos de áreas especialmente protegidas.

Quando se trata de validar, aprovar um dado ou não, os sistemas são mais eficazes que os humanos, isso porque não existe neutralidade nas pessoas, além da possibilidade de erro. Integridade, controle social e transparência, são as bases para a boa gestão da administração pública no sentido democrático, promovendo a efetiva participação de todos.

5.2 Recomendações e sugestões para pesquisas e aplicações futuras

A proposta de usar modelos mais flexíveis, com porções de incertezas, é uma linha que faz o uso da Lógica Fuzzy, do tipo Mamdani ter muito potencial, mas não invalida as soluções exatas das teorias clássicas para casos específicos. De todo modo, o modelo desenvolvido, vem a ser útil para a tomada de decisão dos gestores locais.

No entanto, fica a possibilidade e caminho para evoluir, aumentando ou sintetizando a quantidade de interações das entradas nos sistemas, tornando-o mais eficaz, a depender da realidade avaliada, elevando o grau de exatidão, aumentando ou diminuindo o número de interação bem como a base de regras. Conceito basilar na ciência ao qual não existe um produto final pronto e acabado.

Nesse cenário, sugerimos algumas novas pesquisas que possuem relação direta ou indireta que vem a avançar nos objetivos dessa proposta, tanto no sentido científico, acadêmico e também social.

5.2.1 Avançar em pesquisas para criação de indicadores a realidade da Administração Pública Estadual e Nacional

Embora o município constitua a unidade político-administrativa mais adequada para a implementação de políticas públicas ambientais, torna-se igualmente necessário estabelecer indicadores para os demais entes da federação brasileira, a fim de assegurar uma abordagem integrada e abrangente na gestão ambiental.

5.2.2 Estudo de Caso com aplicação desse método ao Município de Sorocaba/SP

A aplicação desta pesquisa contribuiria tanto para o avanço e aprimoramento do estudo quanto para o fortalecimento da relação entre a universidade e a comunidade local, considerando a localização da instituição de ensino neste município.

5.2.3 Desenvolvimento de Algoritmo para automação do Sistema no R Studio, Python e GNU Octave

Foi desenvolvido um algoritmo para a execução e o processamento de todos os sistemas fuzzy implementados na linguagem MATLAB. No entanto, torna-se fundamental sua implementação em outras linguagens de programação, com o objetivo de ampliar sua aplicabilidade em projetos similares e favorecer a integração de dados ambientais.

5.2.4 Verificar o índice de vulnerabilidade dos Sistemas Municipais de Informação dos entes federados que compõem a região metropolitana do Cariri cearense

Esta pesquisa foi desenvolvida com o suporte de instituições do Estado do Ceará, tornando-se essencial a oferta de uma contrapartida, como a realização de uma avaliação das vulnerabilidades ambientais da região, considerando o conjunto de municípios da região do Cariri. Tal iniciativa, justifica-se pela expressiva riqueza de seus recursos naturais e pela crescente demanda por ações mais eficazes de proteção ambiental.

5.2.5 Revisão das dimensões do Sistema Nacional de Informações Ambientais e sua implementação tardia

O SINIMA apresenta limitações operacionais significativas devido à ausência de uma plataforma estruturada para a recepção, disponibilização e integração de dados ambientais municipais. Essa limitação decorre da concepção restrita das dimensões do SINIMA, as quais têm sido tradicionalmente focadas nos aspectos técnicos, como o desenvolvimento de ferramentas de acesso, a integração de bancos de dados e a criação de sistemas de informação.

No entanto, o sistema carece de dimensões fundamentais relacionadas à produção da informação e, sobretudo, à transparência. Nesse contexto, torna-se imprescindível a regulamentação desse instrumento, de modo a incorporar tais

dimensões e aprimorar sua eficácia, promovendo uma gestão ambiental mais acessível, integrada e participativa.

REFERÊNCIAS

- AGGESTAM, F. *et al.* Introduction to the special issue on a Shared Environmental Information System (SEIS) for evidence-based policymaking. **Environmental Science & Policy**, v. 114, p. 178–181, dez. 2020.
- ANTUNES, Paulo Bessa. **Direito Ambiental**. 12º Edição - Ano 2010, p. 13;347;563.
- ANTUNES, Paulo de Bessa. **Direito Ambiental**. 14ª ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- BARBOSA, Hugo de Oliveira; GOMES, Leonardo Fernandes; PEREIRA, Hasley Rodrigo. A relação do setor industrial com a mudança do clima: uma avaliação cienciométrica. **Revista de Estudos Ambientais**, [S. l.], v. 20, n. 1, p. 21–28, 2018. Disponível em: <https://ojsrevista.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/6933> Acesso em: 27 jan. 2025.
- BARBOSA, Erivaldo Moreira; BARBOSA, Maria de Fátima Nóbrega. O direito ambiental em perspectiva: da hermenêutica-sistêmica ao saber ambiental. **Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 20, p. 179, 2014.
- BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- BARROS, L. C.; Bassanezi, R. C. **Tópicos de Lógica Fuzzy e Biomatemática**. Campinas, SP: UNICAMP/IMECC, 2006.
- BEACH, J. H.; JOHNSON, J. W. US National Environmental Information Exchange Network: A Case Study in Semantic Interoperability. **Journal of Environmental Informatics**, [S.l.], v. 15, n. 2, p. 88-96, 2010. Disponível em: <http://www.jeionline.org/ojs/index.php?journal=jofei&page=article&op=view&path%5B%5D=39> Acesso em: 07 mar. 2023.
- BELLEN, H. M. V. **Indicadores de sustentabilidade**: uma análise comparativa. Rio de Janeiro: FGV, p. 105-127, 2005.
- BEDREGAL, B. R. C.; ACIÓLY, B. M.; LYRA, A. **Introdução à Teoria da Computação**: linguagens Formais, Autômatos e Computabilidade. 1a. ed. Natal, RN: EdUnP/FAPERN, 2010. p. 21-78.
- BELTRÃO, Antônio F. G.; **Direito Ambiental** - 2º Edição - Ano 2009, p.25;54;55;58
- BENSON, M.H.; Craig, R. K. **The End of Sustainability**: Resilience and the Future of Environmental Governance in the Anthropocene. Univ Kansas Press, Lawrence, Kansas. 2017.
- BENZ, U. C.; HOFMANN, P.; WILLHAUCK, G.; LINGENFELDER, I.; HEYNEN, M. Multiresolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready

information. **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**: Elsevier. vol. 58, p. 239-258, 2004.

BIBILONI, H. Los Principios Ambientales y la interpretación. Su aplicación política y jurídica. **Número especial Derecho Ambiental**. 2001-I-1082

BIANCHI, Patrícia Nunes Lima. **A (in) eficácia do direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado no Brasil**. Tese (Doutorado em Direito) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

BIANCHI, A. Human Rights and the Magic of Jus Cogens. **European Journal of International Law**, Volume 19, Issue 3. 2008. p. 491–508.

BOAVENTURA, E. M. **Metodologia da Pesquisa**: monografia, dissertação, tese. São Paulo: Atlas, 2004.

BRAGA, B.P.F. *et. al.* **Introdução à Engenharia Ambiental**, São Paulo: Makron Books, 2002.

BRANDÃO, E. J (et al). **Neutralização de emissão de gases de Efeito Estufa**: um indicador de desenvolvimento sustentável nas responsabilidades socioambiental empresarial e individual/. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008.

BRASIL. Constituição Federal de 1988. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao_compilado.htm Acesso em: 11 jun. 2022.

BRASIL. **Decreto Nº 5.776/2006, de 12 de maio de 2006**. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. 2006. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2004-2006/2006/decreto/D5776.htm

BRASIL. Lei Federal nº 10.650, de 16 de abril de 2003. Dispõe sobre o acesso público aos dados e informações existentes nos órgãos e entidades integrantes do SISNAMA. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 16 abr. 2003. Brasília, 2003. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.650.htm Acesso em: 09 setembro. 2022.

BRASIL. **Lei nº 12.527**, de 18 de novembro de 2011. Regula o acesso à informação. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 nov. 2011. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm Acesso em: 02 abr. 2021.

BRASIL. Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. 1981. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 02/09/1981.

BRASIL. Lei Complementar Nº 140, de 08 de dezembro de 2011. Fixa normas para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 09/12/2011.

BRASIL. **Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências.** Brasília (DF), 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato20072010/2009/Lei/L12187.htm Acesso em: 15out. 2014.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa.** Brasília, 25 de maio de 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm Acesso em: 10 set. 2022.

BRASIL. **Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD).** Brasília, DF: Presidência da República, [2020]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14020.htm Acesso em: 3 jan. 2023.

BRATSPIES, R. M. e Lamdan, S. **The Human Right to Environmental Information.** 2019. Disponível em SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3395554> .

BRIDGE, G.; Perreault, T. Environmental governance. In: CASTREE N, Demeritt D, LIVERMAN D, et al. (eds) **A Companion to Environmental Geography.** Malden, MA: Blackwell, pp.475–497. 2016.

BRUCH, C. e CZEBINIAK R. Globalizing Environmental Governance: Making the Leap from Regional Initiatives on Transparency, Participation, and Accountability in Environmental Matters. **Environmental Law Reporter** 32, 10428-10453. 2002.

CAPELLA, V. **Ecología:** de las razones a los derechos. Editorial Ecorama. Granada, Espanha. 1994.

CAFFERATTA, N. A. De la efectividad del derecho ambiental. **Revista Jurídica La Ley.** Beunos Aires. 2007.

CABRAL, Nájila Rejanne Alencar Julião; GIRÃO, Marcela Saldanha de Lima Ferreira; CASTRO, Rodrigo; HEMPEL, Wilca Barbosa. Índice de Sustentabilidade Ambiental: um instrumento de redistribuição de incentivos econômicos para a conservação ambiental nos municípios do Ceará. In: **Ceará em Debate.** Fortaleza: IPECE, 2008a. PP 158-174.

CAPRA, F. **O ponto de mutação:** a Ciência, a Sociedade e a Cultura Emergente. Tradução de Álvaro Cabral. São Paulo. 30ed. Ed. Cultrix, 2012.

CAPURRO, Rafael. Intercultural Information Ethics. In: KENNETH Einar Himma e HERMAN T. Tavani (Eds.): **Handbook of Information and Computer Ethics**. New Jersey: Wiley, 2008, pp. 639-665.

CASTRO, Mary Dias Lobas de. **Participação da sociedade civil e da administração pública no processo de avaliação de impacto ambiental do município de São Paulo-Brasil**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6143/tde-15082018-153050/en.php> .

CAVALCANTI, J.H.F. et al. **Lógica fuzzy aplicada às engenharias**. (2012). Disponível em: http://www.logicafuzzy.com.br/wpcontent/uploads/2013/04/logica_fuzzy_aplicada_as_engenharias.pdf Acesso em: 08 out. 2021.

CHACON, S. S. **O sertanejo e o caminho das águas**: políticas públicas, modernidade e sustentabilidade no Semiárido. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2007. (Série BNB Teses e Dissertações n. 8).

CHAFFIN, B.C. *et al.* Transformative environmental governance. Annu. **Rev. Environ. Resour.** 41, 399–423. 2016.

CHAVES, Luciano Eustáquio; NASCIMENTO, Luiz Fernando C. (2014). Estimating outcomes in newborn infants using fuzzy logic. **Revista Paulista de Pediatria**, 32(2), 164–170.

CLIMATE TECHNOLOGY CENTRE AND NETWORK (CTCN). **Environmental Information Systems**. Disponível em: <https://www.ctc-n.org/technologies/environmental-information-systems> Acesso em: 5 jul. 2022.

CUNHA, Maria Alexandra Viegas Cortez da, MARQUES, Érico Veras, MEIRELLES, Fernando. Tecnologia de informação no setor público: estudo da percepção dos gestores do Executivo estadual. **Encontro anual da associação nacional de pós-graduação em administração**. 2002.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. **Portaria Nº 310, de 13 de dezembro de 2004 MMA**. Disponível em: https://www.normasbrasil.com.br/norma/portaria-310-2004_187904.html

DIAS, Genebaldo Freire. Educação ambiental: princípios e práticas. 12. ed. São Paulo: Gaia, 2004.

DINARTE, Priscila Valduga; DOARTE, Débora; SUTEL, Roberta de Oliveira. Direito de acesso à informação ambiental: a possibilidade da politização do consumo e construção de uma cidadania socioambiental. In: **4º Congresso internacional de direito e contemporaneidade**, 2017, Santa Maria. Anais. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/congressodireito/anais/?page_id=291>.

DINIZ, T. G.; GRANDE, M. H. D.; GALVÃO, C. DE O. Vulnerabilidade domiciliar em situação de intermitência no abastecimento de água. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 26, n. 3, p. 535–543, maio 2021.

FAN, L., YANG, K., LIU, L. New media environment, environmental information disclosure and firm valuation: Evidence from high-polluting enterprises in China, **Journal of Cleaner Production**, Volume 277. 2020.

Feng, Z. (2009). Fuzziness of Travel-to-Work Areas. **Regional Studies**, 43(5), 707–720. <https://doi.org/10.1080/00343400801922806>

FERNANDES, E.; BASTOS, L. C.; MELLO, R. Apoio à decisão ao Planejamento do uso do espaço com a utilização de Sistemas de Informações Geográficas e Lógica Difusa. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 62, p. 43-54, 2010.

FERREIRA, George Porto. **Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente – SINIMA**. Do arcabouço legal à criação do Centro Nacional de Monitoramento Ambiental e Geoprocessamento. 2016.

FERREIRA, H.; CASSIOLATO, M.; GONZALEZ, R. **Uma experiência de desenvolvimento metodológico para avaliação de programas**: o modelo lógico do programa segundo tempo. Brasília: Ipea, 2009.

FLORIDI, L. Information Ethics: on the philosophical foundation of computer ethics. **Ethics and Information Technology**, v. 1, n.1, p. 42,, 1999.

FLORIDI, L. (2013). Distributed morality in an information society. **Science and Engineering Ethics**, 19(3):727–743.

FLORINI, A. M. **The end of secrecy**. Foreign Policy, n. 111, p. 50-63, 1998. Disponível em: https://ink.library.smu.edu.sg/soas_research/2320. Acesso em: [20 março de 2024].

FIORINI, Paula de Camargo; JABBOUR, Charbel Jose Chiappetta. Análise do apoio dos sistemas de informação para as práticas de gestão ambiental em empresas com ISO 14001-estudo de múltiplos casos. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 19, p. 51-74, 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pci/a/3WR6FdMYf9LLkGbLpCwW99M/abstract/?lang=pt>>. Acesso em 19 mar. 2023.

FRAGA, Eugênia Bossi, BEMFICA, Juliana do Couto, BRETAS, Nazaré Lopes. Informática pública e reforma administrativa. **Revista Informática Pública: Formação e Capacitação em Informática Pública, Gerenciamento de Informação Pública, Políticas públicas de Informação, Aplicações da Informática Pública**, 11-16. 2008.

FRANÇA, Gil Phillip. **O controle da Administração Pública**: discricionariedade, tutela jurisdicional, regulação econômica e desenvolvimento. 3ª ed., rev. e atual. E ampl. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2011.

GARMESTANI, A.; RUHL, J.B.; CHAFFIN, B.C.; CRAIG R.K et al. **Untapped capacity for resilience in environmental law**. Proc Natl Acad Sci U S A. 2019

GESI; DELOITTE. **Digital with Purpose: Delivering a SMARTer 2030**. 2019. Disponível em: <https://gesi.org/research/download/36>. Acesso em: 03 abr. 2023.

GERRING, J., & THACKER S. C. (2004). **Political Institutions and Corruption: The Role of Unitarism and Parliamentarism**. Cambridge University Press, Vol. 34, pp. 295-330.

Giannella, Valeria. Epistemologue? Epistemologia Para Não Filósofos, Guiando a Ação Para O Tempo Que Vem. **Revista Terceiro Incluído** (2015): ISSN 2237-079X NUPEAT–IESA–UFG, v.5, n.1, Jan./Jun., 2015, p. 339-354.

GHG PROTOCOL. Ciclo 2025: **Programa Brasileiro GHG Protocol. 2025**. Disponível em: <https://eaesp.fgv.br/centros/centro-estudos-sustentabilidade/projetos/programa-brasileiro-ghg-protocol> Acesso em: 04 fev. 2025.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOLDSTEIN, J.E., Faxon, H.O. New data infrastructures for environmental monitoring in Myanmar: Is digital transparency good for governance? **Environment and Planning E: Nature and Space**. 5(1):39-59. 2022.

GOMIDE, F.A.C., GUDWIN, R.R., TANSCHKEIT, R. **Conceitos fundamentais da teoria de conjuntos fuzzy, lógica fuzzy e aplicações**. (2017). Disponível em: <http://calhau.dca.fee.unicamp.br/pub/docs/gudwin/publications/ifsa95.pdf> Acesso em: 08 out. 2020.

GONCALVES, Marcos Andre. **Streams, structures, spaces, scenarios, and societies (5S): A formal digital library framework and its applications**. Virginia Polytechnic Institute and State University, 2004.

GONZÁLEZ Ballar, R. **Verdades incômodas sobre la gobernabilidad ambiental** en Costa Rica, Editorial Jurídica Continental, San José. 2007.

GRIMMELIKHUIJSEN, SG, Welch, EW (2012) **Developing and testing a theoretical framework for computer-mediated transparency of local governments**. Public Administration Review (forthcoming). Volume 72, Issue 4, Page 562-571, Published JUL-AUG 2012, Indexed 2012-07-01, Document Type Article.

GU, Xiangbai; ZHU, Qunxiong. Fuzzy multi-attribute decision-making method based on eigenvector of fuzzy attribute evaluation space. **Decision Support Systems**. 41. 400-410. 10.1016/j.dss.2004.08.001. 2006.

GUPTA, A. Transparency in global environmental governance: A coming of age? **Global Environmental Politics** 10(3): 1–9. 2010.

GUPTA, A. Transparency under scrutiny: Information disclosure in global environmental governance. **Global Environmental Politics** 8(2): 1–7. 2008.

GURIN, J., Manley, L. e Petrov, O. **Open data for sustainable development**. World Bank Group Report, 1–31. Disponível em: <https://blogs.worldbank.org/digital-development/new-discussionpaper-how-open-data-can-drive-sustainable-developmen> >. 2015.

GUERREIRO, Irene Costa Freitas; VASCONCELLOS SOBRINHO, Mário; CONDURÚ, Marise Teles. Transparência ambiental: da disponibilidade ao acesso à informação ambiental. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 26, p. 3-37, 2022. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pci/a/fhQJmjnWggZWynGxSXYd9Qw/?lang=pt#>>.

HANSON, S.; NICHOLLS, R J.; BALSON, P et al. Capturing coastal geomorphological change within regional integrated assessment: an outcome-driven fuzzy logic approach. **Journal of Coastal Research: West Palm Beach** (Florida), v.26, n.5, p. 831–842, 2010.

HESTER, D. B.; NELSON, S. A. C.; CAKIR, H. I. et al. Highresolution land cover change detection based on fuzzy uncertainty analysis and change reasoning. Taylor & Francis: **International Journal of Remote Sensing**, v. 31, n. 2, p. 455-475, 2010.

HILTY, Lorenz M.; NAUMANN, Stefan; GRÖGER, Jens et al. **Kriterienkatalog für nachhaltige Software**. Birkenfeld 2017. <http://green-software-engineering.de/kriterienkatalog>

HILTY, Lorenz M. **Computing Efficiency, Sufficiency, and Self-Sufficiency: A Model for Sustainability?** June 2015, <https://doi.org/10.5167/uzh-110766>.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Governança Ambiental no Brasil**: instituições, atores e políticas públicas. 2016.

IPCC. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Editado por Eggleston, H. S.; Buendia, L.; Miwa, K.; Ngara, T.; Tanabe, K. Japão: IGES, 2006. Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>. Acesso em: 21 fev. 2025.

IPCC. *Intergovernmental Panel on Climate Change for Climate Change 2007: Synthesis Report.* 2007. Disponível em: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf. Acesso em: 21 fev. 2025.

IPCC. *Intergovernmental Panel on Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report.* Editado por STOCKER, T. F.; QIN, D.; PLATTNER, G.-K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S. K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P. M. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. 1535 p. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SummaryVolume.pdf. Acesso em: 21 fev. 2025.

IPCC. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Editado por Masson-Delmotte, V.; Zhai, P.; Pirani, A.; Connors, S. L.; Péan, C.; Berger, S.; Caud, N.; Chen, Y.; Goldfarb, L.; Gomis, M. I.; Huang, M.; Leitzell, K.; Lonnoy, E.; Matthews, J. B. R.; Maycock, T. K.; Waterfield, T.; Yelekçi, O.; Yu, R.; Zhou, B. Cambridge: Cambridge University Press, 2021. 3949 p. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_FullReport.pdf. Acesso em: 21 jan. 2025.

KEELING, C.D. **The concentration and isotopic abundances of carbon dioxide in the atmosphere**, *Tellus*, v. 12, 1960.200 p.

KERN, E., HILTY, L., GULDNER, A., MAKSIMOV, Y., FILLER, A., GRÖGER, J., & Naumann, S. Sustainable software products—Towards assessment criteria for resource and energy efficiency. **Future Generation Computer Systems**, 2018, 199–210. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.02.044>, 2018.

LAUDON, K.; LAUDON, J. **Sistemas de Informação Gerenciais**. 9ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010. 428 p

LAZARUS, R. J. **Restoring What's Environmental About Environmental Law in the Supreme Court**, 47 *UCLA L. Rev.* 703. 2000.

LEAL, T. L. M. DE C.; SAMPAIO, R. J. **Gestão dos resíduos sólidos: o caso do consórcio de desenvolvimento sustentável do alto sertão na Bahia. urbe.** *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 13, p. e20180123, 2021.

LEFF, Enrique. **Complexidade, racionalidade ambiental e diálogo de saberes.** *Educação & realidade*. v. 34, n. 3, p. 17-24, 2009.

LINDE, Frank. 2008. **Ökonomie der Information**. doi:10.17875/gup2008-212, <http://dx.doi.org/10.17875/gup2008-212>

LIZARAZO, I. Fuzzy image regions for estimation of impervious surface areas. Taylor & Francis: **Remote Sensing Letters**, v. 1, n. 1, p.19-27, 2010.

LIVERMORE, M. A. & REVESZ, R. L. Environmental Law and Economics. Parisi, Francesco (ed.), Oxford Handbook of Law and Economics. Oxford University Press (Forthcoming), **Virginia Law and Economics Research Paper**. 2014. No. 2014-06.

LINDSTEDT, C., & NAURIN, D. (2010). Transparency is not Enough: Making Transparency Effective in Reducing Corruption. **International Political Science Review**, Vol. 31, No 3, pp. 301-322.

LUNARDI, Guilherme Lerch; FRIO, Ricardo Saraiva; BRUM, Marília de Marco. Tecnologia da informação e sustentabilidade: levantamento das principais práticas verdes aplicadas à área de tecnologia. Gerais, **Rev. Interinst. Psicol.**, Juiz de fora, v. 4, n. spe, p. 159-172, dez. 2011. Disponível em http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-82202011000300006&lng=pt&nrm=iso Acesso em 19 mar. 2023.

MACHADO DOS SANTOS, Henrique. Auditoria de repositórios arquivísticos digitais confiáveis. Informação em Pauta, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 156–172, 2019. DOI: 10.32810/2525-3468.ip.v4i2.2019.41787.156-172. Disponível em: <http://www.periodicos.ufc.br/informacaoempauta/article/view/41787>. Acesso em: 10 fev. 2025.

MAIA WOIDA, Luana; DOS SANTOS, Fábio Henrique Angelo. **COMUNICAÇÃO AMBIENTAL ENTRE PODER PÚBLICO E POPULAÇÃO: PERFIL DO USUÁRIO E ACESSO À INFORMAÇÃO EM MEIOS ELETRÔNICOS**. Organizações e Sustentabilidade, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 181–202, 2022. DOI: 10.5433/2318-9223.2021v9n1p181-202. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/ros/article/view/46602>. Acesso em: 11 fev. 2025.

MAMDANI, Ebrahim H.; ASSILIAN, Sedrak. **An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller**. International journal of man-machine studies, v. 7, n. 1, p. 1-13, 1975.

MARJANOVIC, M.; CAHA, J. Fuzzy approach to to landslide susceptibility zonation Fuzzy Approach Landslide Susceptibility Zonation. 2011, **Pisek**: [s.n.], 2011. p. 181–195. Disponível em: <http://ceurws.org/Vol-706/papersg01.pdf> .

MCCORMICK, S. et al. Science in litigation, the third branch of U.S. climate Policy. **Science** 357, 979–980. 2017.

MATEO, R. M. **Manual de derecho ambiental**. Editorial Aranzadi. Espanha, 3º ed. 2005. p. 121-123.

MARQUES, Carlos Alexandre Michaello. **O meio ambiente e a atuação da Administração Pública no Brasil**. 2012.

MATLAB. Matlab. 2024.

MATTEI, Taíse Fátima; SILVA, Marina Da Cunha. Emissão de gases do efeito estufa no Brasil: análise de curto e longo prazo. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 4, p. 953-967, 2021. Disponível em: <https://www.proquest.com/openview/3741ef7abf630b0a1204b111239c75b1/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2032621>. Acesso em 20 mar. 2023.

MAY, Peter; LUSTOSA, Maria Cecília; VINHA, Valéria. **Economia do meio ambiente**. Elsevier Brasil, 2010.

MELO, Fabiano. **Qual a função do SINIMA, no âmbito do direito ambiental?**. 2009.

POLIZIO JUNIOR, Vladimir. **Novo Código Florestal Comentado Anotado e Comparado** (2012) Prefácio.

MENG, X., Zeng, S., Xie, X., Zou, H. Beyond symbolic and substantive: strategic disclosure of corporate environmental information in China. **Bus. Strat. Environ.** 28, 403-417. 2018. <https://doi.org/10.1002/bse.2257>.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente**. 2010. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/acessibilidade/item/8215-sistema-nacional-de-informa%C3%A7%C3%A3o-sobre-meio-ambiente.html>>

MORIN, E. **O Método 3: o conhecimento do conhecimento**. [Tradução de Juremir Machado da Silva]. 4 ed. Porto Alegre: Sulina, 2008.

MORAIS, Adrielly Ferreira; MIRANDA LÉDA, Renato Leone. **Políticas ambientais municipais no Território de Identidade do Sisal: uma perspectiva da publicidade das informações**. Revista Macambira, [s.l.], v. 8, n. 1, p. 1–22, 2024. DOI: 10.35642/rm.v8i1.988. Disponível em: <https://revista.lapprudes.net/RM/article/view/988>. Acesso em: 11 fev. 2025.

NASCIMENTO, Daniel Trento do. Fatores determinantes da gestão ambiental municipal: um estudo inicial. **IV Encontro Nacional da Anppas. Brasília - DF**. 2008. Disponível em: <http://www.anppas.org.br/encontro4/cd/ARQUIVOS/GT8-611-573-20080510234934.pdf> Acessado em: 11 de junho de 2021.

NAVARRO-GALERA, A.; ALCARAZ-QUILES, F.J.; ORTIZ-RODRIGUEZ, D. et al . **Enhancing Sustainability Transparency in Local Governments—An Empirical Research in Europe**. Sustainability 2018, 10, 2161. <https://doi.org/10.3390/su10072161>

NETO, A. D. **Desenvolvimento sustentável e aquecimento global**. Publicado no segundo Volume da Coleção Jurídica: Aquecimento Global e Créditos de Carbono: Aspectos Jurídicos e Técnicos. LEXNET. 1ª ed. São Paulo: QuartierLatin do Brasil, 2007.

OCTAVE, G. **GNU Octave**. 2022.

ORTIZ-RODRÍGUEZ, D., NAVARRO-GALERA, A., ALCARAZ-QUILES, F. J. The Influence of Administrative Culture on Sustainability Transparency in European Local Governments. **Administration & Society**, 2018. 50(4), 555–594. doi:10.1177/0095399715616838.

OLIVEIRA, Petronio Silva de. Potencial de neutralização das emissões dos gases do efeito estufa das indústrias de cerâmica vermelha na Região Metropolitana do Cariri. 2015. 120 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável (PRODER), **Universidade Federal do Ceará, Juazeiro do Norte**, 2015. DOI: 10.13140/RG.2.2.25647.46246.

PETKOVA, E.; MAURER C.; HENNINGER N. et al. **Closing the Gap: Information, Participation, and Justice in Decision-Making for the Environment**. Washington/DC: World Resources Institute. 2002.

PIGRETTI, E. **La responsabilidad por daño ambiental**. Centro de Publicaciones Jurídicas y Sociales, Buenos Aires, 1986.

PIZZI, S., VENTURELLI, A.; CAPUTO, F. The “comply-or-explain” principle in Directive 95/2014/EU. A rhetorical analysis of Italian PIEs. **Sustainability Accounting, Management and Policy Journal**, 12(1), 30–50. 2020.

POPOV, A. A. et al. Environmental information system for monitoring landscaping objects. In: Journal of Physics: **Conference Series**. 2021. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1889/2/022099/meta>>. Acesso em 19 mar. 2023.

PRADO, F. A.; GALO, M. L. B. T. Desenvolvimento de um Sistema Hierárquico de Classificação com Aplicação Baseada em Abordagem Fuzzy. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 16, n. 2, p.309-331, 2010.

PROGRAMA DE NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (UNEP). **Why do shared environmental information systems matter?** Disponível em: <https://www.unep.org/explore-topics/environment-under-review/what-we-do/shared-environmental-information-systems/why-do> . Acesso em: 4 jul. 2022

PRIEUR, M. **Droit de l' environnement**. Dalloz. Paris, 2019. 8º ed. p. 99.

PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. **Python**. 2022.

RSTUDIO TEAM. RStudio: Integrated Development Environment for R. Versão 1.4. 2021. Disponível em: <https://www.rstudio.com/>. Acesso em: 05 nov. 2021.

REINO UNIDO. **Department for Environment, Food & Rural Affairs**. Information paper on the policy statement on Environmental Principles. Londres. 2018.

RIBEIRO, João Ubaldo. **Política**: quem manda, porque manda, como manda. 3. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1998.

R CORE Team; R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Available in: <<https://www.R-project.org>> (Acessado em 10 de Junho, 2022).

ROJAS, Aguilar G. e IZA, A. A. **Derecho Ambiental en Centroamérica**, Tomo I, UICN, San José, 2009.

SAMPAIO FILHO, Antonio Carlos DE S. ; VELLASCO, Marley M.B.R. ; Tanscheit, Ricardo. A unified solution in fuzzy capital budgeting. **Expert systems with applications**, v. 98, p. 27-42, 2018.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. P. B. **Metodologia de Pesquisa**. 3. ed. Porto Alegre, RS: Editora Penso, 2012.

SAND, P. H. **Lessons Learned in Global Environmental Governance**, 18 B.C. Env'tl. Aff. L. Rev. 213. 1991.

SANDRI, Sandra; CORREA, Cláudio. Lógica nebulosa. Instituto Tecnológico da Aeronáutica-ITA, **V Escola de Redes Neurais**, pp. C073-c090, São José dos Campos, 1999.

SANTOS, H. M. DOS .; FLORES, D.. Repositórios digitais confiáveis para documentos arquivísticos: ponderações sobre a preservação em longo prazo. *Perspectivas em Ciência da Informação*, v. 20, n. 2, p. 198–218, abr. 2015.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do Trabalho Científico**. 23 ed. rev. e atual. São Paulo: Cortez, 2007.

SILVA, Thiago Antunes da. Avaliação do acesso ao SINIMA: Sistema Nacional de Informação sobre o Meio-ambiente. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 12, p. 41-53, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pci/a/4zm8dv7B6jnrZcSk3SgM6hH/?lang=pt>.

SOARES, Thiago Costa; CUNHA, Dênis Antônio da. Emissões de gases de efeito estufa e eficiência ambiental no Brasil. **Nova Economia**, v. 29, p. 429-458, 2019.

Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/neco/a/r5yxTNfpKqCtgBNxKwKFCDF/abstract/?lang=pt>>.

Acesso em 20 mar. 2023.

SOTO, W. H. G. In: BECKER, D. F. (Org.). **Desenvolvimento Sustentável: necessidade e/ou possibilidade?** Santa Cruz do Sul-RS: EDUNISC, 2002.

SOUZA, G. K. A. A importância do Princípio da Informação: a necessidade de consciência social acerca dos problemas ambientais para maior proteção ambiental. **Revista Eletrônica Direito e Política**. Itajaí, v.10, n.2. 2015.

SHWOM, R.; Isenhour, C.; JORDAN, R.C.; MCCRIGHT, A.M. et al. Integrating the social sciences to enhance climate literacy. **Front. Ecol. Environ.** 15, 377–384. 2017.

TAVARES, C.; FREIRE, I. M. **Informação ambiental no Brasil: para que e para quem**. Perspectivas em Ciência da Informação, v. 8, p. 208-215, 2003.

VEIGA, J. E. da. Indicadores socioambientais: evolução e perspectivas. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v.29, n.4 (116) out./dez. 2009.p.421-35.

WANG, P., Wang, F., Hu, N.. The effect of ultimate ownership on the disclosure of environmental information. *Aust. Account. Rev.* **28**, 186e198. 2018.
<https://doi.org/10.1111/auar.12166>

YIN, R. K.; **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 1. Ed. 1985.

ZSOGON, S. J. **Derecho ambiental: información; investigación**. Editorial Dykinson, Espanha. 2002. p. 40.

ZADEH, Lotfi A. Fuzzy sets. *Information and Control*, v. 8, n. 3, p.338–353, 1965. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0019-9958\(65\)90241-x](https://doi.org/10.1016/s0019-9958(65)90241-x). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001999586590241X>. Acesso em: 14 jul. 2022.

GLOSSÁRIO

Anonimização: eliminação da possibilidade de associação, direta ou indireta a um indivíduo.

Antropoceno: Termo usado para descrever uma possível nova era geológica caracterizada pelo impacto significativo das atividades humanas sobre o planeta Terra, incluindo alterações nos sistemas climáticos, biológicos, e geológicos. Porém, ainda não é aceito oficialmente reconhecido pela Comissão Internacional sobre Estratigrafia (ICS), que regula as divisões do tempo geológico.

Autenticidade: qualidade da informação que tenha sido produzida, expedida, recebida ou modificada por determinado indivíduo, equipamento ou sistema.

Banco de dados: conjunto estruturado de dados, podendo ser estabelecido em um ou em vários locais, com suporte eletrônico.

Base de Regras: estabelece relação entre as variáveis.

Conhecimento: É a informação tratada ou trabalhada. Ele vai além da informação, produzindo ideias, experiências e tem aplicações.

Compartilhamento de dados: comunicação, difusão, transferência, interconexão, tratamento simultâneo de um banco de dados entre entes públicos, ou entre entes público-privados.

Capital Social: Capital social refere-se ao conjunto de redes, normas e confiança social que facilitam a colaboração e a ação coletiva entre os indivíduos e organizações. No contexto da gestão pública ambiental, pode ser um recurso para promover soluções sustentáveis ou pode ser utilizado para atender interesses individuais.

Condicionante de licença Ambiental: De acordo com as Resoluções CONAMA 001/1986 e CONAMA 237/1997, as condicionantes de licença ambiental são exigências ou obrigações impostas pelo órgão ambiental competente, local, regional ou nacional, responsável para assegurar que o empreendimento ou atividade licenciada seja realizado de forma a minimizar impactos negativos ao meio ambiente. Essas condicionantes devem ser cumpridas pelo empreendedor como parte do processo de licenciamento. As condicionantes são diferentes dos **pré-requisitos de licença**, pois essas devem ser atendidas antes da emissão da Licença Ambiental.

Conservação: A conservação ambiental é uma abordagem que busca utilizar os recursos naturais de forma indireta, permitindo a exploração controlada e equilibrada para atender às necessidades humanas sem comprometer a capacidade de regeneração dos ecossistemas. Pode ser considerado como uso sustentável, porém não permite a proteção integral como na abordagem preservacionista.

Crisp: Na teoria clássica esse conjunto é denominado "crisp" quando um dado elemento do universo do domínio pertence ou não pertence a ele.

Dado pessoal: informação relacionada à pessoa natural identificada ou identificável (Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), LEI Nº 13.709, DE 14 DE AGOSTO DE 2018).

Dados: São as codificações que constituem a matéria prima da informação. Eles representam um ou mais significados que isoladamente não podem transmitir uma informação ou representar um conhecimento.

Defuzificação: transforma a saída em um número real ou CRISP.

Dicionário: conjunto fuzzy sobre as variáveis.

Disponibilidade: informação que pode ser acessada e utilizada por indivíduos, equipamentos ou sistemas autorizados.

Eficiência: É o resultado obtido de uma forma muito rápida e se envolver quantidade de recursos, tem a obtenção do resultado com um custo mínimo.

Eficácia: É o resultado obtido a partir daquilo que já foi estabelecido previamente.

Fluxo informacional: Refere-se ao que permeia a coleta, organização, transmissão, análise de dados, geração de informações com possibilidade de acompanhar, avaliar e garantir a execução das normas, políticas, projetos e iniciativas ambientais de um município. Ele é essencial para verificar a confiabilidade das informações para a tomada de decisão.

Fuzzy: incerto, vago, impreciso, subjetivo, nebuloso, difuso, etc Ressalta-se que fuzzy não é uma teoria vaga, ela modela o vago.

GAMMA: É o produto entre a soma algébrica Fuzzy e produto Fuzzy.

Gestão Ambiental: Envolve execução de ações local e/ou organizacional para proteção ambiental, bem como o gerenciamento dos recursos naturais, sendo mais prática e operacional.

Governança Ambiental: Abrange os processos de tomada de decisão conectando o local com o Regional, nacional e até global, envolvendo os múltiplos atores sociais. Visa a criação de políticas públicas, leis, tratados e conselhos.

GNU Octave: Linguagem computacional para aplicações matemáticas.

Índice: Medida agregada que combina múltiplos indicadores em um único valor representativo. Ele serve para fornecer uma visão geral ou um panorama consolidado sobre a vulnerabilidade ou desempenho da gestão ambiental em determinada área. Favorece a análise comparativa entre municípios, regiões, períodos ou sistemas.

Indicador: Métrica específica que mede um aspecto particular da gestão apontando para vulnerabilidade. Ele avalia fatores isolados e fornece dados granulares sobre uma variável específica.

Informação: Quando os dados são tratados eles passam a ser consideradas informações, ou seja, é o resultado do processamento de dados. Após esse processamento passam a ter significado, podendo ser usadas para tomadas decisões.

Informações implícitas: São aquelas informações que não seria possível obter na pesquisa de forma direta, ou que não esperávamos por ela. Geralmente são as informações mais relevantes e “secretas” que os pesquisadores não têm acesso, ou ainda o objeto investigado está ligado a entrevistados que não querem mostrar seu real posicionamento.

Integridade: qualidade da informação não modificada, inclusive quanto à origem, trânsito e destino.

Interoperabilidade: Capacidade de sistemas, processos, instituições e agentes de se comunicarem, compartilharem informações e trabalharem juntos de forma integrada e eficiente. Um órgão ambiental local interoperável permite que seus departamentos troquem informações de maneira fluida, sem barreiras técnicas, institucionais ou operacionais, melhorando a tomada de decisões e a implementação de políticas ambientais.

Governança Pública: De acordo com o Decreto nº 9.203, de 22 de novembro, de 2017, é o conjunto de mecanismos de liderança, estratégia e controle postos em prática para avaliar, direcionar e monitorar a gestão, com vistas à condução das políticas públicas e à prestação de serviços de interesse da sociedade.

MATLAB: Software para cálculo numérico, especialmente com matrizes.

Meio Ambiente: Na gestão ambiental municipal ou local, o meio ambiente está diretamente relacionado às ações de planejamento, preservação, conservação e uso sustentável dos recursos naturais, considerando as necessidades das comunidades locais e o desenvolvimento sustentável. Nesse contexto o Artigo 3º da Lei nº 6.938/1981, da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) define de forma coerente com o SISNAMA ao qual engloba o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas. Ressalta-se que pelo fato do meio ambiente envolver incontáveis aspectos, no contexto do SISNAMA aspectos no meio ambiente do trabalho ligado à segurança ficam excluídos.

Método de inferência: Determina a saída dada numa certa entrada.

Parecer Técnico: Apresenta uma análise, interpretação ou avaliação de uma situação, projeto ou problema específico, geralmente com base em dados ou estudos existentes. Ele é destinado a orientar a tomada de decisões ou emitir um posicionamento sobre um tema técnico. É mais sucinto quando comparado ao Relatório Técnico.

Pré-requisito de licença Ambiental: São exigências que precisam ser atendidas antes da emissão da licença ambiental. Diferem das **condicionantes de licença ambiental** que devem ser atendido pós-emissão da licença. Seu objetivo é garantir que a atividade potencialmente poluidora atenda às condições mínimas necessárias para ser considerado ambientalmente viável.

Preservação: A preservação ambiental tem como objetivo proteger os ambientes naturais de qualquer interferência humana no uso direto, mantendo-os em seu estado original. É uma abordagem mais restritiva que a conservação, focada na proteção integral dos ecossistemas.

Primariedade: qualidade da informação coletada na fonte, com o máximo de detalhamento possível, sem modificações.

Python: Linguagem de programação orientada a objetos bastante eficaz em aplicações científicas.

R Studio: Linguagem de programação orientada a objetos, multi-paradigmática, aplicada em análise e visualização de dados.

Relatório Técnico: É um documento mais detalhado, quando comparado ao Parecer Técnico. Descreve de forma abrangente e sistemática um trabalho ou atividade técnica, apresentando dados, resultados, metodologias e análises conclusivas.

Segurança: utilização de medidas técnicas e administrativas de proteção de dados pessoais protegidos, de sigilo industrial ou de propriedade intelectual relativo a acesso não autorizado e de situações acidentais ou ilícitas de destruição, perda, alteração, comunicação ou difusão.

Sistema de Gestão Ambiental: Gestão e melhoria de processos ambientais dentro dos órgãos locais.

Sistema de Informações Ambientais: Automatização, lançamento, processamento e análise de dados ambientais.

Sistema Público de informações Ambientais: Sistema que envolve, tecnologias informacionais, os atores sociais, infraestrutura, envolvendo diversos aspectos, quais sejam: ferramentas de acesso, sistematização dos dados, integração dos dados, produção de dados e transparência.

Sistema de Informações Gerenciais: Análise de dados ligados à parte operacional das instituições.

Sistemas de Informações Geográficas: Automatização, lançamento, processamento e análise de dados espaciais e georreferenciados.

Sustentabilidade: Capacidade de o município gerir seus recursos naturais de maneira equilibrada e integrada, garantindo o bem-estar atual sem comprometer as necessidades das gerações futuras. Ressalta-se que ação local está intrinsicamente conectada à sustentabilidade global, pois as práticas locais afetam e são afetadas por dinâmicas planetárias.

Tratamento da informação: conjunto de ações referentes à produção, recepção, classificação, utilização, acesso, reprodução, transporte, transmissão, distribuição, arquivamento, armazenamento, eliminação, avaliação, destinação ou controle da informação.

Usuário-cidadão: No contexto da Administração Pública Ambiental Municipal, o indivíduo é considerado usuário desses serviços, nunca consumidor. Aquele que procura uma repartição pública é um usuário-cidadão, e não um cliente-consumidor. Consideram-se as dimensões de equidade, responsabilidade e bem público na relação com a administração pública. A utilização do termo "cliente" em vez de "usuário-cidadão" pode gerar interpretações que favoreçam a obtenção de vantagens indevidas dentro da esfera pública. Isso ocorre porque, ao adotar uma relação de cliente-consumidor na administração pública, algumas práticas ilícitas, como corrupção ativa, tráfico de influência e advocacia administrativa, poderiam perder sentido dentro desse contexto.

APÊNDICE A: Questões do Formulário aplicado para seleção de indicadores para o sistema Ferramentas de acesso ¹



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Sorocaba

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

Ciências Ambientais

Seleção de indicadores sobre **ferramentas de acesso** na formação de um índice para avaliação de Sistemas Públicos de Informações Ambientais Municipais

Prezad@, sou doutorando em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP cujo orientador é o professor Dr. José Arnaldo Frutuoso Roveda. A pesquisa em desenvolvimento possui diversas etapas ao qual se pretende construir um índice para os sistemas Públicos de informações Ambientais Municipais que aponte as vulnerabilidades da gestão ambiental. A sua contribuição no momento será sugerir a exclusão, inserção ou retificação de indicadores para compor um sistema denominado ferramentas de acesso. Essas tecnologias ou ferramentas devem ter como finalidade a promoção da sustentabilidade e da eficácia de gestão pública.

As ferramentas de acesso fazem parte de um eixo norteador do SINIMA - Sistema Nacional de Informações Ambientais, instituído pela Política Nacional de Meio Ambiente, através da Lei Nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981 que consiste em avaliar como as instituições locais utilizam as tecnologias disponíveis, ou porque não fazem o uso. Para o sistema ou grupo de indicadores teremos, a princípio: adesão tecnológica; abrangência e Redução das Emissões de Carbono Equivalente. Nesse contexto, vamos buscar classificar os indicadores apresentados, em ordem de prioridade, ao qual [10] seria o melhor indicador e o [1] seria o pior, no sentido de fazer parte da composição desse índice.

Desde já, agradeço sua participação e colaboração. Qualquer dúvida, podem entrar em contato pelo Whatsapp, e-mail ou quaisquer outra forma de comunicação.

Att,
Petronio Silva de Oliveira

Fone/Whatsapp: [REDACTED]
E-mail: E-mail: [REDACTED]

¹ Dados ocultados para preservação da privacidade.

Informamos que ao participar dessa pesquisa você declara que a sua participação é voluntária e aceita que os resultados sejam utilizados e divulgados em publicações científicas. Os questionários são respondidos de forma anônima, com isso os participantes não poderão ser identificados, sendo garantida a confidencialidade de sua resposta. *

☐ Concordo com os termos e condições.

! Esta pergunta é obrigatória

Qual a sua área de especialidade? *

Sua resposta

! Esta pergunta é obrigatória

Qual seu e-mail? *

Sua resposta

! Esta pergunta é obrigatória

Qual seu fone / Whatsapp? *

Sua resposta

! Esta pergunta é obrigatória

Qual sua área de atuação? *

Sua resposta

! Esta pergunta é obrigatória

Escolaridade ★

- ☐ Superior
- ☐ Especialização
- ☐ Mestrando
- ☐ Mestrado
- ☐ Doutorando
- ☐ Doutorado
- ☐ Pós-doutorando
- ☐ Pós-doutorado

1. Sistemas de armazenamento de dados

Classificação: Adesão tecnológica

Descrição:

Utilização de softwares de armazenamento de dados para processamento, bem como geração de relatórios e gráficos das diversas áreas da gestão ambiental, tais como: ar, água subterrânea, águas superficiais e florestas.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

2. Ferramentas para a população

Classificação: Adesão tecnológica

Descrição:

Sistemas oferecidos para o usuário final para o melhor uso e manejo dos recursos ambientais nas áreas rurais e urbanas, nas diversas áreas: ar, água subterrânea, águas superficiais, florestas, biodiversidade, resíduos sólidos, efluentes, ruído e transporte de produtos perigosos.

[illegible]

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

3. Banco de dados na gestão ambiental

Classificação: Adesão tecnológica

Descrição:

Verificação da existência de banco de dados de Condicionantes, Pré-requisitos, estudos, exigências e critérios de análise no licenciamento, fiscalização e monitoramento ambiental.

[illegible]

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

6. Resolução temporal

★

Classificação: Adesão tecnológica

Descrição:

Verificação do tempo de atualização ou resolução temporal de disponibilização da imagem de satélite. O intervalo razoável para o órgão ambiental ter acesso está entre 1 e 365 dias.

[illegible]

7. Utilização de Softwares setorialmente

Classificação: Abrangência

Descrição:

Verificação das áreas de Licenciamento, Fiscalização, Monitoramento, Recursos Humanos e Compras possuem ferramentas tecnológicas para desenvolvimento de suas atividades.

[illegible]

8. Processo administrativo virtual

★

Classificação: Redução de CO2eq

Descrição:

Verificação de qual percentual foi sistematizado virtualmente na sua instituição, como os pareceres, ofícios, requerimentos, e demais procedimentos ligado direta ou indiretamente a administração pública ambiental.

[illegible]

9. Deslocamento dos usuários-cidadãos

Classificação: Redução de CO2eq

Descrição:

Verificação do percentual de serviços que necessitam do cidadão se deslocar até o escritório fisicamente para realizar pedidos à instituição.

[illegible][illegible]

10. Redução de Emissões de Carbono Equivalente (CO2eq)

★

Classificação: Redução de CO2eq

Descrição:

Verificação de quanto é reduzido, percentualmente, de emissões de carbono equivalente em função do uso de tecnologias da informação, de forma direta e indireta.

[illegible][illegible]

11. Impressoras em uso

Classificação: Redução de CO2eq

Descrição:

Verificação da quantidade de Impressora(s) dentro da sua instituição em funcionamento.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

[illegible]

12. Quais seriam os três principais indicadores que você selecionaria para composição desse índice parcial denominado ferramentas de acesso? *

- ☐ 1. Sistemas de armazenamento de dados
- ☐ 2. Ferramentas para a população
- ☐ 3. Banco de dados na gestão ambiental
- ☐ 4. Utilização de tecnologia na análise do processo.
- ☐ 5. Resolução Espacial
- ☐ 6. Resolução temporal
- ☐ 7. Utilização de Softwares setorialmente
- ☐ 8. Processo administrativo virtual
- ☐ 9. Deslocamento dos usuários-cidadãos
- ☐ 10. Redução de Emissões de Carbono Equivalente (CO2eq)
- ☐ 11. Impressoras em uso

13. Qual(is) ajuste(s) você sugere realizar no(s) indicador(es) no sentido de apontar vulnerabilidades da gestão Ambiental pública e local?

Sua resposta _____

14. Você sugere inserir novo(s) indicador(es) que possam apontar vulnerabilidades da gestão Ambiental pública e local?

Sua resposta _____

APÊNDICE B: Questões do Formulário aplicado para seleção de indicadores para o sistema Sistematização de dados²



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Sorocaba

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

Ciências Ambientais

Seleção de indicadores sobre **sistematização de dados** na formação de um índice para avaliação de Sistemas Públicos de Informações Ambientais Municipais

Prezad@, sou doutorando em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP cujo orientador é o professor Dr. José Arnaldo Frutuoso Roveda. A pesquisa em desenvolvimento possui diversas etapas ao qual se pretende construir um índice para os sistemas Públicos de informações Ambientais Municipais que aponte as vulnerabilidades da gestão ambiental. A sua contribuição no momento será sugerir a exclusão, inserção ou retificação de indicadores para compor um sistema denominado Sistematização.

A Sistematização consiste em avaliar como os sistemas municipais de informações são eficazes no sentido da sustentabilidade. Esse item é fundamental para verificar o quanto os processos e procedimentos estão automatizados. Para o sistema ou grupo de indicadores será verificado a qualidade da inteligência computacional no processamento de dados. Podemos destacar o uso inteligente dos aplicativos, a geração automática de relatórios e a celeridade no fluxo dos processos. Nesse contexto, vamos buscar classificar os indicadores apresentados, em ordem de prioridade, ao qual [10] seria o melhor indicador e o [1] seria o pior, no sentido de fazer parte da composição desse índice.

Desde já, agradeço sua participação e colaboração. Qualquer dúvida, podem entrar em contato pelo Whatsapp, e-mail ou quaisquer outra forma de comunicação.

Att,
Petronio Silva de Oliveira

Fone/Whatsapp: (00)000-000000
E-mail: [redacted]

² Dados ocultados para preservação da privacidade.

10. Análise automatizada

Classificação: Pré-validação de dados

Descrição:

Verificação da ocorrência de análises automatizadas, tais como de processos e procedimentos por autodeclaração, onde não ocorre a análise humana.

[illegible]

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

11. Utilização de informações ambientais anteriores

★

Classificação: Pré-validação de dados

Descrição:

Utilização de dados já utilizados anteriormente pelos usuários-cidadãos, tais como, licenciamento ambientais e denúncias anteriores.

[illegible]

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

12. Quais seriam os três principais indicadores que você selecionaria para composição desse índice parcial denominado Sistematização de dados? *

- ☐ 1. Automação no encaminhamento de exigências
- ☐ 2. Facilidade de acesso aos dados
- ☐ 3. Automatização do atendimento
- ☐ 4. Direcionamento dos requerimentos
- ☐ 5. Documentos gerados automaticamente
- ☐ 6. Investimentos em inovação
- ☐ 7. Validação automática
- ☐ 8. Deferimento com pendências
- ☐ 9. Consulta validada internamente
- ☐ 10. Análise automatizada
- ☐ 11. Utilização de informações ambientais anteriores

13. Qual(is) ajuste(s) você sugere realizar no(s) indicador(es) no sentido de apontar vulnerabilidades da gestão Ambiental pública e local?

Sua resposta _____

14. Você sugere inserir novo(s) indicador(es) que possam apontar vulnerabilidades da gestão Ambiental pública e local?

Sua resposta _____

APÊNDICE C: Questões do formulário aplicado para seleção de indicadores para o sistema Integração de dados³



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Sorocaba

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

Ciências Ambientais

Seleção de indicadores sobre **integração de dados** na formação de um índice para avaliação de Sistemas Públicos de Informações Ambientais Municipais

Prezad@, sou doutorando em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP cujo orientador é o professor Dr. José Arnaldo Frutuoso Roveda. A pesquisa em desenvolvimento possui diversas etapas ao qual se pretende construir um índice para os sistemas públicos de informações Ambientais Municipais que aponte as vulnerabilidades da gestão ambiental. A sua contribuição no momento será sugerir a exclusão, inserção ou retificação de indicadores para compor um sistema denominado Integração de dados.

Esse conjunto de indicadores consiste em avaliar como os dados de diferentes fontes estão integrados/interconectados no Sistema de Informação Ambiental. Nesse sistema ou grupo de indicadores será verificada a disponibilização, a conectividade e o compartilhamento. Ressalta-se que o sentido do termo integração de dados dentro do Sistema local de Informação Ambiental não está restrito apenas aos bancos de dados e softwares. Aqui ampliamos esse sentido, fazendo a relação da integração com a conectividade e compartilhamento de dados, bem como a participação das instituições e atores sociais envolvidos. Nesse contexto, vamos buscar classificar os indicadores apresentados, em ordem de prioridade, ao qual [10] seria o melhor indicador e o [1] seria o pior, no sentido de fazer parte da composição desse índice.

Desde já, agradeço sua participação e colaboração. Qualquer dúvida, podem entrar em contato pelo Whatsapp, e-mail ou quaisquer outra forma de comunicação.

Att,
Petronio Silva de Oliveira

Fone/Whatsapp: (11) 3314-1000
E-mail: petronio.silva@unesp.br

³ Dados ocultados para preservação da privacidade.

4. Dados de Licenciamento

☆

Classificação: Disponibilização

Descrição:

Informações de atividades licenciadas, quais sejam: Impactos Ambientais; Produtos perigosos; atividades licenciadas; áreas utilizadas; utilizadores de recursos naturais.

[illegible]

5. Inter-relacionamento interno

★

Classificação: Conectividade

Descrição:

Inter-relacionamento entre os bancos de dados de outras instituições da administração vinculada ao seu ente Estatal.

[illegible]

6. Inter-relacionamento externo

★

Classificação: Conectividade

Descrição:

Inter-relacionamento entre os bancos de dados com instituições externas, ou seja, alimentação e acesso de forma simultânea com outros órgãos externos da administração pública.

[illegible]

10. Alimentação do sistema Nacional *

Classificação: Compartilhamento

Descrição:

Envio de dados Ambientais para o Sistema Nacional ou Estadual de Informação sobre Meio Ambiente - SINIMA.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

11. Quais seriam os três principais indicadores que você selecionaria para composição desse índice parcial denominado Integração de dados? *

- ☐ 1. Cobertura territorial
- ☐ 2. Dados de Monitoramento
- ☐ 3. Dados de Fiscalização
- ☐ 4. Dados de Licenciamento
- ☐ 5. Inter-relacionamento interno
- ☐ 6. Inter-relacionamento externo
- ☐ 7. Acesso remoto as licenças ambientais, alvarás e anuências
- ☐ 8. Encaminhamento aos órgãos competentes
- ☐ 9. Banco de dados ambientais compartilhado
- ☐ 10. Alimentação do sistema Estadual ou Nacional

APÊNDICE D: Questões do formulário aplicado para seleção de indicadores para o sistema produção de dados⁴



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Sorocaba

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

Ciências Ambientais

Seleção de indicadores sobre **produção da informação** na formação de um índice para avaliação de Sistemas Municipais de Informações Ambientais

Prezad@, sou doutorando em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP cujo orientador é o professor Dr. José Arnaldo Frutuoso Roveda. A pesquisa em desenvolvimento possui diversas etapas ao qual se pretende construir um índice para os sistemas Municipais de informações Ambientais que aponte as vulnerabilidades da gestão ambiental. A sua contribuição no momento será sugerir a exclusão, inserção ou retificação de indicadores para compor um sistema denominado Produção da Informação.

O sistema do grupo traz um pilar do instrumento Geral do SINIMA - Sistema Nacional de Informações Ambientais, originário da Política Nacional de Meio Ambiente. Ele está atualmente constituído das seguintes variáveis, quais sejam: recursos humanos; geração de dados e; periodicidade na atualização.

Nesse contexto, vamos buscar classificar os indicadores apresentados, em ordem de prioridade, ao qual [10] seria o melhor indicador e o [1] seria o pior, no sentido de fazer parte da composição desse índice.

Desde já, agradeço sua participação e colaboração. Qualquer dúvida, podem entrar em contato pelo Whatsapp, e-mail ou quaisquer outra forma de comunicação.

Att,
Petronio Silva de Oliveira

Fone/Whatsapp: (013) 3331-101005
E-mail: petronio.silva@unesp.br

⁴ Dados ocultados para preservação da privacidade.

4. Distribuição de Recursos humanos

★

Classificação: Recursos humanos

Descrição:

Percentual de participação entre os servidores efetivos, terceirizados ou em comissionados na área técnica ambiental.

[illegible]

5. Educação Ambiental informacional

★

Classificação: Recursos humanos

Descrição:

Cursos de capacitação sobre acesso à informação ambiental ou tecnologia da informação ligada às ciências ambientais.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

6. Informações de proteção Ambiental

★

Classificação: Geração de dados

Descrição:

Percentual de informações geradas, aproximadamente, quanto a proteção do meio ambiente, comparativamente com desenvolvimento econômico, volume de atendimentos e outras informações diversas da questão ambiental.

[illegible]

7. Informações de desenvolvimento econômico

5

Classificação: Geração de dados

Descrição:

Percentual de informações geradas, aproximadamente, quanto ao desenvolvimento econômico.

[illegible]

8. Armazenamento em banco de dados

→

Classificação: Geração de dados

Descrição:

Armazenamento em banco dados integrado com algum software os dados de Monitoramento da quantidade de resíduos perigosos gerados, vegetação exótica, animais em extinção ou risco de extinção, vegetação nativa, poços, apps, reserva legal, unidades de conservação, produtos, áreas desmatadas, áreas com risco de perda de habitats, atmosféricas, efluentes gerados, parâmetros de qualidade das águas superficiais, parâmetros de qualidade das águas subterrâneas, parâmetros de qualidade do ar, vegetação nativa, dentre outros.

[illegible]

9. Atualização de dados ambientais

Classificação: Periodicidade

Descrição:

Verificação de dados referentes aos diversos parâmetros de qualidade ambiental quanto a sua atualização em banco de dados integrados com software de gestão com uma determinada frequência.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ●

10. Série histórica de dados

Classificação: Periodicidade

Descrição:

Registro histórico de acesso a banco de dados de Licenciamento, fiscalização e monitoramento ambiental, qualidade do ar e infrações ambientais.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ●

11. Quais seriam os três principais indicadores que você selecionaria para composição desse índice parcial denominado Produção da informação? *

- ☐ 1. Capacitação de atividade-fim
- ☐ 2. Setorial específico na geração de informações
- ☐ 3. Trabalho intersetorial interno
- ☐ 4. Distribuição de Recursos humanos
- ☐ 5. Educação Ambiental informacional
- ☐ 6. Informações de proteção Ambiental
- ☐ 7. Informações de desenvolvimento econômico
- ☐ 8. Armazenamento em banco de dados
- ☐ 9. Atualização de dados ambientais
- ☐ 10. Série histórica de dados

APÊNDICE E: Questões do formulário aplicado para seleção de indicadores para o sistema transparência⁵



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Sorocaba

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

Ciências Ambientais

Seleção de indicadores sobre **transparência** na formação de um índice para avaliação de Sistemas Municipais de Informações Ambientais

Prezad@, sou doutorando em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP cujo orientador é o professor Dr. José Arnaldo Frutuoso Roveda. A pesquisa em desenvolvimento possui diversas etapas ao qual se pretende construir um índice para os sistemas Municipais de informações Ambientais que aponte as vulnerabilidades da gestão ambiental. A sua contribuição no momento será sugerir a exclusão, inserção ou retificação de indicadores para compor um sistema denominado transparência.

Esse indicador consiste em avaliar como o órgão ambiental local disponibiliza informações sobre o funcionamento interno e desempenho da sua gestão. Quando falamos em transparência na administração pública ambiental é importante enfatizar que se trata da publicidade das ações exclusivamente públicas, não atingindo o direito de propriedade intelectual e/ou industrial. Podemos destacar questões ligadas a publicidade, participação e detalhamento da informação. Nesse contexto, vamos buscar classificar os indicadores apresentados, em ordem de prioridade, ao qual [10] seria o melhor indicador e o [0] seria o pior, no sentido de fazer parte da composição desse índice.

Desde já, agradeço sua participação e colaboração. Qualquer dúvida, podem entrar em contato pelo Whatsapp, e-mail ou quaisquer outra forma de comunicação.

Att,
Petronio Silva de Oliveira

Fone/Whatsapp: (11) 3333-1234
E-mail: petronio.silva@unesp.br

⁵ Dados ocultados para preservação da privacidade.

4. Legislação em informação Ambiental

Classificação: participação

Descrição:

Envio de projetos de Políticas de democratização das informações para implementação na legislação junto ao Conselho Municipal de Meio Ambiente.

[illegible]

5. Sistema público de Informação Ambiental

Classificação: Participação

Descrição:

Percentual de implementação de Sistema Público de Informações Ambientais.

[illegible]

6. Estabelecimento de diretrizes para participação

Classificação: Participação

Descrição:

Verificação de quantitativo de envio para o Conselho de Meio Ambiente de projeto de norma relativa a modificações ou adoção de diretrizes que visem favorecer a participação da população, utilizando os princípios do Sistema Nacional de Informações Ambientais - SISNIMA.

[illegible]

9. Quais seriam os três principais indicadores que você selecionaria para composição desse índice parcial denominado Transparência? *

- ☐ 1. Linguagem gerencial
- ☐ 2. Regramento para atendimentos
- ☐ 3. Estabelecimento de diretrizes para participação
- ☐ 4. Sistema de Informação Ambiental Municipal
- ☐ 5. Legislação em informação Ambiental
- ☐ 6. Ordem de atendimento
- ☐ 7. Relatório anual ambiental municipal
- ☐ 8. Publicação de solicitações
- ☐ 9. Dados disponibilizados

APÊNDICE F: Apresentação inicial etapa de fuzzificação – Parte I⁶

Fuzzificação

Prezad@, estamos agora na etapa de Fuzzificação para construir o índice de Vulnerabilidade para Sistemas Públicos Municipais de informações Ambientais de acordo com a percepção dos especialistas. Foi estabelecido uma divisão com alguns subsistemas, quais sejam: Ferramentas de Acesso, Sistematização de dados, Integração de Dados, Produção da informação e Transparência.

O objetivo deste formulário é obter informações a respeito das divisões dos domínios das variáveis, sempre em três subintervalos. Em cada variável você encontrará uma explicação sobre a mesma e os valores que precisará escolher para definir os três subintervalos.

Desde já, agradeço sua participação e colaboração. Qualquer dúvida, podem entrar em contato pelo Whatsapp, e-mail ou quaisquer outra forma de comunicação.

Att,
Petronio Silva de Oliveira

Fone/Whatsapp: (00)000-000000

E-mail: E-mail: petronio.silva@unesp.br

⁶ Dados ocultados para preservação da privacidade.

APÊNDICE G: Apresentação inicial etapa de fuzzificação – Parte II

E-mail *

Seu e-mail

Informamos que ao participar dessa pesquisa você declara que a sua participação é voluntária e aceita que os resultados sejam utilizados e divulgados em publicações científicas. Os questionários são respondidos de forma anônima, com isso os participantes não poderão ser identificados, sendo garantida a confidencialidade de sua resposta.

☐ Concordo com os termos e condições.

APÊNDICE H: Consulta na etapa de fuzzificação

Redução de Emissões de Carbono Equivalente (CO2eq)

Esse indicador é utilizado para verificação de quanto é reduzido, percentualmente, de emissões de carbono equivalente, em função do uso de tecnologias da informação, de forma direta e indireta. Podemos verificar a quantidade de emissões a partir do número de Impressoras em uso, por exemplo, pois é possível verificar os documentos que poderiam ser emitidos apenas virtualmente. Outro exemplo, é quando se virtualiza o atendimento de processos, ao qual um usuário-cidadão evita o deslocamento até o local, além das compensações pelo tratamento de esgoto e água, geração de resíduos sólidos, utilização de energia elétrica, evitando/mitigando assim emissões do CO2eq.

Essa variável possui intervalo de 0% a 100%, sendo 0 a maior vulnerabilidade (alta) e 100 a menor vulnerabilidade (baixa). Dentro deste domínio, precisamos dividi-lo em três intervalos, sendo o primeiro Vulnerabilidade Baixa, o segundo Vulnerabilidade Média e por fim, a Vulnerabilidade Alta.

Observando a figura abaixo, qual deve ser o valor de A, na sua percepção? *

O valor de A deve estar entre 0 e 100, para que possamos ter os três intervalos bem definidos.



Sua resposta



Esta pergunta é obrigatória

E o valor de B? *

Observe que o Valor de B deve ser de 1 a 100 e ser maior que o valor de A.

Sua resposta



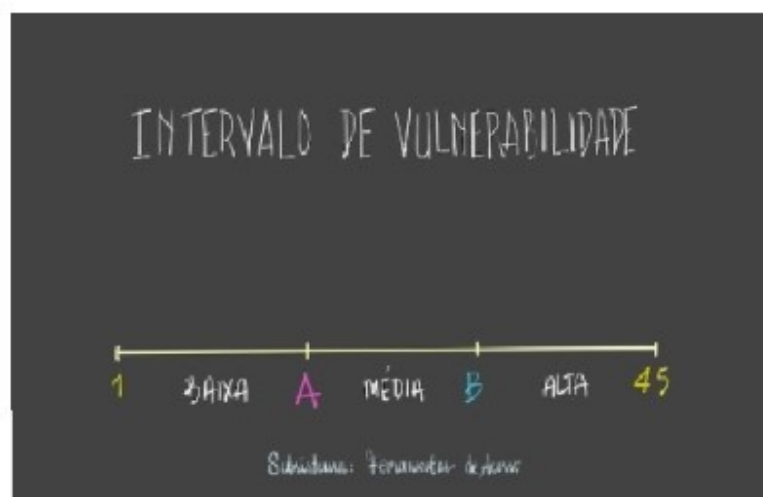
Esta pergunta é obrigatória

Resolução Temporal

Trata-se da verificação do tempo de atualização ou resolução temporal de disponibilização da imagem de satélite. O intervalo razoável para o órgão ambiental local ter acesso está entre 1 e 45 dias. Enfatizamos a importância de termos imagens de satélite atualizadas para favorecer a análise ambiental das diversas situações, sobretudo para o licenciamento, fiscalização e monitoramento ambiental.

Essa variável possui intervalo de 1 a 45, sendo 1 a menor vulnerabilidade (baixa) e 45 a maior vulnerabilidade (alta). Dentro deste domínio, precisamos subdividi-lo em três subintervalos, sendo o primeiro Vulnerabilidade Baixa, o segundo Vulnerabilidade Média e por fim, a Vulnerabilidade Alta.

Observando a figura abaixo, qual deve ser o valor de A, na sua percepção? *
É importante observar que o valor de A deve ser entre 1 e 45.



Sua resposta

! Esta pergunta é obrigatória

E o valor de B? *

Observe que o Valor de B deve ser de 2 a 45 e ser maior que o valor de A.

Sua resposta

! Esta pergunta é obrigatória

Resolução Espacial

Esse parâmetro busca verificar a qualidade da imagem de satélite disponibilizada para os técnicos na análise ambiental. Atualmente, varia entre 0,3 metros, a de melhor qualidade; até 1000 metros, a de pior qualidade. Considera-se que 1 metro atende as exigências para as principais análises ambientais.

Assim, essa variável possui intervalo de 1 a 30, sendo 1 a menor vulnerabilidade (baixa) e 30 a maior vulnerabilidade (alta). Dentro deste domínio, precisamos subdividi-lo em três subintervalos, sendo o primeiro Vulnerabilidade Baixa, o segundo Vulnerabilidade Média e por fim, a Vulnerabilidade Alta.

Observando a figura abaixo, qual deve ser o valor de A, na sua percepção? *
É importante observar que o valor de A deve ser estar entre 1 e 30.



Sua resposta



Esta pergunta é obrigatória

E o valor de B? *

Observe que o Valor de B deve ser de 2 a 30 e ser maior que o valor de A.

Sua resposta



Esta pergunta é obrigatória

Facilidade de acesso aos dados

Esse indicador focaliza a avaliação do nível de facilidade de acesso aos dados ambientais disponibilizados. Uma acessibilidade eficiente a esses dados é fundamental para garantir a participação pública na gestão ambiental, sobretudo, para as pessoas com dificuldade de acesso, como aquelas com problemas de visão.

Essa variável possui intervalo de 0% a 100%, sendo 0 a maior vulnerabilidade (alta) e 100 a menor vulnerabilidade (baixa). Dentro deste domínio, precisamos dividi-lo em três intervalos, sendo o primeiro Vulnerabilidade Baixa, o segundo Vulnerabilidade Média e por fim, a Vulnerabilidade Alta.

Observando a figura abaixo, qual deve ser o valor de A, na sua percepção? *
É importante observar que o valor de A deve ser estar entre 0 e 100.



Sua resposta

! Esta pergunta é obrigatória

E o valor de B? *

Observe que o Valor de B deve ser de 1 a 100 e ser maior que o valor de A.

Sua resposta

! Esta pergunta é obrigatória

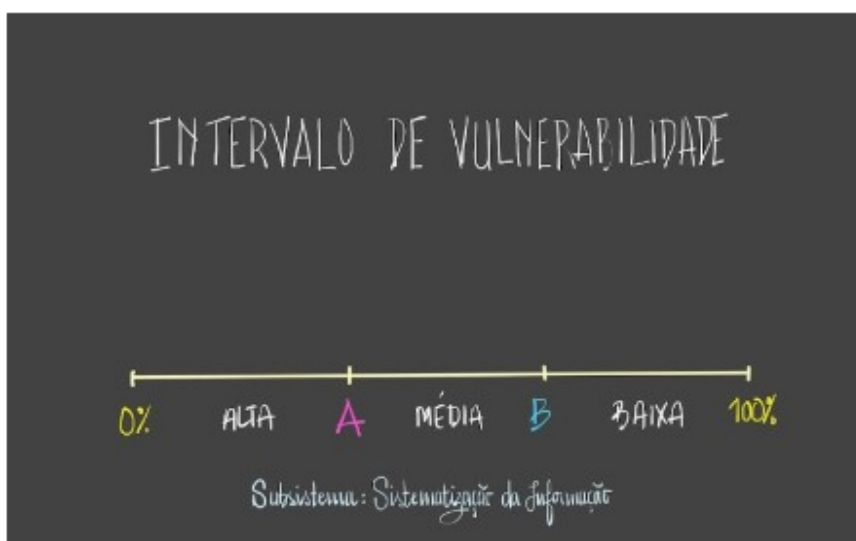
Validação automática

O indicador enfoca a verificação durante a renovação de processos e procedimentos, como o licenciamento ambiental, para determinar se é permitido avançar, caso existam irregularidades. Essa validação automatizada garante que, apenas processos em conformidade, prossigam, aumentando a eficácia do controle ambiental.

Essa variável possui intervalo de 0% a 100%, sendo 0 a maior vulnerabilidade (alta) e 100 a menor vulnerabilidade (baixa). Dentro deste domínio, precisamos dividi-lo em três intervalos, sendo o primeiro Vulnerabilidade Baixa, o segundo Vulnerabilidade Média e por fim, a Vulnerabilidade Alta.

Observando a figura abaixo, qual deve ser o valor de A, na sua percepção? *

É importante observar que o valor de A deve ser estar entre 0 e 100.



Sua resposta

! Esta pergunta é obrigatória

E o valor de B? *

Observe que o Valor de B deve ser de 1 a 100 e ser maior que o valor de A.

Sua resposta

! Esta pergunta é obrigatória

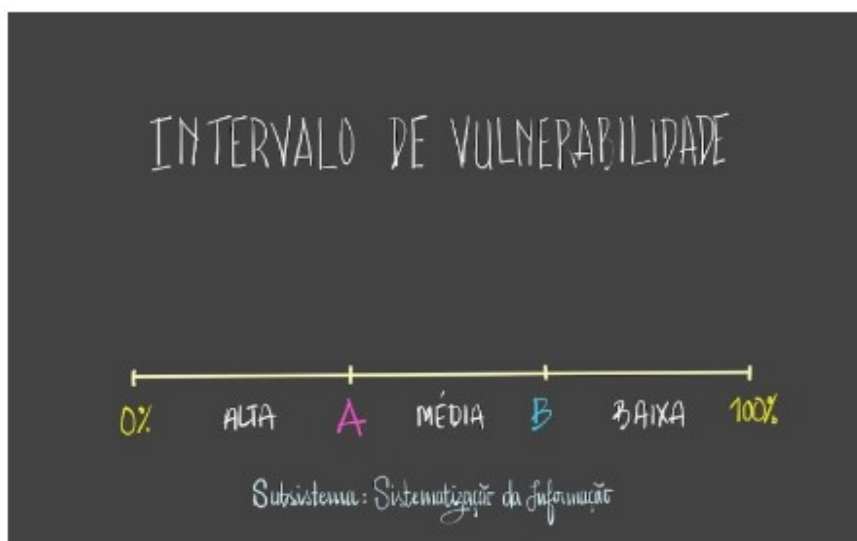
Automatização de processos e procedimentos

A automatização é uma peça fundamental na produção de informações inteligentes, desempenhando um papel vital na gestão ambiental, por meio da otimização de processos e procedimentos. Ao substituir tarefas manuais por processos automatizados, a eficiência é aprimorada, minimizando o consumo de recursos naturais.

Essa variável possui intervalo de 0% a 100%, sendo 0 a maior vulnerabilidade (alta) e 100 a menor vulnerabilidade (baixa). Dentro deste domínio, precisamos dividi-lo em três intervalos, sendo o primeiro Vulnerabilidade Baixa, o segundo Vulnerabilidade Média e por fim, a Vulnerabilidade Alta.

Observando a figura abaixo, qual deve ser o valor de A, na sua percepção? *

É importante observar que o valor de A deve ser estar entre 0 e 100.



Sua resposta

! Esta pergunta é obrigatória

E o valor de B? *

Observe que o Valor de B deve ser de 1 a 100 e ser maior que o valor de A.

Sua resposta

! Esta pergunta é obrigatória

Alimentação do SINIMA

Esse indicador verifica o envio de dados ambientais, coletados em nível local, para o Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente (SINIMA). Esta integração de informações, a nível mais amplo, promove uma visão holística das tendências ambientais em todo o território nacional, informando as informações e dados sobre todas as ações administrativas e parâmetros mais relevantes no contexto da gestão pública ambiental. O envio consistente de dados para o SINIMA assegura que as informações sejam abrangentes e atualizadas.

Essa variável possui intervalo de 0% a 100%, sendo 0 a maior vulnerabilidade (alta) e 100 a menor vulnerabilidade (baixa). Dentro deste domínio, precisamos dividi-lo em três intervalos, sendo o primeiro Vulnerabilidade Baixa, o segundo Vulnerabilidade Média e por fim, a Vulnerabilidade Alta.

Observando a figura abaixo, qual deve ser o valor de A, na sua percepção? *

É importante observar que o valor de A deve ser estar entre 0 e 100.



Sua resposta

! Esta pergunta é obrigatória

E o valor de B? *

Observe que o Valor de B deve ser de 1 a 100 e ser maior que o valor de A.

Sua resposta

! Esta pergunta é obrigatória

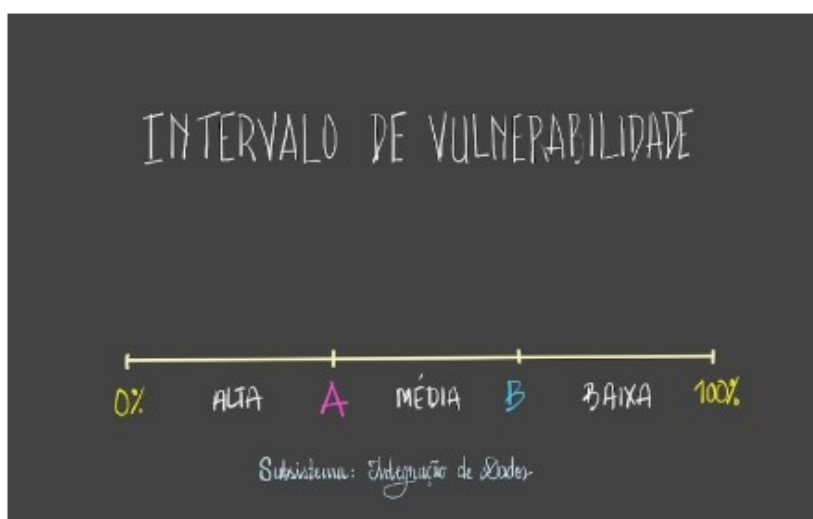
Banco de dados ambientais compartilhado

Este indicador promove a criação de um repositório de informações, que deve ser acessível a empresas, organizações do terceiro setor, pesquisadores, órgãos governamentais e a sociedade em geral. Esta abordagem colaborativa propicia a Gestão Ambiental, ao fomentar a partilha de informações relevantes, entre as múltiplas partes interessadas. Tal partilha de dados facilita a pesquisa acadêmica, promove o cumprimento das regulamentações ambientais e fortalece a capacidade de implementação de iniciativas de preservação e conservação ambiental.

Essa variável possui intervalo de 0% a 100%, sendo 0 a maior vulnerabilidade (alta) e 100 a menor vulnerabilidade (baixa). Dentro deste domínio, precisamos dividi-lo em três intervalos, sendo o primeiro Vulnerabilidade Baixa, o segundo Vulnerabilidade Média e por fim, a Vulnerabilidade Alta.

Observando a figura abaixo, qual deve ser o valor de A, na sua percepção? *

É importante observar que o valor de A deve ser estar entre 0 e 100.



Sua resposta

! Esta pergunta é obrigatória

E o valor de B? *

Observe que o Valor de B deve ser de 1 a 100 e ser maior que o valor de A.

Sua resposta

! Esta pergunta é obrigatória

Cobertura territorial

Refere-se ao percentual de abrangência geográfica do sistema em relação à área total de sua competência. Uma cobertura territorial ampla e abrangente é essencial para assegurar que o sistema englobe todas as regiões e ecossistemas relevantes, proporcionando uma visão completa do município. Uma alta pontuação nesse indicador indica a capacidade do sistema em capturar informações de uma ampla gama de áreas geográficas, contribuindo para uma avaliação mais completa da gestão ambiental.

Essa variável possui intervalo de 0% a 100%, sendo 0 a maior vulnerabilidade (alta) e 100 a menor vulnerabilidade (baixa). Dentro deste domínio, precisamos dividi-lo em três intervalos, sendo o primeiro Vulnerabilidade Baixa, o segundo Vulnerabilidade Média e por fim, a Vulnerabilidade Alta.

Observando a figura abaixo, qual deve ser o valor de A, na sua percepção? *

É importante observar que o valor de A deve ser estar entre 0 e 100.



Sua resposta

! Esta pergunta é obrigatória

E o valor de B? *

Observe que o Valor de B deve ser de 1 a 100 e ser maior que o valor de A.

Sua resposta

! Esta pergunta é obrigatória

Informações de proteção Ambiental

Através desse indicador é possível mensurar o percentual de informações geradas, aproximadamente, quanto a proteção do meio ambiente, comparativamente com as de desenvolvimento econômico, volume de atendimentos e outras informações diversas da questão ambiental. Porque muitas vezes os órgãos ambientais apresentam mais preocupações com questões econômicas do que com as de proteção ambiental.

Essa variável possui intervalo de 0% a 100%, sendo 0 a maior vulnerabilidade (alta) e 100 a menor vulnerabilidade (baixa). Dentro deste domínio, precisamos dividi-lo em três intervalos, sendo o primeiro Vulnerabilidade Baixa, o segundo Vulnerabilidade Média e por fim, a Vulnerabilidade Alta.

Observando a figura abaixo, qual deve ser o valor de A, na sua percepção? *

É importante observar que o valor de A deve ser estar entre 0 e 100.



Sua resposta



Esta pergunta é obrigatória

E o valor de B? *

Observe que o Valor de B deve ser de 1 a 100 e ser maior que o valor de A.

Sua resposta



Esta pergunta é obrigatória

Educação Ambiental informacional

Esse indicador foi selecionado pela importância de verificar aspectos ligados à educação como a quantidade de cursos de capacitação sobre acesso à informação ambiental ou tecnologia da informação ligada às ciências ambientais.

Essa variável possui intervalo de 0% a 100%, sendo 0 a maior vulnerabilidade (alta) e 100 a menor vulnerabilidade (baixa). Dentro deste domínio, precisamos dividi-lo em três intervalos, sendo o primeiro Vulnerabilidade Baixa, o segundo Vulnerabilidade Média e por fim, a Vulnerabilidade Alta.

Observando a figura abaixo, qual deve ser o valor de A, na sua percepção? *
É importante observar que o valor de A deve ser estar entre 0 e 100.



Sua resposta



Esta pergunta é obrigatória

E o valor de B? *

Observe que o Valor de B deve ser de 1 a 100 e ser maior que o valor de A.

Sua resposta



Esta pergunta é obrigatória

Armazenamento em banco de dados

Com esse indicador é possível verificar como ele se integra com os diversos tipos de software, armazenando, dentre outros, os dados de Monitoramento da quantidade de resíduos perigosos gerados; vegetação exótica; animais em extinção ou risco de extinção; vegetação nativa; poços; apps; reserva legal; unidades de conservação; produtos; áreas desmatadas; áreas com risco de perda de habitats; emissões atmosféricas; efluentes gerados; parâmetros de qualidade das águas superficiais; parâmetros de qualidade das águas subterrâneas; parâmetros de qualidade do ar; vegetação nativa.

Essa variável possui intervalo de 0% a 100%, sendo 0 a maior vulnerabilidade (alta) e 100 a menor vulnerabilidade (baixa). Dentro deste domínio, precisamos dividi-lo em três intervalos, sendo o primeiro Vulnerabilidade Baixa, o segundo Vulnerabilidade Média e por fim, a Vulnerabilidade Alta.

Observando a figura abaixo, qual deve ser o valor de A, na sua percepção? *

É importante observar que o valor de A deve ser estar entre 0 e 100.



Sua resposta

! Esta pergunta é obrigatória

E o valor de B? *

Observe que o Valor de B deve ser de 1 a 100 e ser maior que o valor de A.

Sua resposta

! Esta pergunta é obrigatória

Dados disponibilizados

Nessa análise, busca determinar a extensão em que cada área contribui para disponibilidade de informações ambientais, garantindo que todos os aspectos da gestão ambiental sejam transparentes e acessíveis ao público.

Essa variável possui intervalo de 0% a 100%, sendo 0 a maior vulnerabilidade (alta) e 100 a menor vulnerabilidade (baixa). Dentro deste domínio, precisamos dividi-lo em três intervalos, sendo o primeiro Vulnerabilidade Baixa, o segundo Vulnerabilidade Média e por fim, a Vulnerabilidade Alta.

Observando a figura abaixo, qual deve ser o valor de A, na sua percepção? *

É importante observar que o valor de A deve ser estar entre 0 e 100.



Sua resposta

! Esta pergunta é obrigatória

E o valor de B? *

Observe que o Valor de B deve ser de 1 a 100 e ser maior que o valor de A.

Sua resposta

! Esta pergunta é obrigatória

Sistema Público de Informações Ambientais

Verifica-se seu percentual de implementação. Essa análise busca determinar até que ponto o sistema está efetivamente disponível para o público, fornecendo um acesso amplo às informações ambientais. Um alto grau de implementação demonstra o compromisso com a transparência e a acessibilidade de dados ambientais.

Essa variável possui intervalo de 0% a 100%, sendo 0 a maior vulnerabilidade (alta) e 100 a menor vulnerabilidade (baixa). Dentro deste domínio, precisamos dividi-lo em três intervalos, sendo o primeiro Vulnerabilidade Baixa, o segundo Vulnerabilidade Média e por fim, a Vulnerabilidade Alta.

Observando a figura abaixo, qual deve ser o valor de A, na sua percepção? *
É importante observar que o valor de A deve ser estar entre 0 e 100.



Sua resposta

⚠ Esta pergunta é obrigatória

E o valor de B? *

Observe que o Valor de B deve ser de 1 a 100 e ser maior que o valor de A.

Sua resposta

⚠ Esta pergunta é obrigatória

Relatório anual ambiental

Esse indicador verifica o percentual de temas relevantes na publicação do relatório anual da gestão ambiental pública do município. Essa análise busca determinar se as informações essenciais, relacionadas a proteção do meio ambiente, estão devidamente apresentadas no relatório.

Essa variável possui intervalo de 0% a 100%, sendo 0 a maior vulnerabilidade (alta) e 100 a menor vulnerabilidade (baixa). Dentro deste domínio, precisamos dividi-lo em três intervalos, sendo o primeiro Vulnerabilidade Baixa, o segundo Vulnerabilidade Média e por fim, a Vulnerabilidade Alta.

Observando a figura abaixo, qual deve ser o valor de A, na sua percepção? *
É importante observar que o valor de A deve ser estar entre 0 e 100.



Sua resposta

⚠ Esta pergunta é obrigatória

E o valor de B? *

Observe que o Valor de B deve ser de 1 a 100 e ser maior que o valor de A.

Sua resposta

⚠ Esta pergunta é obrigatória

APÊNDICE I: Script para cálculo do sistema Fuzzy automatizado no MATLAB

```
function Vulnerab(x)
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
Este arquivo apresenta a sequência para avaliação de uma base de %
```

```
% dados em um sistema fuzzy composto por oito sistemas, subdividido %
```

```
% em 3 níveis, sendo o primeiro nível composto por 5 sistemas, o %
```

```
% segundo nível composto por 2 sistemas, finalizando o terceiro e %
```

```
% ultimo nível com um sistema final. %
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Ferramentas %%%%%%%%%%%
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Tecnologia%%%%%%%%%%
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Sistematiz. %%%%%%%%%%%
```

```
%%%%%%%% Vulnerabilidade %%%%%%%%%%%
```

```
%%%%%%%% Integracao%%%%%%%%%%
```

```
%%%%%%%% Producao %%%%%%%%%%%
```

```
%%%%%%%% Gestao %%%%%%%%%
```

```
%%%%%%%% Transparenc %%%%%%%%%
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
% x: recebe todos os valores de entrada %
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
% %
```

```
% PRIMEIRO SISTEMA %
```

```
% %
```

```
% Carregando os dados para o primeiro sistema %
% Output: Primeira Variável do Sistema Tecnologia %
% dados da 1a ate 3a colunas do arquivo Dados %
% FerramentaInData: variável que vai receber os valores %
% de entrada para este primeiro sistema. %
FerramentaInData = x(:,1:3);
% Carregando o arquivo fis do primeiro sistema: %
% Comando readfis é usado para carregar o sistema .fis %
% Sintaxe do comando: readfis('Sistema') onde Sistema é Ferramenta.fis %
% O sistema será carregado na variável FerramentaEval %
FerramentaEval = readfis('Ferramentas');
% Avaliando os dados de entrada usando o sistema Ferramenta.fis %
% O comando evalfis é utilizado para fazer a avaliação dos dados. %
% Sintaxe do comando: evalfis(Sistema,DadosEntrada) %
% O resultado será armazenado na variável de saída FerramentaOut %
```

```
FerramentaOut = evalfis(FerramentaEval,FerramentaInData);
```

%%%

% Normalização dos dados de saída do 1o Sistema: %

% Utilizando um outro arquivo .m chamado Normal1.m %

% Os novos valores serão armazenados na variável %

% FerramentaOutN	%
------------------	---

%%%

```
FerramentaOutN = Normal1(FerramentaOut);
```

%%%

%

%	SEGUNDO SISTEMA	%
100	100	100
90	90	90
80	80	80
70	70	70
60	60	60
50	50	50
40	40	40
30	30	30
20	20	20
10	10	10
0	0	0

%

%%%

%%%

% Carregando os dados para o segundo sistema	%
0	0
10	10
20	20
30	30
40	40
50	50
60	60
70	70
80	80
90	90
100	100

% Output: Segunda Variável do Sistema Tecnologia %

% dados da 4a, 5a e 6a colunas dos dados de entrada %

%%%

%%%

```
% SistematInData : variável que vai receber os valores de entrada %
```

% para este segundo sistema. %

%%%%%%%%%%%

```
SistematinData = x(:,4:6);
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
% Carregando o arquivo fis do segundo sistema: %
```

```
% Comando readfis é usado para carregar o sistema .fis %
```

```
% Sintaxe do comando: readfis('Sistema') onde Sistema %
```

```
% é Sistematizacao.fis %
```

```
% O sistema será carregado na variável SistatEval %
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
SistematEval = readfis('Sistematizacao');
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
% Avaliando os dados de entrada usando o sistema Sistematizacao.fis %
```

```
% O comando evalfis é utilizado para fazer a avaliação. %
```

```
% Sintaxe do comando: evalfis(DadosEntrada,Sistema) %
```

```
% O resultado será armazenado na variável de saída %
```

```
% SistematinOut %
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
SistematinOut = evalfis(SistematEval,SistematinData);
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
% Normalização dos dados de saída do 2o Sistema: %
```

```
% Utilizando um outro arquivo .m chamado Normal1.m %
```

```
% Os novos valores serão armazenados na variável SistematinOutN %
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
SistematinOutN = Normal1(SistematinOut);
```



```
IntegraEval = readfis('Integracao');
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
% Avaliando os dados de entrada usando o sistema Integracao.fis %
```

```
% O comando evalfis é utilizado para fazer a avaliacao dos dados. %
```

```
% Sintaxe do comando: evalfis(Sistema,DadosEntrada) %
```

```
% O resultado será armazenado na variável de saída IntegraOut %
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
IntegraOut = evalfis(IntegraEval,IntegrainData);
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
% Normalização dos dados de saída do 3o Sistema: %
```

```
% Utilizando um outro arquivo .m chamado Normal1.m %
```

```
% Os novos valores serão armazenados na variável %
```

```
% IntegraOutN %
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
IntegraOutN = Normal1(IntegraOut);
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
% %
```

```
% QUARTO SISTEMA %
```

```
% %
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
% Carregando os dados para o quarto sistema %
```

```

% Output: Segunda Variável do Sistema Gestao  %

% dados da 10a ate 12a colunas do arquivo Dados %

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% ProdInData : variável que vai receber os valores      %

% de entrada para este quarto sistema.                %

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

ProdInData = x(:,10:12);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% Carregando o arquivo fis do terceiro sistema:          %

% Comando readfis é usado para carregar o sistema .fis   %

% Sintaxe do comando: readfis('Sistema') onde Sistema é Producao.fis  %

% O sistema será carregado na variável ProdEval          %

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

ProdEval = readfis('Producao');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% Avaliando os dados de entrada usando o sistema Producao.fis  %

% O comando evalfis é utilizado para fazer a avaliação dos dados. %

% Sistaxe do comando: evalfis(Sistema,DadosEntrada)      %

% O resultado será armazenado na variável de saída ProdOut  %

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

ProdOut = evalfis(ProdEval,ProdInData);

```


[illegible]

```
TranspEval = readfis('Transparencia');
```

```
% Avaliando os dados de entrada usando o sistema Transparencia.fis %  
  
% O comando evalfis é utilizado para fazer a avaliação dos dados. %  
  
% Sintaxe do comando: evalfis(Sistema,DadosEntrada) %  
  
% O resultado será armazenado na variável de saída TranspOut %  
  
%
```

```
TranspOut = evalfis(TranspEval,TranspInData);
```

```
% Normalização dos dados de saída do 5o Sistema: %
```

```
% Utilizando um outro arquivo .m chamado Normal1.m %
```

```
% Os novos valores serão armazenados na variável %
```

```
% TranspOutN %
```

```
TranspOutN = Normal1(TranspOut);
```

[illegible]

[illegible]

```

% Avaliando os dados de entrada no Sistema Tecnologia      %
% Os resultados serão armazenados na variavel TecnoOut      %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

TecnoOut = evalfis(TecnoEval,TecnoInData);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% Normalização dos dados de saída do Sistema Tecnologia:      %
% Utilizando um outro arquivo .m chamado Normal2.m, onde      %
% X é um sufixo que auxilie a identificar qual dado de      %
% saída esta sendo normalizado                                %
% Os novos valores serão armazenados na variável TecnoOutN      %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

TecnoOutN = Normal2(TecnoOut);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%
%                               %
%          SETIMO SISTEMA      %
%                               %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% Obtendo os dados de entrada do Sistema Gestao:      %
%                               %
% Construindo o vetor de entrada do Sistema Gestao: GestaoInData  %
% Os dados de entrada do Sistema Gestao são os dados de saída      %
% dos três últimos sistemas (Integracao, Producao e Transparencia) %

```

[illegible]


```

% Carregando o Sistema Vulnerabilidade:          %

% O Sistema Gestao será armazenado na variável VulnerEval    %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

VulnerEval= readfis('Vulnerabilidade');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% Avaliando os dados de entrada no Sistema Vulnerabilidade    %
% Os resultados serão armazenados na variável VulnerOut      %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

VulnerOut = evalfis(VulnerEval,VulnerInData);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% Normalização dos dados de saída do Sistema Vulnerabilidade:  %
% Utilizando um outro arquivo .m chamado Normal2.m           %
% Os novos valores serão armazenados na variável VulnerOutN    %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

VulnerOutN = Normal1(VulnerOut);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% Criando uma matriz com todos os dados de saída, tanto dos    %
% cinco primeiros sistemas, quando dos dois sistemas          %
% intermediários, quanto do sistema final                     %
% Dados a serem armazenados:                                   %
% FerramentaOutN (saída do primeiro sistema)                  %
% SistemOutN (saída do segundo sistema)                       %

```

```

% IntegraOutN (saída do terceiro sistema)          %
% ProdOutN (saída do quarto sistema)                %
% TranspOutN (saída do quinto sistema) (Primeiro nível)  %
% TecnoOutN (saída do primeiro sistema do segundo nível) %
% GestaoOutN (saída do segundo sistema do segundo nível) %
% VulnerOutN (saída do sistema final)                %
% OutputVar: vetor que armazena todos os dados obtidos  %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

OutputVar = [FerramentaOutN SistemataOutN IntegraOutN ProdOutN TranspOutN TecnoOutN
GestaoOutN VulnerOutN];

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% Criando um arquivo de saída do Excel  %
% Nome do arquivo: OutFile.xls          %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

writematrix(OutputVar,'OutFile.xls');

%fim

```

APÊNDICE J: Script para normalização do sistema com 7(sete) saídas dentro MATLAB

[illegible]

APÊNDICE L: Cenários dos resultados do Índice Final de Vulnerabilidade da Gestão Ambiental Local do Sistema Ferramentas de acesso

Cenários	RedCarbono	ResTemp	ResEspacial	Resultado
Pior	0	45	30	0,0000
Melhor	100	1	1	100,0000
Mediano	50	23	15,5	43,0946
Cenário 1	10	40	30	0,0000
Cenario 2	55	25	6	50,0000
Cenario 3	90	5	1	100,0000
Cenário 4	90	5	1	100,0000
Cenário 5	90	5	1	100,0000
Cenário 6	90	5	1	100,0000
Cenário 7	90	5	1	100,0000
Cenário 8	90	5	1	100,0000
Cenário 9	90	5	1	100,0000
Cenário 10	90	5	1	100,0000
Cenário 11	10	40	30	0,0000
Cenário 12	55	25	6	50,0000
Cenário 13	90	5	1	100,0000
Cenário 14	90	5	1	100,0000
Cenário 15	90	5	1	100,0000
Cenário 16	90	5	1	100,0000
Cenário 17	90	5	1	100,0000
Cenário 18	90	5	1	100,0000
Cenário 19	90	5	1	100,0000
Cenário 20	90	5	1	100,0000
Cenário 21	10	40	1	31,6176
Cenário 22	90	40	30	31,6176
Cenário 23	10	5	30	31,6176
Cenário 24	90	5	1	100,0000
Cenário 25	90	5	1	100,0000
Cenário 26	90	5	1	100,0000
Cenário 27	90	5	1	100,0000
Cenário 28	90	5	1	100,0000
Cenário 29	90	5	1	100,0000
Cenário 30	90	5	1	100,0000
Cenário 31	90	5	1	100,0000
Cenário 32	90	5	1	100,0000
Cenário 33	90	5	1	100,0000
Cenário 34	90	5	1	100,0000
Cenário 35	90	5	1	100,0000

Cenário 36	10	5	1	68,3824
Cenário 37	90	40	1	68,3824
Cenário 38	90	5	30	68,3824
Cenário 39	90	5	1	100,0000
Cenário 40	90	5	1	100,0000
Cenário 41	90	5	1	100,0000
Cenário 42	90	5	1	100,0000
Cenário 43	90	5	1	100,0000
Cenário 44	90	5	1	100,0000
Cenário 45	90	5	1	100,0000
Cenário 46	90	5	1	100,0000
Cenário 47	90	5	1	100,0000
Cenário 48	90	5	1	100,0000
Cenário 49	90	5	1	100,0000
Cenário 50	90	5	1	100,0000
Cenário 51	10	40	30	0,0000
Cenário 52	10	40	30	0,0000
Cenário 53	10	40	30	0,0000
Cenário 54	10	40	30	0,0000
Cenário 55	10	40	30	0,0000
Cenário 56	10	40	30	0,0000
Cenário 57	90	5	1	100,0000
Cenário 58	90	5	1	100,0000
Cenário 59	90	5	1	100,0000
Cenário 60	10	40	30	0,0000
Cenário 61	10	40	30	0,0000
Cenário 62	10	40	30	0,0000
Cenário 63	10	40	30	0,0000
Cenário 64	10	40	30	0,0000
Cenário 65	10	40	30	0,0000
Cenário 66	55	25	6	50,0000
Cenário 67	55	25	6	50,0000
Cenário 68	55	25	6	50,0000
Cenário 69	10	5	1	68,3824
Cenário 70	90	40	1	68,3824
Cenário 71	90	5	30	68,3824
Cenário 72	10	40	1	31,6176
Cenário 73	10	5	30	31,6176
Cenário 74	90	40	30	31,6176

APÊNDICE M: Cenários dos resultados do Índice Final de Vulnerabilidade da Gestão Ambiental Local do Sistema Sistematização de dados

Cenários	Acesso	Valida	Automatiza	Resultado
Pior	0	0	0	0,0000
Melhor	100	100	100	100,0000
Mediano	50	50	50	50,0000
Cenário 1	90	90	95	100,0000
Cenário 2	90	90	95	100,0000
Cenário 3	5	5	5	0,0000
Cenário 4	60	60	45	50,0000
Cenário 5	90	90	95	100,0000
Cenário 6	90	90	95	100,0000
Cenário 7	90	90	95	100,0000
Cenário 8	90	90	95	100,0000
Cenário 9	90	90	95	100,0000
Cenário 10	90	90	95	100,0000
Cenário 11	5	5	5	0,0000
Cenário 12	60	60	45	50,0000
Cenário 13	90	90	95	100,0000
Cenário 14	90	90	95	100,0000
Cenário 15	90	90	95	100,0000
Cenário 16	90	90	95	100,0000
Cenário 17	90	90	95	100,0000
Cenário 18	90	90	95	100,0000
Cenário 19	90	90	95	100,0000
Cenário 20	90	90	95	100,0000
Cenário 21	90	90	95	100,0000
Cenário 22	90	90	95	100,0000
Cenário 23	90	90	95	100,0000
Cenário 24	5	5	95	31,6176
Cenário 25	90	5	5	31,6176
Cenário 26	5	90	5	31,6176
Cenário 27	90	90	95	100,0000
Cenário 28	90	90	95	100,0000
Cenário 29	90	90	95	100,0000
Cenário 30	90	90	95	100,0000
Cenário 31	90	90	95	100,0000
Cenário 32	90	90	95	100,0000
Cenário 33	90	90	95	100,0000
Cenário 34	90	90	95	100,0000
Cenário 35	90	90	95	100,0000

Cenário 36	90	90	95	100,0000
Cenário 37	90	90	95	100,0000
Cenário 38	90	90	95	100,0000
Cenário 39	5	90	95	68,3824
Cenário 40	90	5	95	68,3824
Cenário 41	90	90	5	68,3824
Cenário 42	90	90	95	100,0000
Cenário 43	90	90	95	100,0000
Cenário 44	90	90	95	100,0000
Cenário 45	90	90	95	100,0000
Cenário 46	90	90	95	100,0000
Cenário 47	90	90	95	100,0000
Cenário 48	90	90	95	100,0000
Cenário 49	90	90	95	100,0000
Cenário 50	90	90	95	100,0000
Cenário 51	5	5	5	0,0000
Cenário 52	5	5	5	0,0000
Cenário 53	5	5	5	0,0000
Cenário 54	90	90	95	100,0000
Cenário 55	90	90	95	100,0000
Cenário 56	90	90	95	100,0000
Cenário 57	5	5	5	0,0000
Cenário 58	5	5	5	0,0000
Cenário 59	5	5	5	0,0000
Cenário 60	5	5	5	0,0000
Cenário 61	5	5	5	0,0000
Cenário 62	5	5	5	0,0000
Cenário 63	60	60	45	50,0000
Cenário 64	60	60	45	50,0000
Cenário 65	60	60	45	50,0000
Cenário 66	5	5	5	0,0000
Cenário 67	5	5	5	0,0000
Cenário 68	5	5	5	0,0000
Cenário 69	5	90	95	68,3824
Cenário 70	90	5	95	68,3824
Cenário 71	90	90	5	68,3824
Cenário 72	5	5	95	31,6176
Cenário 73	5	90	5	31,6176
Cenário 74	90	5	5	31,6176

APÊNDICE N: Cenários dos resultados do Índice Final de Vulnerabilidade da Gestão Ambiental Local do Sistema Integração de dados

Cenários	Alimenta	BdCompart	Coberta	Resultado
Pior	0	0	0	0,0000
Melhor	100	100	100	100,0000
Mediano	50	50	50	43,5409
Cenário 1	97	95	97	100,0000
Cenário 2	97	95	97	100,0000
Cenário 3	97	95	97	100,0000
Cenário 4	97	95	97	100,0000
Cenário 5	5	5	10	0,0000
Cenário 6	55	55	60	50,0000
Cenário 7	97	95	97	100,0000
Cenário 8	97	95	97	100,0000
Cenário 9	97	95	97	100,0000
Cenário 10	97	95	97	100,0000
Cenário 11	97	95	97	100,0000
Cenário 12	97	95	97	100,0000
Cenário 13	5	5	10	0,0000
Cenário 14	55	55	60	50,0000
Cenário 15	97	95	97	100,0000
Cenário 16	97	95	97	100,0000
Cenário 17	5	5	10	0,0000
Cenário 18	55	55	60	50,0000
Cenário 19	5	5	10	0,0000
Cenário 20	55	55	60	50,0000
Cenário 21	97	95	97	100,0000
Cenário 22	97	95	97	100,0000
Cenário 23	97	95	97	100,0000
Cenário 24	97	95	97	100,0000
Cenário 25	97	95	97	100,0000
Cenário 26	97	95	97	100,0000
Cenário 27	5	5	97	31,6176
Cenário 28	97	5	10	31,6176
Cenário 29	5	95	10	31,6176
Cenário 30	97	95	97	100,0000
Cenário 31	97	95	97	100,0000
Cenário 32	97	95	97	100,0000
Cenário 33	97	95	97	100,0000
Cenário 34	97	95	97	100,0000
Cenário 35	97	95	97	100,0000

Cenário 36	97	95	97	100,0000
Cenário 37	97	95	97	100,0000
Cenário 38	97	95	97	100,0000
Cenário 39	97	95	97	100,0000
Cenário 40	97	95	97	100,0000
Cenário 41	97	95	97	100,0000
Cenário 42	5	95	97	68,3824
Cenário 43	97	5	97	68,3824
Cenário 44	97	95	10	68,3824
Cenário 45	97	95	97	100,0000
Cenário 46	97	95	97	100,0000
Cenário 47	97	95	97	100,0000
Cenário 48	97	95	97	100,0000
Cenário 49	97	95	97	100,0000
Cenário 50	97	95	97	100,0000
Cenário 51	5	5	10	0,0000
Cenário 52	97	95	97	100,0000
Cenário 53	97	95	97	100,0000
Cenário 54	5	5	10	0,0000
Cenário 55	97	95	97	100,0000
Cenário 56	5	5	10	0,0000
Cenário 57	5	5	10	0,0000
Cenário 58	97	95	97	100,0000
Cenário 59	5	5	10	0,0000
Cenário 60	5	5	10	0,0000
Cenário 61	55	55	60	50,0000
Cenário 62	55	55	60	50,0000
Cenário 63	5	5	10	0,0000
Cenário 64	55	55	60	50,0000
Cenário 65	5	5	10	0,0000
Cenário 66	5	5	10	0,0000
Cenário 67	55	55	60	50,0000
Cenário 68	5	5	10	0,0000
Cenário 69	5	95	97	68,3824
Cenário 70	97	5	97	68,3824
Cenário 71	97	95	10	68,3824
Cenário 72	5	5	97	31,6176
Cenário 73	5	95	10	31,6176
Cenário 74	97	5	10	31,6176

APÊNDICE O: Cenários dos resultados do Índice Final de Vulnerabilidade da Gestão Ambiental Local do Sistema Produção de dados

Cenários	Infpa	Educa	Armazena	Resultado
Pior	0	0	0	0,0000
Melhor	100	100	100	100,0000
Mediano	50	50	50	50,0000
Cenário 1	95	95	95	100,0000
Cenário 2	95	95	95	100,0000
Cenário 3	95	95	95	100,0000
Cenário 4	95	95	95	100,0000
Cenário 5	95	95	95	100,0000
Cenário 6	95	95	95	100,0000
Cenário 7	5	20	5	0,0000
Cenário 8	55	60	55	50,0000
Cenário 9	95	95	95	100,0000
Cenário 10	95	95	95	100,0000
Cenário 11	95	95	95	100,0000
Cenário 12	95	95	95	100,0000
Cenário 13	5	20	5	0,0000
Cenário 14	55	60	55	50,0000
Cenário 15	5	20	5	0,0000
Cenário 16	55	60	55	50,0000
Cenário 17	95	95	95	100,0000
Cenário 18	95	95	95	100,0000
Cenário 19	5	20	5	0,0000
Cenário 20	55	60	55	50,0000
Cenário 21	95	95	95	100,0000
Cenário 22	95	95	95	100,0000
Cenário 23	95	95	95	100,0000
Cenário 24	95	95	95	100,0000
Cenário 25	95	95	95	100,0000
Cenário 26	95	95	95	100,0000
Cenário 27	95	95	95	100,0000
Cenário 28	95	95	95	100,0000
Cenário 29	95	95	95	100,0000
Cenário 30	5	20	95	31,6176
Cenário 31	95	20	5	31,6176
Cenário 32	5	95	5	31,6176
Cenário 33	95	95	95	100,0000
Cenário 34	95	95	95	100,0000
Cenário 35	95	95	95	100,0000

Cenário 36	95	95	95	100,0000
Cenário 37	95	95	95	100,0000
Cenário 38	95	95	95	100,0000
Cenário 39	95	95	95	100,0000
Cenário 40	95	95	95	100,0000
Cenário 41	95	95	95	100,0000
Cenário 42	95	95	95	100,0000
Cenário 43	95	95	95	100,0000
Cenário 44	95	95	95	100,0000
Cenário 45	5	95	95	68,3824
Cenário 46	95	20	95	68,3824
Cenário 47	95	95	5	68,3824
Cenário 48	95	95	95	100,0000
Cenário 49	95	95	95	100,0000
Cenário 50	95	95	95	100,0000
Cenário 51	95	95	95	100,0000
Cenário 52	5	20	5	0,0000
Cenário 53	95	95	95	100,0000
Cenário 54	5	20	5	0,0000
Cenário 55	5	20	5	0,0000
Cenário 56	95	95	95	100,0000
Cenário 57	5	20	5	0,0000
Cenário 58	5	20	5	0,0000
Cenário 59	95	95	95	100,0000
Cenário 60	55	60	55	50,0000
Cenário 61	5	20	5	0,0000
Cenário 62	55	60	55	50,0000
Cenário 63	5	20	5	0,0000
Cenário 64	5	20	5	0,0000
Cenário 65	55	60	55	50,0000
Cenário 66	5	20	5	0,0000
Cenário 67	5	20	5	0,0000
Cenário 68	55	60	55	50,0000
Cenário 69	5	95	95	68,3824
Cenário 70	95	20	95	68,3824
Cenário 71	95	95	5	68,3824
Cenário 72	5	20	95	31,6176
Cenário 73	5	95	5	31,6176
Cenário 74	95	20	5	31,6176

APÊNDICE P: Cenários dos resultados do Índice Final de Vulnerabilidade da Gestão Ambiental Local do Sistema Transparência

Cenários	Dados	Sistema	Relato	Resultado
Pior	0	0	0	0,0000
Melhor	100	100	100	100,0000
Mediano	50	50	50	50,0000
Cenário 1	97	90	95	100,0000
Cenário 2	97	90	95	100,0000
Cenário 3	97	90	95	100,0000
Cenário 4	97	90	95	100,0000
Cenário 5	97	90	95	100,0000
Cenário 6	97	90	95	100,0000
Cenário 7	97	90	95	100,0000
Cenário 8	97	90	95	100,0000
Cenário 9	5	5	5	0,0000
Cenário 10	60	50	55	50,0000
Cenário 11	97	90	95	100,0000
Cenário 12	97	90	95	100,0000
Cenário 13	97	90	95	100,0000
Cenário 14	97	90	95	100,0000
Cenário 15	5	5	5	0,0000
Cenário 16	60	50	55	50,0000
Cenário 17	5	5	5	0,0000
Cenário 18	60	50	55	50,0000
Cenário 19	5	5	5	0,0000
Cenário 20	60	50	55	50,0000
Cenário 21	97	90	95	100,0000
Cenário 22	97	90	95	100,0000
Cenário 23	97	90	95	100,0000
Cenário 24	97	90	95	100,0000
Cenário 25	97	90	95	100,0000
Cenário 26	97	90	95	100,0000
Cenário 27	97	90	95	100,0000
Cenário 28	97	90	95	100,0000
Cenário 29	97	90	95	100,0000
Cenário 30	97	90	95	100,0000
Cenário 31	97	90	95	100,0000
Cenário 32	97	90	95	100,0000
Cenário 33	5	5	95	31,6176
Cenário 34	97	5	5	31,6176
Cenário 35	5	90	5	31,6176

Cenário 36	97	90	95	100,0000
Cenário 37	97	90	95	100,0000
Cenário 38	97	90	95	100,0000
Cenário 39	97	90	95	100,0000
Cenário 40	97	90	95	100,0000
Cenário 41	97	90	95	100,0000
Cenário 42	97	90	95	100,0000
Cenário 43	97	90	95	100,0000
Cenário 44	97	90	95	100,0000
Cenário 45	97	90	95	100,0000
Cenário 46	97	90	95	100,0000
Cenário 47	97	90	95	100,0000
Cenário 48	5	90	95	68,3824
Cenário 49	97	5	95	68,3824
Cenário 50	97	90	5	68,3824
Cenário 51	97	90	95	100,0000
Cenário 52	97	90	95	100,0000
Cenário 53	5	5	5	0,0000
Cenário 54	97	90	95	100,0000
Cenário 55	5	5	5	0,0000
Cenário 56	5	5	5	0,0000
Cenário 57	97	90	95	100,0000
Cenário 58	5	5	5	0,0000
Cenário 59	5	5	5	0,0000
Cenário 60	60	50	55	50,0000
Cenário 61	60	50	55	50,0000
Cenário 62	5	5	5	0,0000
Cenário 63	60	50	55	50,0000
Cenário 64	5	5	5	0,0000
Cenário 65	5	5	5	0,0000
Cenário 66	60	50	55	50,0000
Cenário 67	5	5	5	0,0000
Cenário 68	5	5	5	0,0000
Cenário 69	5	90	95	68,3824
Cenário 70	97	5	95	68,3824
Cenário 71	97	90	5	68,3824
Cenário 72	5	5	95	31,6176
Cenário 73	5	90	5	31,6176
Cenário 74	97	5	5	31,6176

APÊNDICE Q: Cenários dos resultados do Índice Final de Vulnerabilidade da Gestão Ambiental Local: unificação dos sistemas

Cenários	Tecnologia	Gestão	Vulnerabilidade	Resultado
Pior	0,0000	0,0000	0,0000	Péssimo
Melhor	100,0000	100,0000	100,0000	Ótimo
Mediano	50,0000	50,0000	50,0000	Regular
Cenário 1	100,0000	100,0000	100,0000	Ótimo
Cenário 2	79,7619	100,0000	90,4309	Ótimo
Cenário 3	50,0000	100,0000	86,7647	Ótimo
Cenário 4	79,7619	100,0000	90,4309	Ótimo
Cenário 5	100,0000	68,3824	74,0992	Bom
Cenário 6	100,0000	86,7647	90,3215	Ótimo
Cenário 7	100,0000	68,3824	74,0992	Bom
Cenário 8	100,0000	86,7647	90,3215	Ótimo
Cenário 9	100,0000	68,3824	74,0992	Bom
Cenário 10	100,0000	86,7647	90,3215	Ótimo
Cenário 11	0,0000	100,0000	68,3824	Bom
Cenário 12	50,0000	100,0000	86,7647	Ótimo
Cenário 13	100,0000	31,6176	55,6715	Regular
Cenário 14	100,0000	68,3824	74,0992	Bom
Cenário 15	100,0000	31,6176	55,6715	Regular
Cenário 16	100,0000	68,3824	74,0992	Bom
Cenário 17	100,0000	31,6176	55,6715	Regular
Cenário 18	100,0000	68,3824	74,0992	Bom
Cenário 19	100,0000	0,0000	31,6176	Ruim
Cenário 20	100,0000	50,0000	68,3824	Bom
Cenário 21	81,0266	100,0000	91,0376	Ótimo
Cenário 22	81,0266	100,0000	91,0376	Ótimo
Cenário 23	81,0266	100,0000	91,0376	Ótimo
Cenário 24	70,3459	100,0000	87,7029	Ótimo
Cenário 25	70,3459	100,0000	87,7029	Ótimo
Cenário 26	70,3459	100,0000	87,7029	Ótimo
Cenário 27	100,0000	81,1715	82,7341	Ótimo
Cenário 28	100,0000	81,1715	82,7341	Ótimo
Cenário 29	100,0000	81,1715	82,7341	Ótimo
Cenário 30	100,0000	81,1715	82,7341	Ótimo
Cenário 31	100,0000	81,1715	82,7341	Ótimo
Cenário 32	100,0000	81,1715	82,7341	Ótimo
Cenário 33	100,0000	81,1715	82,7341	Ótimo
Cenário 34	100,0000	81,1715	82,7341	Ótimo

Cenário 35	100,0000	81,1715	82,7341	Ótimo
Cenário 36	81,0266	100,0000	91,0376	Ótimo
Cenário 37	81,0266	100,0000	91,0376	Ótimo
Cenário 38	81,0266	100,0000	91,0376	Ótimo
Cenário 39	81,0266	100,0000	91,0376	Ótimo
Cenário 40	81,0266	100,0000	91,0376	Ótimo
Cenário 41	81,0266	100,0000	91,0376	Ótimo
Cenário 42	100,0000	87,4015	91,6991	Ótimo
Cenário 43	100,0000	87,4015	91,6991	Ótimo
Cenário 44	100,0000	87,4015	91,6991	Ótimo
Cenário 45	100,0000	87,4015	91,6991	Ótimo
Cenário 46	100,0000	87,4015	91,6991	Ótimo
Cenário 47	100,0000	87,4015	91,6991	Ótimo
Cenário 48	100,0000	87,4015	91,6991	Ótimo
Cenário 49	100,0000	87,4015	91,6991	Ótimo
Cenário 50	100,0000	87,4015	91,6991	Ótimo
Cenário 51	0,0000	68,3824	44,3285	Regular
Cenário 52	0,0000	68,3824	44,3285	Regular
Cenário 53	0,0000	68,3824	44,3285	Regular
Cenário 54	100,0000	31,6176	55,6715	Regular
Cenário 55	100,0000	31,6176	55,6715	Regular
Cenário 56	100,0000	31,6176	55,6715	Regular
Cenário 57	50,0000	31,6176	36,3080	Ruim
Cenário 58	50,0000	31,6176	36,3080	Ruim
Cenário 59	50,0000	31,6176	36,3080	Ruim
Cenário 60	0,0000	31,6176	25,9008	Ruim
Cenário 61	0,0000	31,6176	25,9008	Ruim
Cenário 62	0,0000	31,6176	25,9008	Ruim
Cenário 63	20,2381	13,2353	17,2251	Péssimo
Cenário 64	20,2381	13,2353	17,2251	Péssimo
Cenário 65	20,2381	13,2353	17,2251	Péssimo
Cenário 66	20,2381	13,2353	17,2251	Péssimo
Cenário 67	20,2381	13,2353	17,2251	Péssimo
Cenário 68	20,2381	13,2353	17,2251	Péssimo
Cenário 69	61,1259	65,0914	59,8873	Regular
Cenário 70	61,1259	65,0914	59,8873	Regular
Cenário 71	61,1259	65,0914	59,8873	Regular
Cenário 72	38,8740	34,9086	40,1127	Regular
Cenário 73	38,8740	34,9086	40,1127	Regular
Cenário 74	38,8740	34,9086	40,1127	Regular

APÊNDICE R: Base de regras para sistema ferramentas de acesso

Regra	SE	E	E	Então
	REDUÇÃO DE CARBONO	RESOLUÇÃO TEMPORAL	RESOLUÇÃO ESPACIAL	Saída
1	Baixa	Alta	Alta	Muito Baixa
2	Media	Alta	Alta	Baixa
3	Alta	Alta	Alta	Baixa-Média
4	Baixa	Media	Alta	Baixa
5	Media	Media	Alta	Baixa-Média
6	Alta	Media	Alta	Média
7	Baixa	Baixa	Alta	Baixa-Média
8	Media	Baixa	Alta	Média
9	Alta	Baixa	Alta	Média-Alta
10	Baixa	Alta	Media	Baixa
11	Media	Alta	Media	Baixa-Média
12	Alta	Alta	Media	Média
13	Baixa	Media	Media	Baixa-Média
14	Media	Media	Media	Média
15	Alta	Media	Media	Média-Alta
16	Baixa	Baixa	Media	Média
17	Media	Baixa	Media	Média-Alta
18	Alta	Baixa	Media	Alta

19	Baixa	Alta	Baixa	Baixa-Média
20	Media	Alta	Baixa	Média
21	Alta	Alta	Baixa	Média-Alta
22	Baixa	Media	Baixa	Média
23	Media	Media	Baixa	Média-Alta
24	Alta	Media	Baixa	Alta
25	Baixa	Baixa	Baixa	Média-Alta
26	Media	Baixa	Baixa	Alta
27	Alta	Baixa	Baixa	Muito Alta

APÊNDICE S: Base de regras para sistema sistematização de dados

Regra	SE	E	E	Então
	FACILIDADE DE ACESSO	VALIDAÇÃO AUTOMÁTICA	AUTOMATIZAÇÃO	Saída
1	Baixa	Baixa	Baixa	Muito Baixa
2	Media	Baixa	Baixa	Baixa
3	Alta	Baixa	Baixa	Baixa-Média
4	Baixa	Media	Baixa	Baixa
5	Media	Media	Baixa	Baixa-Média
6	Alta	Media	Baixa	Média
7	Baixa	Alta	Baixa	Baixa-Média
8	Media	Alta	Baixa	Média
9	Alta	Alta	Baixa	Média-Alta
10	Baixa	Baixa	Media	Baixa
11	Media	Baixa	Media	Baixa-Média
12	Alta	Baixa	Media	Média
13	Baixa	Media	Media	Baixa-Média
14	Media	Media	Media	Média
15	Alta	Media	Media	Média-Alta
16	Baixa	Alta	Media	Média
17	Media	Alta	Media	Média-Alta
18	Alta	Alta	Media	Alta

19	Baixa	Baixa	Alta	Baixa-Média
20	Media	Baixa	Alta	Média
21	Alta	Baixa	Alta	Média-Alta
22	Baixa	Media	Alta	Média
23	Media	Media	Alta	Média-Alta
24	Alta	Media	Alta	Alta
25	Baixa	Alta	Alta	Média-Alta
26	Media	Alta	Alta	Alta
27	Alta	Alta	Alta	Muito Alta

APÊNDICE T: Base de regras para sistema sistematização Integração de dados

Regra	SE	E	E	Então
	ALIMENTA SISNIMA	COMPARTILHA	COBERTURA	Saída
1	Baixa	Baixa	Baixa	Muito Baixa
2	Media	Baixa	Baixa	Baixa
3	Alta	Baixa	Baixa	Baixa-Média
4	Baixa	Media	Baixa	Baixa
5	Media	Media	Baixa	Baixa-Média
6	Alta	Media	Baixa	Média
7	Baixa	Alta	Baixa	Baixa-Média
8	Media	Alta	Baixa	Média
9	Alta	Alta	Baixa	Média-Alta
10	Baixa	Baixa	Media	Baixa
11	Media	Baixa	Media	Baixa-Média
12	Alta	Baixa	Media	Média
13	Baixa	Media	Media	Baixa-Média
14	Media	Media	Media	Média
15	Alta	Media	Media	Média-Alta
16	Baixa	Alta	Media	Média
17	Media	Alta	Media	Média-Alta
18	Alta	Alta	Media	Alta

19	Baixa	Baixa	Alta	Baixa-Média
20	Media	Baixa	Alta	Média
21	Alta	Baixa	Alta	Média-Alta
22	Baixa	Media	Alta	Média
23	Media	Media	Alta	Média-Alta
24	Alta	Media	Alta	Alta
25	Baixa	Alta	Alta	Média-Alta
26	Media	Alta	Alta	Alta
27	Alta	Alta	Alta	Muito Alta

APÊNDICE U: Base de regras para sistema Produção da informação

Regra	SE	E	E	Então
	PROTEÇÃO AMBIENTAL	EDUCAÇÃO	ARMAZENAMENTO	Saída
1	Baixa	Baixa	Baixa	Muito Baixa
2	Media	Baixa	Baixa	Baixa
3	Alta	Baixa	Baixa	Baixa-Média
4	Baixa	Media	Baixa	Baixa
5	Media	Media	Baixa	Baixa-Média
6	Alta	Media	Baixa	Média
7	Baixa	Alta	Baixa	Baixa-Média
8	Media	Alta	Baixa	Média
9	Alta	Alta	Baixa	Média-Alta
10	Baixa	Baixa	Media	Baixa
11	Media	Baixa	Media	Baixa-Média
12	Alta	Baixa	Media	Média
13	Baixa	Media	Media	Baixa-Média
14	Media	Media	Media	Média
15	Alta	Media	Media	Média-Alta
16	Baixa	Alta	Media	Média
17	Media	Alta	Media	Média-Alta
18	Alta	Alta	Media	Alta

19	Baixa	Baixa	Alta	Baixa-Média
20	Media	Baixa	Alta	Média
21	Alta	Baixa	Alta	Média-Alta
22	Baixa	Media	Alta	Média
23	Media	Media	Alta	Média-Alta
24	Alta	Media	Alta	Alta
25	Baixa	Alta	Alta	Média-Alta
26	Media	Alta	Alta	Alta
27	Alta	Alta	Alta	Muito Alta

APÊNDICE V: Base de regras para sistema Transparência

Regra	SE	E	E	Então
	DADOS DISPONIBILIZADOS	SISTEMA PUBLICO INFORMAÇÕES	RELATÓRIO ANUAL	Saída
1	Baixa	Baixa	Baixa	Muito Baixa
2	Media	Baixa	Baixa	Baixa
3	Alta	Baixa	Baixa	Baixa-Média
4	Baixa	Media	Baixa	Baixa
5	Media	Media	Baixa	Baixa-Média
6	Alta	Media	Baixa	Média
7	Baixa	Alta	Baixa	Baixa-Média
8	Media	Alta	Baixa	Média
9	Alta	Alta	Baixa	Média-Alta
10	Baixa	Baixa	Media	Baixa
11	Media	Baixa	Media	Baixa-Média
12	Alta	Baixa	Media	Média
13	Baixa	Media	Media	Baixa-Média
14	Media	Media	Media	Média
15	Alta	Media	Media	Média-Alta
16	Baixa	Alta	Media	Média
17	Media	Alta	Media	Média-Alta
18	Alta	Alta	Media	Alta

19	Baixa	Baixa	Alta	Baixa-Média
20	Media	Baixa	Alta	Média
21	Alta	Baixa	Alta	Média-Alta
22	Baixa	Media	Alta	Média
23	Media	Media	Alta	Média-Alta
24	Alta	Media	Alta	Alta
25	Baixa	Alta	Alta	Média-Alta
26	Media	Alta	Alta	Alta
27	Alta	Alta	Alta	Muito Alta

APÊNDICE W: Base de regras para sistema intermediário Gestão

Regra	SE	E	E	Então
	PRODUÇÃO	INTEGRAÇÃO	TRANSPARÊNCIA	Saída
1	Baixa	Baixa	Baixa	Muito Baixa
2	Media	Baixa	Baixa	Baixa
3	Alta	Baixa	Baixa	Baixa-Média
4	Baixa	Media	Baixa	Baixa
5	Media	Media	Baixa	Baixa-Média
6	Alta	Media	Baixa	Média
7	Baixa	Alta	Baixa	Baixa-Média
8	Media	Alta	Baixa	Média
9	Alta	Alta	Baixa	Média-Alta
10	Baixa	Baixa	Media	Baixa
11	Media	Baixa	Media	Baixa-Média
12	Alta	Baixa	Media	Média
13	Baixa	Media	Media	Baixa-Média
14	Media	Media	Media	Média
15	Alta	Media	Media	Média-Alta
16	Baixa	Alta	Media	Média
17	Media	Alta	Media	Média-Alta
18	Alta	Alta	Media	Alta

19	Baixa	Baixa	Alta	Baixa-Média
20	Media	Baixa	Alta	Média
21	Alta	Baixa	Alta	Média-Alta
22	Baixa	Media	Alta	Média
23	Media	Media	Alta	Média-Alta
24	Alta	Media	Alta	Alta
25	Baixa	Alta	Alta	Média-Alta
26	Media	Alta	Alta	Alta
27	Alta	Alta	Alta	Muito Alta

APÊNDICE X: Resultado completo quantitativo das ponderações dos especialistas para o sistema ferramentas de acesso

INDICADORES	PONTUAÇÃO SEM PESO	ORDEM SEM PESO	PONTUAÇÃO COM PESO	ORDEM COM PESO	CONCORDÂNCIA
Banco de dados na gestão ambiental	101,00	1	647,50	1	Concorda
Resolução especial	100,00	2	641,50	2	Concorda
Resolução temporal	97,00	3	613,00	3	Concorda
Sistemas de armazenamento de dados	94,00	4	587,50	5	Discorda
Tecnologia na análise de processos	91,00	5	580,50	6	Discorda
Processo administrativo virtual	89,00	6	595,00	4	Discorda
Utilização de softwares setorialmente	81,00	7	521,50	7	Concorda
Redução de Emissões de Carbono Equivalente (CO2eq)	76,00	8	479,50	8	Concorda
Ferramentas para a população	70,00	9	427,50	9	Concorda
Deslocamento dos usuários-cidadãos	66,00	10	411,00	10	Concorda
Impressoras em uso	54,00	11	342,00	11	Concorda

Fonte: O autor, 2024.

APÊNDICE Y: Base de valores numéricos para cálculo proporcional dos sistemas intermediários

Base Numérica		
Tecnologia	Gestão	Saída
0	0	0
1	0	1
2	0	2
0	1	2
1	1	3
2	1	4
0	2	4
1	2	5
2	2	6

Legenda:

Baixa = 0

Média = 1

Alta = 2

Tecnologia: peso 1

Gestão: peso 2

APÊNDICE Z: Formulário de coleta de dados para cômputo do índice de vulnerabilidade nos órgãos ambientais locais.

DESCRIÇÃO DO PEDIDO		
Venho através desse, solicitar, de acordo com a Lei de Acesso a Informação, Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011 e seus regulamentos, bem como a Lei nº 10.650, de 16 de abril de 2003 que dispõe sobre o acesso público aos dados e informações existentes nos órgãos e entidades integrantes do SISNAMA, as informações abaixo elencadas.		
Município/UF:	Data:	Hora:
FERRAMENTAS DE ACESSO		
Qual o valor da Redução de Emissões de Carbono Equivalente (CO ₂ eq) pelo órgão municipal ambiental nos últimos dois anos?	Possui dados? Sim () Não ()	Registro/Documento Sim () Não ()
Qual a Resolução Espacial das imagens de satélite utilizadas para análises ambientais na sua instituição?	Valor:	Registro/Documento Sim () Não ()
Qual a Resolução Temporal das imagens de satélite utilizadas para análises ambientais na sua instituição?	Valor:	Registro/Documento Sim () Não ()
SISTEMATIZAÇÃO DE DADOS		
Quais sites ou aplicativos que sua instituição promoveu acesso aos dados públicos ambientais?	Sites/aplicativos:	Registro/Documento Sim () Não ()
Quais processos ou procedimentos possuem validação automática em função de critérios pré-definidos nas análises ambientais do licenciamento, fiscalização ou monitoramento?	Sites/aplicativos:	Registro/Documento Sim () Não ()
Quais processos/procedimentos são automatizados nas análises ambientais do licenciamento, fiscalização ou monitoramento?	Descrição:	Registro/Documento Sim () Não ()
INTEGRAÇÃO DE DADOS		
É enviado periodicamente os dados ao SINIMA?	Possui dados? Sim () Não ()	Registro/Documento Sim () Não ()

Qual(is) banco de dados ambientais são compartilhado?	Nome/descrição:	Registro/Documento Sim () Não ()
Qual percentual de cobertura na gestão da informação ambiental nos limites do município	Valor:	Site(s)/aplicativo(s):
PRODUÇÃO DA INFORMAÇÃO		
Qual percentual de informações de proteção ambiental divulgada comparativamente com as informações de desenvolvimento econômico?	Valor:	Site(s)/aplicativo(s):
Quantos cursos foram realizados pela equipe interna de educação ambiental informacional (tecnologia da informação aplicada a soluções ambientais)?	Valor:	Registro/Documento Sim () Não ()
Quais dados de setores/áreas da gestão ambiental são armazenadas em banco de dados?	Áreas/setores:	Registro/Documento Sim () Não ()
TRANSPARÊNCIA		
Quais dados são disponibilizados de forma aberta a população?	Descrição:	Registro/Documento Sim () Não ()
Qual percentual de implementação do Sistema Público de Informações Ambiental Municipal?	Valor:	Registro/Documento Sim () Não ()
Qual percentual aproximado de apresentação no Relatório anual ambiental por setores/áreas?	Valor:	Site(s):
Respeitando as normas supracitadas, em caso de não ser possível o acesso de imediato, o referido órgão ou entidade deverá no prazo de até 20 (vinte) dias, proceder da seguinte forma: a) enviar a informação ao endereço físico ou eletrônico informado; b) comunicar data, local e modo para realizar consulta à informação, efetuar reprodução ou obter certidão relativa à informação; c) comunicar que não possui a informação ou que não tem conhecimento de sua existência; d) indicar, caso tenha conhecimento, o órgão ou entidade responsável pela informação ou que a detenha; ou e) indicar as razões da negativa, total ou parcial, do acesso. O prazo para resposta do pedido poderá ser prorrogado por dez dias, mediante justificativa encaminhada ao requerente antes do término do prazo inicial dos vinte dias.		

APÊNDICE AB: Check List de verificação de facilidade de acesso aos dados

CRITÉRIOS PARA CHECAGEM	Atributo
Links existente sem funcionamento	Sim () Não ()
Links existente com funcionamento	Sim () Não ()
Cliques para acessar a fonte de informação	Valor:
Recurso para pesquisa na fonte	Sim () Não ()
Função de busca por categoria/área	Sim () Não ()
Índice	Sim () Não ()
Arranjo	Sim () Não ()
Recursos auxiliares à pesquisa	Valor:
Tesauros	Sim () Não ()
Glossário	Sim () Não ()
Mapa do site	Sim () Não ()
Guia	Sim () Não ()
Ajuda na pesquisa	Sim () Não ()
Instruções de uso	Sim () Não ()
Manual da fonte de informação para download ou impressão	Sim () Não ()
Conformidade com as diretrizes de Acessibilidade para o Conteúdo da Web (WCAG)	Sim () Não ()
Responsividade	Sim () Não ()
Listas	Valor: