

**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**

Mestrado Profissional em Ciências Ambientais

**JOELMA GONÇALVES RIBEIRO**

**DO MONITORAMENTO DA ÁGUA DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM  
TEMPO REAL À POSSIBILIDADE DE ARRECADAÇÃO DO ICMS ECOLÓGICO.**

Dissertação apresentada ao programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Wilton Camara

Coorientadora: Prof. Dra. Cristiane Borborema Chaché

Vassouras, 2022.

RIBEIRO, JOELMA GONÇALVES  
DO MONITORAMENTO DA ÁGUA DE ESTAÇÃO DE  
TRATAMENTO DE ESGOTO EM TEMPO REAL À POSSIBILIDADE DE  
ARRECADAÇÃO DO ICMS ECOLÓGICO / JOELMA GONÇALVES  
RIBEIRO. - Vassouras: 2022.  
iv, 96 f. : il. ; 29,7 cm.

Orientador: PAULO WILTON CÂMARA. Coorientador: CRISTIANE  
BORBOREMA CHACHÉ

Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em MESTRADO EM  
CIÊNCIAS AMBIENTAIS - Universidade de Vassouras, 2022.

Inclui Ilustrações, Bibliografias e Material Anexo.

1. MONITORAMENTO. 2. QUALIDADE DA ÁGUA. 3. ICMS  
ECOLÓGICO. 4. AUTOMATIZAÇÃO. 5. MACHINE LEARNING. I.  
CÂMARA, PAULO WILTON. II. CHACHÉ, CRISTIANE BORBOREMA.  
III. Universidade de Vassouras. IV. Título.

Sistema Gerador de Ficha Catalográfica On-line - Universidade de Vassouras

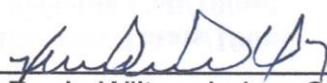


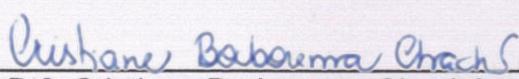
**Ata da Defesa de Dissertação  
(Mestrado Profissional em Ciências Ambientais)**

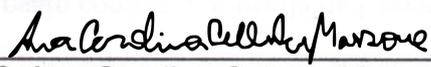
Aos trinta dias do mês de setembro de 2022, às dez horas, via videoconferência, reuniu-se em sessão pública a Comissão Examinadora constituída pelos(as) professores(as) Dr. Paulo Wilton da Luz Camara (Universidade de Vassouras), Dr<sup>a</sup>. Cristiane Borborema Chaché (Universidade de Vassouras), Dr<sup>a</sup>. Ana Carolina Cellular Massone (Universidade de Vassouras) e Dr<sup>a</sup>. Erika Cortines (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - Instituto de Três Rios - UFRRJ-ITR) sob a presidência do(a) primeiro(a), para a Defesa da Dissertação do(a) Mestrando(a) **JOELMA GONÇALVES RIBEIRO**, intitulada: **“DO MONITORAMENTO DA ÁGUA DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM TEMPO REAL À POSSIBILIDADE DE ARRECADAÇÃO DO ICMS ECOLÓGICO”**.

A banca deliberou pela: **APROVADA, DEVENDO ENVIAR A VERSÃO FINAL COM AS CONSIDERAÇÕES DA COMISSÃO EXAMINADORA NO PRAZO REGULAMENTAR.**

Vassouras, 30 de setembro de 2022.

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Paulo Wilton da Luz Camara  
Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Dr<sup>a</sup>. Cristiane Borborema Chaché  
Coorientadora

  
\_\_\_\_\_  
Dr<sup>a</sup>. Ana Carolina Cellular Massone  
Examinadora interna

  
\_\_\_\_\_  
Dr<sup>a</sup>. Erika Cortines  
Examinadora Externa

À minha querida família, em especial,  
Aos meus filhos Milenna, Davi e Valentina por existirem;  
Ao meu marido Altivo, por sua companhia;  
Aos meus pais Milton e Dirce, pelos exemplos de vida;  
Aos meus irmãos Josimar e Nilton, pela amizade  
Aos meus amigos Conceição, Eduarda e Frederico, pela motivação alegre.

## AGRADECIMENTOS

A jornada percorrida para chegar até aqui foi longa, trabalhosa, desafiadora e recheada de boas surpresas. O mestrado me proporcionou algo maior do que a formação acadêmico-profissional para ser uma pesquisadora e educadora, me trouxe mais confiança, serenidade e menos cobrança. E chegar até aqui, só foi possível graças a pessoas especiais que estiveram presentes nesta caminhada, mas que acima de tudo me fizeram acreditar que era possível.

À minha família querida. Em especial, aos meus filhos, Milenna, Davi e Valentina, que lançaram mão do convívio de sua mãe em dias ensolarados em família, noites chuvosas agarradinhos no sofá se deliciando de um bom filme e chocolate quente para fazerem parte desta escolha de minha vida de ser mestre, uma doce loucura de conhecimento que os levou a entender que as verdadeiras conquistas, as únicas de que nunca nos arrependemos, são aquelas que fazemos contra a ignorância.

Ao meu marido Altivo, conforme a interpretação literal de seu nome já dita quem o é um dos meus maiores imponentes colaboradores, gravado de um notório conhecimento intelectual e crítico sempre me levando as mais profundas e obscuras trilhas do saber. Meu terceiro orientador (essa dissertação é sua também!).

Aos meus pais, Milton e Dirce, pelo apoio incondicional e pelos exemplos de vida que, diariamente, estão presentes nas minhas atitudes e que me fizeram a pessoa que sou hoje. Vocês são os meus maiores incentivadores que nunca pouparam esforços para me ajudar em tudo, com muito carinho e dedicação.

À minha irmã Josimar, uma guerreira sábia e uma companhia para todo e qualquer momento, amiga para toda a vida, compartilho com você este trabalho que tantas vezes você emendou. Ao irmão Nilton pelo carinho e compreensão nas ausências. Aos demais familiares que dividiram comigo as angustias, incertezas e as alegrias desse caminho.

Aos meus amigos Conceição Pacheco exemplo de dedicação, competência e seriedade, amiga daquelas que estão sempre prontas a te ajudar seja que momento for, a Musa da Engenharia Elétrica Maria Eduarda, alma gêmea que se comunica comigo bastando um olhar, linda por fora e maravilhosa por dentro e ao meu Art. 5º da Constituição Federal, Frederico, essencial e fundamental nesta minha jornada de conhecimento, brilhante, genial e arguto o bastante para tornar esta jornada mais leve e descontraída. A gargalhada mais encantadora do mundo.

Aos meus orientadores, professor Paulo Wilton, por acreditar no meu potencial cujo apoio foi fundamental para eu tentar mediar o racional e o emocional e conseguir concluir mais esta importante

etapa da minha vida e a professora Cristiane Chaché, que sempre tem um outro ponto de vista que sempre soluciona o problema, com quem eu aprendi muito, mas, principalmente, a confiar mais em mim.

A professora Anna Celular por me apresentar a mais nova ordem mundial que é a mineração de dados e das redes neurais, que vieram para decodificar as informações enigmáticas, umas das muitas surpresas desse caminho, que me encantaram e me fizeram alterar o curso dessa dissertação. Aos professores Erika Cortines e Roberta Lima, pela disponibilidade de participar da minha banca.

Aos amigos que conheci durante os dois anos de estudos no mestrado e aqueles que me aguardam ansiosos para uma vida mais serena e sociável.

## RESUMO

A água é um bem essencial a sobrevivência humana e cerca de 40% das mortes são causadas por água contaminada no mundo. A ONU reconheceu o Direito a Água como um direito fundamental da vida. O Novo Marco de Saneamento Básico veio com a missão de universalizar o acesso a água potável e saneamento básico, porque problemas atinentes aos recursos hídricos, tais como a poluição dos rios, devido ao descarte indiscriminado de esgoto não tratado, as queimadas sazonais, que resultam na baixa cobertura vegetal, a ocupação urbana desordenada, que afeta a estabilidade das encostas e as margens dos cursos d'água, são fatores que assolam e demandam grandes desafios aos cidadãos. Para garantir o abastecimento seguro de água potável, a qualidade deve ser monitorada, se possível em tempo real. Um sistema de baixo custo para monitoramento automatizado e em tempo real da qualidade da água por IoT (internet das coisas), facilita a tomada de decisão para seu tratamento. O monitoramento das Estações de Tratamento de Esgoto, que ainda despejam seus resíduos apenas com tratamento primário, via Arduino e com tratamento dos dados por machine learning, busca atenuar a poluição do corpo hídrico. Devido à falta de recursos financeiros, uma nova e importante fonte de receita, o ICMS Ecológico direcionado à gestão e contenção ambiental torna-se uma ferramenta de gestão ambiental associada a soluções inovadoras. Logo, o objetivo deste trabalho é a edição de um decreto Estadual que permita a bonificação a título de ICMS Ecológico ao novo modelo de monitoramento das Estações de Tratamento de Esgoto de forma automatizada e em tempo real visando garantir a conformidade dos padrões de lançamento dos efluentes nos corpos hídricos, melhorando a relação de confiança, transparência entre os cidadãos e as instituições públicas, bem como dar agilidade na tomada de decisão em eventuais danos ambientais. A justificativa deste estudo compreende em correlacionar a receita do ICMS Ecológico à recursos tecnológicos com intuito que, no futuro próximo, de que esta ferramenta possibilite o monitoramento em tempo real, com tecnologia capaz de se adequar as mais diversas aplicações e, finalmente, ativar ações de recuperação e proteção ambiental.

Palavras Chaves: Monitoramento, qualidade da água, ICMS Ecológico, Automatização, Machine Learning.

## **ABSTRACT**

Water is an essential asset for human survival and around 40% of deaths are caused by contaminated water in the world. The UN recognized the Right to Water as a fundamental right of life. The New Framework for Basic Sanitation came with the mission of universalizing access to drinking water and basic sanitation because problems related to water resources, such as river pollution, due to the indiscriminate disposal of untreated sewage, the seasonal fires, which result in the low vegetation cover, disordered urban occupation, which affects the stability of slopes and the banks of water courses, are factors that devastate and demand great challenges for citizens. To ensure a safe drinking water supply, the quality should be monitored, if possible, in real time. A low-cost system for automated and real-time monitoring of water quality by IoT (internet of things) facilitates decision-making for water treatment. The monitoring of the Sewage Treatment Plants, which still dispose of their waste only with primary treatment, via Arduino and with data processing by machine learning, seeks to mitigate the pollution of the water body. Due to the lack of financial resources, a new and important source of revenue, the Ecological ICMS directed to environmental management and containment becomes an environmental management tool associated with innovative solutions. In this sense, the main objective of this work is to present a proposal for the automation of the water quality monitoring process in an ETE, with a view to modernizing the process and receiving ICMS Ecological resources. The rationale for this study is to correlate the Ecological ICMS revenue to technological resources with the intention that, soon, this tool will enable real-time monitoring, with technology capable of adapting to the most diverse applications and, finally, activating actions of environmental recovery and protection.

**KEYWORDS:** Monitoring, water quality, Ecological ICMS, Automation, Machine Learning.

## **LISTA DE SIGLAS**

ONU – Organização das Nações Unidas

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação.

AEM – Avaliação Ecológica do Milênio.

UICN – União Internacional para a Conservação da Natureza.

IFCA – Índice Final de Conservação Ambiental

ITE – Índice de tratamento de Esgoto.

IrTE - Índice relativo de Tratamento de Esgoto

ANA – Agência Nacional de Água e Esgoto

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente.

IQSMMA – Índice de qualidade do serviço de Meio Ambiente.

REBOB – Rede Brasil de Organismos de Bacias Hidrográficas

RNA – Rede Neural Artificial

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição de água na Terra .....	20
Figura 2 - Maiores Reservas mundiais de água doce .....	21
Figura 3 - Concentração de água doce nos rios.....	21
Figura 4 - atividades econômicas sustentadas por água subterrânea.....	22
Figura 5 - Objetivos de Desenvolvimento do Milênio.....	26
Figura 6 - Os 5 Ps da Sustentabilidade.....	29
Figura 7 - Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.....	29
Figura 8 - Segundo Relatório de Indicadores do ODS 6.....	31
Figura 9 - Diferentes usos da água.....	37
Figura 10 - Submetidos à outorga.....	41
Figura 11 - Não submetidos à outorga.....	41
Figura 12 - Distribuição de água no Brasil .....	50
Figura 13 - Pontos de monitoramento no Brasil.....	51
Figura 14 - Índice de qualidade de água .....	53
Figura 15 - Rede nacional de monitoramento de qualidade de água, estações implantadas por ano.....	56
Figura 16 - Oxigênio dissolvido .....	58
Figura 17 - Demanda bioquímica de oxigênio.....	59
Figura 18 - Fósforo .....	60
Figura 19 - Coliformes.....	61
Figura 20 - Turbidez.....	63
Figura 21 - Índice de qualidade de água .....	64
Figura 22 - Sistema de gerenciamento de recursos hídrico.....	66
Figura 23 - Evolução do índice de qualidade de água.....	69
Figura 24 - Qualidade de água no Brasil .....	70
Figura 25 - Modelo de PSA .....	74
Figura 26 - Apresentação dos percentuais que cabem a cada critério do ICMS ecológico.....	78
Figura 27 - Sub-índices temáticos do ICMS ecológico.....	79
Figura 28 - Apresentação dos percentuais de cada sub-índice e a qual critério está relacionado .....	80
Figura 29 - componentes necessários à habilitação do ICMS ecológico .....	80
Figura 30 - Componentes necessários para a habilitação no ICMS Ecológico (continuação) .....	81
Figura 31 - Variável recurso hídrico .....	82
Figura 32 - Pontuação para nível de tratamento.....	84
Figura 33 - Eficiência do tratamento de esgoto sanitário .....	85
Figura 34 - evolução de repasse de ICMS .....	86

## Sumário

1	Introdução.....	13
1.1	Contexto .....	13
1.2	Objetivo Geral .....	15
1.3	Objetivos Específicos .....	15
2.	Justificativa.....	16
3.	Materiais e Métodos .....	18
4.	Água no Contexto Ambiental e Humano.....	20
4.1	Direito fundamental a Água e Saneamento .....	20
4.1.1	Á água em nosso planeta .....	20
4.1.2.	O Relatório Brundtland e as premissas do Desenvolvimento Sustentável.....	22
4.1.3.	O Direito Humano a Água: Resolução A/RES/64/292 da ONU .....	24
4.1.4.	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio – ODM .....	25
4.1.5.	Agenda 2030 – ODS.....	28
4.2	A regulamentação brasileira das águas.....	32
4.2.1	Garantia Constitucional .....	32
4.2.2	Código de Águas .....	34
4.2.3	Política Nacional de Meio Ambiente.....	35
4.2.4.	Política Nacional de Recursos Hídricos.....	36
4.2.5.	Uso da água .....	37
5	Dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos .....	39
5.1	Os Planos de Recursos Hídricos .....	39
5.2.	Enquadramento dos corpos hídricos .....	40
5.3.	Outorga.....	40
5.4.	Cobrança pelo uso de recursos hídricos.....	41
5.5.	O sistema de Informação sobre Recursos Hídricos .....	42
5.5.	Novo Marco de Saneamento Básico.....	43
5.6.	Titularidade e prestação regionalizada.....	44
5.7.	O papel da Agência Reguladora Federal - ANA.....	46
6	Monitoramento Ambiental da Água .....	49
6.1.	Monitoramento Ambiental .....	49
6.2.	Do Monitoramento da qualidade da água no Brasil.....	49
6.3.	Monitoramento da qualidade da água de forma convencional.....	52
6.4.	Padrões Nacionais da qualidade da água.....	52

6.5. Do Monitoramento em nível Federal.....	53
6.6. Rede Hidrometeorológica Nacional.....	54
6.7. Indicadores de Qualidade da Água .....	56
6.8 Qualidade da água no estado do Rio de Janeiro .....	65
6.9. Critérios para Avaliação da Qualidade das Águas Interiores.....	67
6.10. Programa de Monitoramento Sistemático.....	67
6.11. IQA Médio 2012/2021 - Rios monitorados no Estado do Rio de Janeiro .....	68
6.12 Qualidade da água: lançamento de efluentes em corpos hídricos.....	69
6.13. Do Monitoramento em Tempo Real.....	71
7 Do Pagamento por Serviços Ambientais .....	73
7.1. Princípio do Protetor-Recebedor para tutela do Meio Ambiente.....	75
7.2. Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação - ICMS .....	76
7.3. ICMS Ecológico .....	76
7.4. Mananciais de Abastecimento .....	82
7.4.1. Tratamento de Esgoto.....	82
7.4.2. Do Índice de qualidade da Gestão Municipal. ....	82
7.5. Critérios de repasse.....	83
7.5.1. Procedimentos Relativos ao Índice de Tratamento de Esgoto.....	83
7.5.2. Eficiência do Tratamento de Esgoto Sanitário.....	85
7.5.3. Programa Estadual Municípios +Sustentáveis.....	86
8. Produto: Uma proposta de incrementação do decreto acerca das definições do ICMS ecológico.....	87
8.1 Partes do Decreto.....	87
8.2 Considerações.....	88
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	90
Referências Bibliográficas.....	92
Produto. ....	96

## 1.1 Contexto

Desde os primórdios das civilizações são enfrentados problemas de origem sanitária que comprometem a qualidade da vida. Problemas sanitários não são exclusivos do Brasil. A falta de saneamento básico se tornou palco de grandes discussões mundiais onde metas e ações globais são tema de caráter humanitário (OAB, 2021).

Organismos internacionais vêm dirigindo um olhar ao planeta como um pote de recursos finitos e, aprovaram o documento “Transformando Nosso Mundo: Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável” fundamentado nos 5 (cinco) eixos de Atuação - Paz, Pessoas, Planeta, Prosperidade e Parcerias.

A Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas – (ONU), editou a Resolução 64/292<sup>4</sup>, reconhecendo que o acesso à água potável – e segura – e ao saneamento básico, são as principais vias para permitir o desenvolvimento sustentável. Este órgão estipulou metas e ações para intermédio do ODS 6 - alcance a universalização desse acesso para o bem-estar da população, independentemente de sua condição social, econômica ou cultural, de gênero ou etnia.

Para estabelecer a elevada prioridade do estudo, destaca-se o fato de que mais de 16% da população brasileira – quase 35 milhões de pessoas – não têm acesso à água tratada e, portanto, adequada às necessidades humanas. Apenas 46% dos esgotos gerados no país, são tratados, ou seja, 100 milhões de brasileiros não tem serviço de coleta e tratamento de esgoto (OAB, 2020). Nessa esteira surge o Novo Marco de Saneamento Básico no Brasil, propondo um cenário desafiador de universalização ao acesso de água potável e de coleta e tratamento de esgoto como forma de melhorar a qualidade de vida da população (OAB, 2020).

A nossa Carta Magna em seu artigo art. 225, apresenta o conceito de sustentabilidade e ainda revela que o Poder Público e a coletividade têm o dever de defender e preservar o meio ambiente para as gerações presentes e futuras, visando manter a harmonia e equilíbrio entre sociedade e a natureza.

Todavia nossa Constituição Federal não abraçou a Resolução 64/292 da ONU que reconhece o acesso a água como um direito fundamental; desta insuficiência surgiu a PEC nº 06 de 2021, originária da PEC 04/2018. (PEC da Água Potável), (SENADO, 2021) que pretende incorporar ao nosso ordenamento constitucional o acesso à água potável dentre os direitos e garantias fundamentais, reforçando o conceito de que a “água é a seiva de nosso planeta, ela é condição essencial de vida de todo vegetal, animal ou ser humano” (ONU, 2014).

Avanços tecnológicos vêm sendo introduzidos no Brasil a fim de trazer melhores condições de gestão ambiental, assim, o Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual, Intermunicipal e de Comunicação relativo à questões ecológicas, o ICMS Ecológico, criado em 2007, surge como uma efetiva política pública indutora de melhores resultados quanto a preservação e conservação ambiental, cujos municípios têm direito a 25% (vinte e cinco por cento) do total do ICMS arrecadado no estado do Rio de Janeiro pelas boas práticas realizadas.

O objetivo do ICMS Ecológico é de compensar os municípios pela conservação da natureza e dos mananciais de abastecimento de água. Além de promover o ressarcimento pelos investimentos ambientais realizados, uma vez que os benefícios são estendidos a todos os vizinhos regionais, corroborando o princípio do protetor-recebedor originado do princípio da precaução. Desse modo, o ICMS Ecológico constitui um importante instrumento de política pública, cujos efeitos se fazem notar nas ações governamentais, em nível municipal, voltadas para a conservação e preservação do meio ambiente.

A gestão eficiente da máquina pública não será alcançada somente com a competência e boa vontade de seus respectivos funcionários, sendo necessário ir além, conciliando inovações tecnológicas que permitem a análise e cruzamento de grande volume de dados precariamente sistematizados e informados, hoje, pela capacidade humana.

Na nova musculatura do Decreto nº 46.884/2019, que determina as diretrizes do ICMS Ecológico no Estado do Rio de Janeiro (INEA, 2019), o Índice Final de Conservação Ambiental (IFCA) buscou dar maior eficiência à gestão municipal, estabelecendo critérios qualitativos que definem o valor a ser repassado aos municípios. Para isto o Índice de Qualidade do Serviço de Meio Ambiente (IQSMMA) veio também incentivar a implementação e atualização dos planos de saneamento e resíduos sólidos, através da exigência de relatório de eficiência para a estação de tratamento de esgoto - ETE existente no Município, devendo obedecer às condições e parâmetros para lançamento de efluentes ditados pela Resolução CONAMA Nº 430/2011.

Um importante instrumento de efetivação do IQSMMA trata-se de tecnologias para medição dos parâmetros de qualidade dos efluentes lançados nos corpos hídricos. Neste sentido, a placa processadora Arduino, um dispositivo barato, funcional e fácil de programar; de *hardware* livre, pode processar informações de sensores e ser programado para fornecer os resultados do monitoramento. Portanto, a implementação desse sistema de monitoramento e controle da qualidade da água via IoT, pode convergir dados para uma nuvem e proporcionar uma nova técnica para melhorar o gerenciamento

dessas informações provenientes de diferentes sensores, coletados e transmitidos por microcontrolador de baixa potência e baixo custo (Deekshath et al., 2018).

Uma grande vantagem que o sistema tecnológico tem demonstrado é a possibilidade de gerir dados de maneira transparente e em tempo real, favorecendo o gerenciamento e a gestão de forma mais eficiente, já que a tomada de decisão, mais célere, possibilita a ação imediata e remediadora, garantido mais eficiência na preservação ambiental.

## 1.2 Objetivo Geral

Editar uma minuta de decreto Estadual que permita a bonificação a título de ICMS Ecológico ao novo modelo de monitoramento automatizado e em tempo real das Estações de Tratamento de Esgoto visando garantir a conformidade dos padrões de lançamento dos efluentes nos corpos hídricos, melhorando a relação de confiança, transparência entre os cidadãos e as instituições públicas, bem como dar agilidade na tomada de decisão em eventuais danos ambientais.

## 1.3 Objetivos Específicos

1. Elaborar um panorama do entendimento contemporâneo do papel socioambiental dos recursos hídricos;
2. Investigar a literatura jurídica de modo a compreender quais dispositivos relativos à manutenção de recursos hídricos confluem com a proposta da pesquisa;
3. Caracterizar em termos jurídicos o ICMS ecológico;
4. Analisar as determinações que envolvem a concessão de ICMS ecológicos em busca de lacunas para a inserção das propostas da pesquisa;
5. Analisar a viabilidade de incorporação do novo modelo de monitoramento, tendo em perspectivas as disposições do Decreto Estadual para alocação do percentual a ser distribuído em função do ICMS Ecológico.

## 2. Justificativa

A crescente contaminação dos rios em função do crescimento populacional, ocupação desordenada, uso indiscriminado da água e o constante lançamento de efluentes sanitários nos corpos hídricos, vem acarretando a degradação qualitativa da água.

A água é o recurso natural vital para a sobrevivência no planeta e seu acesso é indispensável à saúde e a dignidade humana. Assim, para manter o equilíbrio ecossistêmico e garantir a manutenção da vida, a qualidade da água, precisa ser controlada nos seus diversos parâmetros: físicos, químicos e biológicos.

A avaliação da qualidade da água é estabelecida por indicadores determinados no Índice de Qualidade de Água – IQA, que são: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênios, nitratos, fosfatos, temperatura da água, turbidez e sólidos totais.

A coleta de amostras sistemáticas com intervalo de tempo, frente às novas possibilidades tecnológicas é obsoleto e ineficiente, pois embute uma sistemática sujeita a falhas ao longo do processo, notadamente quanto ao acondicionamento das amostras, que dependem de refrigeração adequada, resultando em um relatório de análise pouco confiável quanto a verdadeira qualidade da água e apresentando um cenário incerto da condição do corpo hídrico.

O modelo de monitoramento proposto procura através da cultura de *accountability* firmar o relacionamento de responsabilidade, transparência, ética e conformidade das condições e parâmetros ambientais da qualidade da água com o novo e complementar/alternativo modelo do processo de monitoramento da qualidade da água de forma automatizada e em tempo real.

Entre os relevantes avanços metodológicos introduzidos pela forma automatizada, está a análise e verificação dos dados gerados no momento da investigação, possibilitando a gestão eficiente do corpo hídrico agilizando a tomada de decisão, seja na construção de um sistema de melhoria de qualidade, gestão hídrica, seja na execução de ações em eventual risco e dano ambiental.

O ICMS Ecológico, que corresponde ao percentual de 2,5% do total do ICMS arrecadado pelo Estado (INEA, 2021), repassado aos Municípios como forma de recompensa pelo cumprimento de critérios de preservação e conservação ambiental torna o modelo viável para internalizar o novo processo de monitoramento em tempo real.

Dentre os critérios de conservação ambiental do ICMS Ecológico, o Índice de Tratamento de Esgoto, que utiliza os dados das Estações de Tratamento de Esgoto dos Municípios se torna um importante parâmetro para detecção da qualidade de água que é lançada no corpo hídrico.

Os municípios já percebem a alocação de recursos em atendimento ao cumprimento de critérios de preservação e conservação ambiental, o ICMS Ecológico, com o monitoramento das

Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), portadoras de licença ambiental, que realizam de forma convencional, ou seja, periódica.

De acordo com a Rede Brasil de Organismos de Bacias Hidrográficas (REBOB) os efluentes sanitários são uma das 5 (cinco) maiores fontes de poluição e por levantamento da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) existem 2 mil pontos de monitoramento de água e somente 9% (nove por cento) revela um resultado ótimo.

Para melhorar a qualidade da água de nossos rios, busca-se a edição de um Decreto Estadual que autorize o repasse de ICMS Ecológico ao novo modelo de monitoramento da qualidade da água de forma automatizada e em tempo real das Estações de Tratamento de Esgoto – ETE de todos os municípios fluminenses, consolidando o avanço tecnológico na efetiva busca pela preservação ambiental.

### 3. Materiais e Métodos

A base deste trabalho é o sistema de monitoramento proposto em X. Essa tecnologia por possibilitar a captação de dados em tempo real, sem a necessidade de amostragem e posterior análise laboratorial, sem contar o agravante do intervalo de tempo entre esses eventos. O monitoramento contínuo permite a averiguação da atenção aos parâmetros de qualidade de água exigidos pela legislação em qualquer intervalo de tempo que se busque analisar, sem contar a possibilidade de verificar oscilações nesses parâmetros, que fogem às capacidades da metodologia de análise discreta sugerida na legislação. Tais dados contínuos possibilitarão a composição de um panorama mais amplo e detalhado do corpo hídrico sobre escrutínio, vindo a contribuir com a tomada de decisões acerca de sua manutenção, tanto no cotidiano quanto em casos especiais.

Nesse sentido, este trabalho adota um expediente exploratório, de modo a reunir bibliografia tanto pertinente ao entendimento do papel que representam os recursos hídricos numa vertente socioambiental quanto às legislações pertinentes, às quais decerto deu base. Assim, por meio da revisão de literatura, buscou-se o aprofundamento no problema, proposições de cunho prático para o seu tratamento, bem como a natureza e a relevância das análises a serem realizadas. Enfim, o entendimento do que deveria ser monitorado nos corpos d'água em termos de IQA, ITE e IrTE.

No protótipo desenvolvido foram utilizados os sensores de temperatura, pH, turbidez e nível de água. Alguns componentes elétricos foram adquiridos para o bom funcionamento. A programação utilizada para calibração dos sensores ocorreu por alguns fóruns do Arduino e no próprio site. Verificou-se também a capacidade de ficarem inseridos na água por tempo indeterminado.

Etapas dos Procedimentos Metodológicos:

- ❖ Etapa 1: Busca de bibliografias sobre saneamento básico, novo marco de saneamento e dos ODS, partindo do estudo das determinações legais, bem como a utilização das ações e metas traçadas pelo Pacto Global; adequação das normativas a realidade fluminense, considerando os gargalos no setor de distribuição de água, coleta e tratamento de esgoto;
- ❖ Etapa 2: ICMS Ecológico: Analisar a estrutura legislativa do ICMS Ecológico; analisar a forma dos repasses quanto ao índice de tratamento de esgoto; analisar os repasses destinados a Estações de Tratamento de Esgoto portadoras de Licença Ambiental; analisar a viabilidade e possibilidade de inserção do modelo automatizado para fins de arrecadação de ICMS Ecológico;
- ❖ Etapa 3: Acompanhar a aplicação do Arduino que irá fazer o monitoramento da qualidade da água de forma automatizada; acompanhar os testes de qualidade de funcionamento do equipamento;

acompanhar o levantamento dos dados; acompanhar o tratamento dos dados por rede neural artificial;

❖ Etapa 4: Esboçar a minuta de Decreto Estadual.

## 4. Água no Contexto Ambiental e Humano

### 4.1 Direito fundamental a Água e Saneamento

#### 4.1.1 A água em nosso planeta

A água é um bem mineral indispensável a sobrevivência humana e a salutar qualidade de vida, essencial à manutenção dos ciclos vitais do meio ambiente. Apresenta uma reserva de aproximadamente 71% (setenta e um por cento) da superfície do nosso planeta, no entanto, apenas 3% (três cento) é de água doce e estão disponíveis para o uso humano.<sup>i</sup>

*Figura 1 - Distribuição de água na Terra*



Fonte.: Site Mundo Educação.

Ainda sobreleva mencionar que 1,8% (um virgula oito por cento) desta água doce encontra-se retida em forma de gelo na Antártida, no Ártico e nos glaciares, restando tão somente 0,7% (zero virgula por cento) para satisfazer às necessidades da humanidade e todo o ecossistema.<sup>ii</sup>

A distribuição da água doce é desigual na superfície da Terra, onde 43% (quarenta e três por cento) do bem mineral disponível, concentram em apenas 5 países: Brasil, Rússia, Canadá, EUA e China, revelando um cenário de escassez vez que insuficiente a disponibilidade de uso para a população existente.

Figura 2 - Maiores Reservas mundiais de água doce



Fonte.: Banco Mundial, 2022.

O Brasil possui a maior quantidade de água doce do planeta, tendo 12% (doze por cento) do total existente. Apesar das maiores reservas de água no território brasileiro, 16% (dezesesseis por cento) da população nacional ainda sofre com total carência e indisponibilidade.<sup>iii</sup>

A bacia hidrográfica do Amazonas e Orinoco é a que detém maior concentração de água doce (15% (quinze por cento) do escoamento total da terra, o lago Baikal, na Sibéria (Rússia) é o lago com maior volume de água do mundo, cerca de 20% (vinte por cento) de toda a água que esta retida em forma de gelo, retratando um cenário desafiador frente a desigual distribuição.<sup>iv</sup>

Figura 3 - Concentração de água doce nos rios

Rios	ESCOAMENTO TOTAL NUM ANO (KM <sup>3</sup> )	ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA (KM <sup>2</sup> )
Amazonas e Orinoco	6 500	7 930 000
Yangtze	1 000	1 808 500
Brahmaputra	900	651 334
Yenisey	620	2 580 000
Irrawaddy	500	413 710
Ob	500	2 972 497
Mekong	450	795 000
Lena	450	2 500 000
Fly e Sepik	300	156 321
Mackenzie	250	1 805 200
Yukon	150	854 696
Douro	23	97 600
Tejo	17	80 600
Minho	12	17 080
Guadiana	7	6 800
Lima	4	2 480

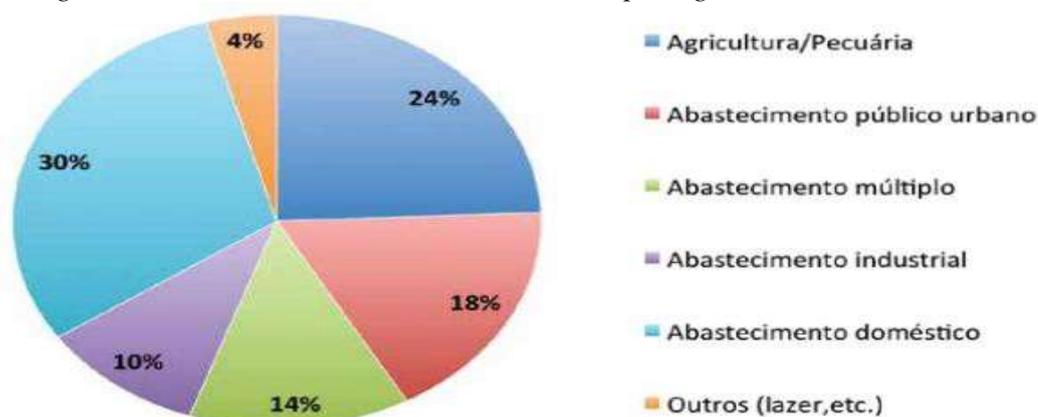
Fonte: Conselho Nacional de Água de Lisboa

Uma parcela significativa de água doce, encontram-se nos depósitos subterrâneos situados abaixo da superfície do solo, preenchendo completamente os poros das rochas e dos sedimentos, e constituindo assim os chamados aquíferos. As águas subterrâneas representam 97% das águas doces e líquidas do planeta, o que torna os aquíferos o maior reservatório de água potável da humanidade. (HIRATA, 2019).<sup>v</sup>

Segundo a ANA (2010), 52% dos 5.570 municípios brasileiros são abastecidos total (36%) ou parcialmente (16%) por águas subterrâneas. No Brasil, 90% dos rios são alimentados por águas subterrâneas (ANA 2017a). Geralmente em áreas tropicais, o fluxo de base representa 30-40% do total de vazão de um rio.

Inúmeras atividades econômicas utilizam as águas subterrâneas para suprir suas necessidades pelo país (Figura 4), sendo o seu uso distribuído entre atendimento doméstico (30%), agropecuário (24%), abastecimento público urbano (18%) e abastecimento múltiplo (14%), cujo destino é em grande parte diversificado para a prestação de serviços urbanos.<sup>vi</sup>

*Figura 4 - atividades econômicas sustentadas por água subterrânea*



Fonte: Perfil de usuários de água subterrâneas no país (CPRM, 2018).

A gestão dos recursos hídricos frente a interferência humana é vital para se determinar o futuro da humanidade. O crescimento demográfico aumenta significativamente com o passar dos anos, mas para que a água não seja um fator limitante de desenvolvimento imperioso que a gestão seja de forma integrada e participativa.

O planejamento e uso do finito recurso de água do qual dispusemos, desde que bem gerida, é suficiente para o cenário de crescimento demográfico. Ainda encontramos um retrato intolerável de pessoas que se encontram em estado de vulnerabilidade, visto a situação de pobreza e as lástimas condições de falta de água e esgoto sanitário, tornando o monitoramento uma ferramenta importante e aliada a gestão dos rios no Brasil.

#### 4.1.2. O Relatório Brundtland e as premissas do Desenvolvimento Sustentável

A Década de 70, ainda na efervescência da mudança sociocultural tida na Revolução Industrial, foi palco de diversas conferências internacionais documentadas por meio de declarações e convenções atinentes ao Meio Ambiente. Foram debatidos temas como a água, clima, proteção da biodiversidade

e desenvolvimento sustentável, na busca de um esforço internacional comum, integrado e conectado com a proteção ambiental. A Conferência de Cúpula realizada em Estocolmo, em 1972, sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, foi a pedra fundamental para o Direito Ambiental, onde novos horizontes foram traçados para que o crescimento econômico estivesse aliado a proteção ambiental.

Em conjunto, os Estados Membros, discutiram e aprovaram diretrizes comuns para encarar os problemas relacionados ao uso dos recursos naturais, frente aos impactos no meio ambiente originados de processos industriais e relacionados à exploração predatória da natureza, assim fez emergir a seguinte reflexão:

O homem tem o direito fundamental à liberdade à igualdade e ao desfrute de condições de vida adequadas, em um meio ambiente de qualidade tal que lhe permita levar uma vida digna, gozar de bem-estar e é portador solene de obrigação de proteger e melhorar o meio ambiente, para as gerações presentes e futuras. (...). O desenvolvimento econômico e social é indispensável para assegurar ao homem um ambiente de vida e trabalho favorável (...). É indispensável um trabalho de educação em questões ambientais, visando tanto às gerações jovens como os adultos, dispensando a devida atenção ao setor das populações menos privilegiadas, para assentar as bases de uma opinião pública bem informada e de uma conduta responsável dos indivíduos, das empresas e das comunidades (...). (ONU, 2022).

O olhar da comunidade internacional para o processo de desenvolvimento que se debruçava sobre seus ombros veio revestido de um senso humanitário onde o direito do homem de desfrutar de um meio ambiente de qualidade, de forma que lhe permita uma vida digna, venha acompanhado com a obrigação de proteger e melhorar o meio ambiente para as gerações presentes e futuras como uma nova ordem mundial.

O Brasil mesmo signatário da Declaração sobre o Meio Ambiente Humano, não conseguiu implementar de forma adequada os princípios norteadores do acordo. O panorama da política brasileira, ao tempo dos governos militares, era baseado no desenvolvimentismo onde as questões ambientais caminhavam distantes da preocupação ambiental, e não havia mecanismos de execução forçada para o cumprimento das diretrizes, como é característico das chamadas *softs law* (*sem força vinculativa*).

No Relatório Brudatland, mais conhecido como “Nosso Futuro Comum”, por meio da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, definiu o conceito de Desenvolvimento Sustentável como sendo: “o desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades” (CMMAD, 1998).

A Comissão tinha a importante tarefa de propor recomendações e fazer emergir uma agenda de conciliação entre o desenvolvimento e o meio ambiente. Surgiram no mundo como reflexo desta agenda movimentos sociais e o ativismo com os denominados “partidos verdes” e um crescimento considerável de ONGs como atores importantes para a implementação deste conceito.

O conceito de desenvolvimento sustentável foi internacionalizado pelos Estados Membros que ratificaram o compromisso e hoje são claramente visíveis no ordenamento jurídico constitucional, a exemplo as constituições Portuguesa, primeira a elevar o meio ambiente à categoria de direitos fundamentais e ao mesmo passo seguiu-se o Brasil como se observa dos ditames do art. 225 da Constituição Federal:

“...**Art. 225.** Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. ”

#### 4.1.3. O Direito Humano a Água: Resolução A/RES/64/292 da ONU

O marco normativo da água no cenário internacional pode ser visto através do Tratado de Paris de 1814 e pelo Ato Final do Congresso de Viena de 1815 que elevou o bem mineral a uma posição de destaque. O Direito de acesso a água potável como condição de dignidade da pessoa humana e fundamental para o bem-estar foi preconizado no art. 11 do Pacto Internacional Relativo aos Direitos Econômicos, Sociais e Culturais (PIDESC) firmado em 1966: “o direito de toda a pessoa a um nível de vida adequado para si próprio e sua família, inclusive à alimentação, vestimenta e moradia adequadas, assim como a uma melhoria contínua de suas condições de vida. (AMORIM, 2015).

Na década de 60 surge um novo paradigma quanto ao uso da água sob a ótica da geração de energia elétrica evocando a preocupação com a cooperação e o uso compartilhado e equitativo deste bem mineral. A conservação da água e do meio ambiente integra o escopo da regulamentação jurídica e do seu aproveitamento econômico. A Carta Europeia da Água de 1968 foi a primeira a refletir a importância da água e do meio ambiente como um elemento que necessitava de uma análise detida e atenciosa das nações frente ao avanço do desenvolvimento econômico e que o debate deveria ser de ordem global, pois tratava claramente sobre o abastecimento de água potável nos países.

A mudança de pensamento veio com a Conferência de Estocolmo de 1972, pois a questão ambiental foi tratada como condicionante ao desenvolvimento econômico na agenda política internacional. A preocupação de se adotar um regime jurídico para a água doce que atendesse ao acesso equitativo e a gestão humanitária do recurso vital.

A partir deste novo paradigma, em 1977 em Mar Del Plata, foi realizada pela ONU a primeira Conferência guiada ao debate da problemática do uso racional da Água, firmando o posicionamento de que os Estados deveriam ter políticas públicas claras e eficientes quanto a gestão dos recursos hídricos com o fim de garantir a população o acesso a água potável e ao saneamento básico. (ONU, 2022)

A segunda grande Conferência internacional sobre a Água foi realizada em Dublin em 1992, com a missão de reconhecer a água potável, como um direito fundamental e essencial a garantia da vida na Terra. (ONU, 2022). Em 2002, o Comitê das Nações Unidas para os Direitos Econômicos, Sociais e Culturais adotou o comentário geral nº 15, sobre o direito a água afirmando que: “O Direito Humano a água prevê que todos tenham água suficiente, segura, aceitável, fisicamente acessível e a preços razoáveis para usos pessoais e domésticos” (ONU, 2022). O acesso universal ao saneamento é: não apenas fundamental para a dignidade da pessoa humana e a privacidade, mas também um dos principais mecanismos de proteção da qualidade” dos recursos hídricos. (ONU, 2022).

Em 28 de julho de 2010, a Assembleia Geral das Nações Unidas, através da Resolução nº A/RES/64/292vii, declarou a água limpa e segura e o saneamento um direito humano essencial para gozar plenamente a vida e todos os outros direitos humanos. (ONU, 2022). A Assembleia clamou aos Estados Membros e a organismos internacionais a oferta de financiamento, recursos e tecnologia aos países em desenvolvimento para que fosse possível o acesso a água potável e ao saneamento aos mais pobres. A resolução expressa a preocupação concernente a situação de que cerca de 884 milhões de pessoas não possuem acesso a água potável e as mais de 2,6 bilhões de pessoas não terem acesso a saneamento básico. (ONU, 2022).

Estudos também mostram que cerca de 1,5 milhão de crianças de até cinco anos de idade morrem a cada ano devido a doenças decorrentes de problemas com água e saneamento. (ONU, 2022). O compromisso dos Estados membros e dos organismos internacionais de cumprir a difícil tarefa de reduzir os dados alarmantes de falta de acesso a água potável e ao saneamento foi documentado através do objetivo de desenvolvimento do milênio 7 – ODM.

#### 4.1.4. Objetivos de Desenvolvimento do Milênio – ODM

Partindo de um cenário em que 884 milhões de pessoas no mundo não tinham acesso a água potável segura e 2,6 mil milhões de pessoas não tinham acesso a saneamento básico, ou seja, 40% (quarenta por cento) da população mundial, trouxeram à baila a necessidade de se tomar providências mútuas para contornar o drástico retrato de desigualdade. (ONU, 2022).

Assim organismos mundiais em um esforço mútuo, em 2010, por meio da Declaração do Milênio das Nações Unidas, busca o desenvolvimento de uma nação sob o prisma de setores e temas atinentes ao Meio Ambiente, Direitos Humanos e das Mulheres, Igualdade Social e Racial. Surge assim os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio – ODM, com 8 (oito) objetivos, 21 (vinte e uma) metas a serem mensuradas e comparadas por meio de 60 indicadores. Lançada em 2000, durante a Cúpula do Milênio e com a adesão de 191 nações, dentre ela o Brasil, a proposta visa mitigar os maiores problemas mundiais verbalizadas em metas para tornar o mundo mais justo e igualitário até 2015, que são:

- ODM 1: Acabar com a fome e a miséria
- ODM 2: Oferecer educação básica de qualidade para todos
- ODM 3: Promover a igualdade entre os sexos e a autonomia das mulheres
- ODM 4: Reduzir a mortalidade infantil
- ODM 5: Melhorar a saúde das gestantes
- ODM 6: Combater a Aids, a malária e outras doenças
- ODM 7: Garantir qualidade de vida e respeito ao meio ambiente
- ODM 8: Estabelecer parcerias para o desenvolvimento

Figura 5: Objetivos de Desenvolvimento do Milênio

Figura 5 - Objetivos de Desenvolvimento do Milênio



A meta do Objetivo de Desenvolvimento do Milênio - ODM 7 apela para: “reduzir para a metade, até 2015, a proporção de população sem acesso sustentável a água potável segura e a saneamento básico. Assim a água potável segura e o saneamento adequado são fundamentais para a redução da pobreza, para o desenvolvimento sustentável e para a prossecução de todos e cada um dos objetivos do Milênio. (ONU, 2022). No Brasil o ODM ganhou força quando o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, em conjunto com a sociedade civil e a iniciativa privada se uniram em prol do Movimento Nacional pela Cidadania e Solidariedade se propondo melhorar as condições de vida das pessoas como a erradicação da pobreza e a proliferação da AIDS.

O Brasil obteve significativo avanço no cumprimento das metas dos ODMs e para isso obteve ajuda da sociedade civil organizada na construção e execução de políticas públicas que mostraram efetivo sucesso na melhoria dos indicadores.No entanto, em relação ao ODM 7, não obteve o resultado esperado pois a população está longe de se alcançar a tão almejada universalização quanto ao saneamento, vejamos os dados apresentado pelo governo brasileiro através de seu Portal de transparência:

“... A taxa de desmatamento da Amazônia entre agosto de 2010 e julho de 2011 foi a menor registrada desde a primeira medição feita pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em 1988. A área de 6.418 km<sup>2</sup> desmatada no período é 76,9% menor do que a registrada em 2004, quando foi criado o Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal. Atualmente, 81,2% da floresta original da Amazônia permanecem conservados.

Em relação aos compromissos de Copenhague, O Brasil já havia reduzido a emissão de gases de efeito estufa em 19,2%, até 2011, apenas como efeito da diminuição do desmatamento na Amazônia. É mais que a metade da meta voluntária, de 36,1%, a ser alcançada em 2020. Quanto ao desmatamento, o compromisso é alcançar uma redução de 80% em relação à média anual registrada entre 1996 e 2005. A queda do desmatamento já corresponde a 67% dessa meta.

O Brasil pode contar ainda com 75,1 milhões de hectares de Unidades de Conservação Ambiental federais. A homologação de terras indígenas já atinge 109,77 milhões de hectares, cerca de 12,9% do território nacional. As terras indígenas são responsáveis pela preservação de 30% da biodiversidade brasileira.

Até maio de 2012, 23 mil famílias que vivem ou trabalham em florestas nacionais, reservas federais extrativistas ou de desenvolvimento sustentável e assentamento ambientalmente sustentáveis estavam recebendo o pagamento trimestral de R\$ 300 (trezentos reais) para que continuem realizando a conservação de ativos ambientais.

O Brasil já atingiu as metas dos Objetivos do Desenvolvimento do Milênio relativas ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário. De uma forma geral, o Brasil ruma à universalização do acesso ao abastecimento de água no meio urbano, com aproximadamente 91,9% dos domicílios ligados à rede de abastecimento; se considerarmos o abastecimento de água por poço também como adequado, a cobertura passa para aproximadamente 97,4% (Censo 2010). No semiárido foram entregues 83.258 cisternas em 2011. Até julho de 2012 foram entregues 40.033. As cisternas construídas em 2011 e 2012 estão beneficiando 123 mil famílias.

No caso do esgoto, no entanto, ainda estamos longe da universalização. O total ligado à rede coletora ou à solução individual por fossa séptica é de 75,3% (Censo 2010).”

#### 4.1.5. Agenda 2030 – ODS

A Declaração do Milênio veio com a missão de resolver os problemas da época e algumas metas necessitavam de adequação à nova realidade, e a ONU, realizou consulta pública aberta por meio de sua plataforma “on line” “My word” a fim de traçar uma nova agenda global de desenvolvimento. (ONU, 2022). Em 2015 foi lançado um plano ousado, pela ordem dos 5 (cinco) Princípios diretores: Pessoas, Planeta, Prosperidade, Paz e Parcerias, erigido pelo tripé da sustentabilidade social, econômica e ambiental, para que o desenvolvimento sustentável seja inserido como norteador de políticas públicas em todo o mundo. (ONU, 2022). Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS são um plano de ação que busca fortalecer a paz universal e erradicar a pobreza em todas as suas formas e dimensões. É uma proposta para as pessoas, o planeta e a prosperidade. (ONU, 2022). O lema é: “Ninguém pode ficar de fora!”, por isso foram construídos contemplando as cinco áreas de importância crucial para a humanidade e o planeta: Pessoas, Planeta, Prosperidade, Paz e Parcerias. (ONU, 2022).

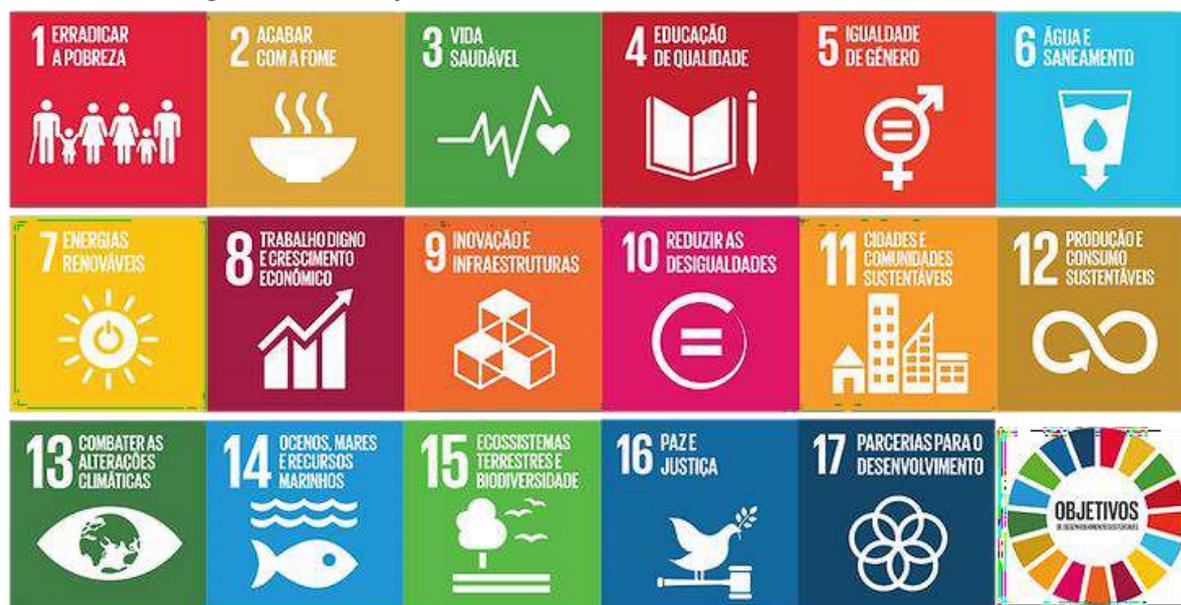
Figura 6 - Os 5 Ps da Sustentabilidade



Fonte: ONU, 2022

Para isso foram apresentadas propostas traçadas por meio de metas e ações para mitigar os problemas que aflige a todas as nações mundiais, concretizadas a partir da criação de objetivos de desenvolvimento sustentável. O Brasil e mais 190 Estados Membros aderiram as propostas apresentadas com um horizonte até 2030.

Figura 7 - Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável



Fonte: ONU, 2022.

Esse é um esforço conjunto, de países, empresas, instituições e sociedade civil. Os ODS buscam assegurar os direitos humanos, acabar com a pobreza, lutar contra a desigualdade e a injustiça, alcançar a igualdade de gênero e o empoderamento de mulheres e meninas, agir contra as mudanças climáticas, bem como enfrentar outros dos maiores desafios de nossos tempos. O setor privado tem um papel essencial nesse processo como grande detentor do poder econômico, propulsor de inovações e tecnologias influenciador e engajador dos mais diversos públicos – governos, fornecedores, colaboradores e consumidores. (Pacto Global, 2022).

A água é elemento indispensável a sobrevivência no planeta e o objetivo de desenvolvimento sustentável 6 assume um papel importante na agenda mundial uma por ser transversal e capilar a todos os outros ODS e outra por assegurar a população uma vida digna. A preocupação do acesso à água potável e saneamento ultrapassa a esfera Nacional de um País, reflete um problema mundial, onde a internalização destes objetivos são a nova ordem mundial.

No Brasil a Agência Nacional de Água e Saneamento Básico, responsável pela regulação dos serviços emite um relatório apresentando a evolução dos indicadores e uma visão estratégica do cumprimento das ações e metas delineadas no plano.

O cenário de disponibilidade dos recursos hídricos, as demandas e uso da água para as atividades humanas, as ações de conservação dos ecossistemas aquáticos, redução de desperdícios e acesso ao abastecimento de água, esgotamento sanitário e tratamento de esgoto foram avaliados levando em consideração os indicadores e a metodologia ditada pela ONU. (ANA, 2022).

Figura 8 - Segundo Relatório de Indicadores do ODS 6



Fonte: ANA, 2022

O volume de dados informados e os esforços empregados para a sua sistematização resultou em repercussões bastante positivas, como no caso do indicador 6.3.2, que trata da qualidade das águas. Particularmente para o Brasil, com dimensões continentais e grandes diferenças inter-regionais, que se evidenciam em um território que abrange mais de 8,5 milhões de km<sup>2</sup>, são ainda maiores os obstáculos a serem superados para “assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e saneamento para todos”. Contudo, os caminhos vêm sendo trilhados, conforme se constata em comparação da performance do País com as de outros países de contexto socioeconômico equivalente. (ANA, 2022).

A Plataforma “Ação pela Água” visa colaborar para a construção de uma agenda de governança em água, onde apresenta estatísticas da realidade a fim de subsidiar a tomada de decisões na busca de se desenvolver projetos com o objetivo de atingir as metas dos ODS 6 e melhorar os níveis apresentados. Esses dados, nortearão os novos caminhos, a serem trilhados para a proteção de nascentes, rios e bacias, cooperação internacional, bem como no desenvolvimento de tecnologias de tratamento de água.

No Brasil passos no sentido de se desenvolver tecnologias de tratamento de água, são exemplos de ações voltadas ao compartilhamento de inovações, onde apresentamos 5 (cinco) delas que vieram auxiliar o saneamento básico aqui no Brasil, quais sejam:

- **A utilização de processos com biomassa aeróbica granular**, nomeada “Nereda” pela empresa que a desenvolveu, introduzida no país pela BRK Ambiental. Cujo objetivo principal é a remoção não só da matéria orgânica, assim como do fósforo e do nitrogênio, colaborando para a preservação dos recursos hídricos.
- **Sistema MBBR (Moving Bed Rio-Reactor)** que consiste na utilização de pequenas peças plásticas introduzidas dentro dos reatores, criando uma maior população de microrganismos que auxilia no tratamento.
- **Membranas filtrantes de água**, utilizada em substituição aos filtros de areia, permitindo uma redução significativa da área ocupada pela estação de tratamento de água (ETA). Todavia para a implementação desta tecnologia, demanda um custo muito alto.
- **Medidores online de qualidade de água**, por meio de sensores online ligados a um display, para a obtenção de informações quanto à temperatura, concentração de sais, cor, turbidez, ph, cloro residual, dentre outras. Facilitando o controle das etapas de tratamento da água e esgoto
- **Programas de redução de perdas de água tratada**, utilização de sensores de pressão, sistemas acústicos e até imagens de satélites, onde os algoritmos gerados servirão de base para encontrar as anormalidades da rede e realizar os devidos reparos (PORTAL SANEMANETO BÁSICO, 2019, *on-line*).

Todas as tecnologias acima apresentadas buscam otimizar o processo e substituir os tratamentos convencionais no intuito de ocupar menos espaço para as instalações das Estações de Tratamento de Esgoto – ETE - reduzir o gasto com energia e firmar a operacionalidade do processo de forma mais automatizada.

Esta pandemia impactou fortemente a Agenda 2030. Ampliou a pobreza e a desigualdade social, limitou a disponibilidade de serviços médicos e gerou prejuízos à saúde da população mundial. A crise gerou reflexão da necessidade de mudança generalizada de comportamento para que o mundo, mesmo com todas essas dificuldades, consiga atingir os ODS nesses 10 anos que ainda temos pela frente, até 2030. Como a maior iniciativa de sustentabilidade corporativa do mundo, o Pacto Global está buscando mobilizar as empresas em ações de apoio neste momento tão crítico da sociedade brasileira e mundial.

## 4.2 A regulamentação brasileira das águas

### 4.2.1 Garantia Constitucional

No Brasil, desde a Constituição Imperial de 1824, havia uma preocupação com as águas, que afirmava que os rios pertenciam à coroa. O Código Penal de 1890 ocupava-se com a proteção das águas, cujo artigo 162 previa a penalidade para o cidadão: “Corromper ou conspurcar a água potável de uso comum ou particular, tornando-a impossível de beber ou nociva à saúde. Pena: prisão de 1 (um) a 3 (três) anos”. (Planalto, 2022).

A Constituição da República dos Estados Unidos do Brasil de 1891<sup>viii</sup> indicou as competências legislativas federais e estaduais sobre as águas. O Código Civil de 1916, continha um capítulo com sete artigos, do 563 ao 568, que tratava das águas. Mas, não regulamentava o domínio das águas, apenas

o direito de vizinhança e a utilização da água como um bem essencialmente privado e de valor econômico limitado. Assim, ao proprietário assegurava-se o uso da água como desejasse, limitando apenas a respeitar os direitos de vizinhança. (Araújo, Barbosa, 2008).

Em que pese a relevância das iniciativas anteriores, pode-se dizer que no Brasil o efetivo incremento da tutela do meio ambiente decorreu da Constituição de 1988. A Constituição estabeleceu as atribuições dos entes políticos de proteger o meio ambiente; previu a matriz principiológica, que está delineada em diversos dispositivos, entre os quais, o artigo 170, que fixou, como princípio da Ordem Econômica, a defesa do meio ambiente, e, no título da Ordem Social, no capítulo próprio sobre o meio ambiente, firmou os ditames da prevenção e os laços do compromisso ético das presentes gerações de legar o acesso aos recursos ambientais às gerações futuras.(JAPIASSÚ, 2017).

A Constituição Federal de 1988 não traz de forma explícita o direito a água potável e ao saneamento básico como direitos fundamentais, no entanto, esses direitos aparecem de forma explícita no direito à vida, à saúde e à dignidade da pessoa humana do art. 196 da Constituição de República.

Sobreleva mencionar que o art. 5º, §2º da Constituição Federal, que trata dos direitos e garantias fundamentais destaca que: “os direitos e garantias expressos nesta Constituição, não excluem outros decorrentes do regime e dos princípios por ela adotados, ou dos tratados internacionais em que a República Federativa do Brasil seja parte. ”

Mesmo não sendo um direito fundamental em nosso ordenamento jurídico, o acesso a água potável e ao saneamento básico deve ser reconhecido a partir da aplicação dos princípios da não tipicidade dos direitos fundamentais e da dignidade da pessoa humana.

Com este reconhecimento e proteção, o acesso a água potável e ao saneamento devem ser assegurados pelo Poder Público em quantidade e qualidade suficientes a atender a população, como se depreende da leitura dos artigos 21, XX, 23, IX, 30 e 200 da Constituição Federal.

**“...Art. 21. Compete à União:**

[...]

XX - Instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transportes urbanos;

**Art. 23. É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios:**

[...]

IX - Promover programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico;

**Art. 30. Compete aos Municípios:**

I – Legislar sobre assuntos de interesse local;

II – Suplementar a legislação federal e a estadual no que couber

**Art. 200. Ao sistema único de saúde compete, além de outras atribuições, nos termos da lei:**

[...]

IV - Participar da formulação da política e da execução das ações de saneamento básico;**(grifo nosso)**  
(Planalto, 2022).

Convém ainda mencionar a existência de dispositivos infraconstitucionais, cujo o acesso a água potável e ao saneamento é alçado ao patamar de direito fundamental como é o caso da Lei Federal de nº 11.346/2006, Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional, que considera a água como alimento. (OAB, 2021).

Com o reconhecimento do direito humano a água potável e Saneamento básico pela Resolução ONU de nº A/ RES/64/292, como direitos essenciais para o gozo pleno da vida no planeta. No Brasil, encontra-se em tramitação o PEC nº 04 de 2018 (PEC da Água Potável), que pretende incorporar, em nossa Constituição da República, tais direitos á alçada e categoria de direitos e garantias fundamentais. (SENADO, 2020).

Elevar a água ao status de direito fundamental, nas palavras de Paulo de Bessa Antunes “é um importante marco na construção de uma sociedade democrática e participativa e socialmente solidária”. (ANTUNES, 2011).

O reconhecimento da água como direito fundamental depende de se estabelecer uma política efetiva de universalização de direito à água e o novo marco de saneamento, Lei nº 14.026/2020, surgiu como um importante instrumento indutor desse direito.

Assim, reconhecer a água como direito fundamental consiste em atribuir ao Estado o dever de garantir um mínimo essencial à sadia qualidade de vida, das presentes e futuras gerações. (BRASIL, 1988).

A Declaração Universal dos Direitos da Água revela que “a água é a seiva de nosso planeta, ela é condição essencial de vida de todo vegetal, animal ou ser humano”. (ONU, 2014) e assim mecanismos normativos importantes estão sendo desenhados, no cenário brasileiro, para que esse direito seja reconhecido.

#### 4.2.2 Código de Águas

Em 1934, por meio da edição do Decreto nº 24.643 se consolida em berço nacional, o Código das Águas, com o fim de regimentar o uso e a qualidade das águas, bem como o de estabelecer as diretrizes que permitam ao poder público, controlar e incentivar o aproveitamento industrial das Águas.

A primeira versão que surgiu em 1907 tinha a missão de editar medidas reguladoras de gestão e aproveitamento hidro energético, frente ao crescimento agrícola no Brasil (SARAIVA, 2019, p.21).<sup>ix</sup>

O Código das águas de 1934, já em tenra idade, não deixa de ser atual porque classifica as categorias jurídicas, discrimina os usos e delimita os preceitos e sobretudo assegura o interesse geral da sociedade. Ele permanece até hoje como instrumento legal básico da regulamentação do setor de águas e energia elétrica e sobretudo cumpre o seu papel na proteção da qualidade das águas. Ainda pode ser considerado como um marco para gestão dos recursos hídricos no Brasil, pois surgiu no momento de rompimento entre a fronteira agrícola para a industrial, em especial, com a energia elétrica, que era a principal fonte de desenvolvimento para a unidade fabril, sem dizer que a hidrologia do Brasil proporciona a opção de geração hidrelétrica até os dias de hoje. (TOLMASQUIM, 2012).

Podemos destacar também como um dado importante é a determinação dos mecanismos de intervenção governamental para garantir a qualidade dos corpos hídricos e seus mananciais. Mesmo sendo o modelo de gestão baseado no uso da água, com a instituição das Secretarias Especiais de Meio Ambiente (SEMA), o processo de separação entre o tratamento legal e a proteção quanto ao aspecto da qualidade passaram à responsabilidade dos órgãos ambientais. (CONAMA, 2005).

#### 4.2.3 Política Nacional de Meio Ambiente

Os anos 70 e 80 foram palcos de intensas transformações, principalmente com o fim do regime militar, e foi nesse cenário, que foi sancionada a Política Nacional de Meio Ambiente, Lei 6.938/81, tentando refletir um sentimento de equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a preservação do Meio Ambiente cuja busca foi dar corpo e musculatura na estrutura do Sistema Nacional do Meio Ambiente.

As queimadas na Amazônia em 2019, a devastação do Pantanal em 2020, que atingiu 30% do bioma brasileiro, o compromisso do Brasil na plena adoção dos mecanismos ditados no Acordo de Paris – Conferência sobre Mudanças Climáticas -o desmonte de órgãos ambientais e uma reafirmação da proposta do Brasil na Eco 92, sustentada no desenvolvimento sustentável marcam os 40 anos da Política Nacional de Meio Ambiente.

A Política Nacional de Meio Ambiente é o primeiro diploma legal no direito positivo que consolidou a integração das políticas ambientais que por anos no Brasil eram tratadas de forma pontual e veio disciplinar de maneira sistematizada o Meio Ambiente.

A principal intenção da Política Nacional do Meio Ambiente era a manutenção e preservação do meio ambiente natural, assegurando condições dignas para uma vida saudável, associadas ao desenvolvimento sustentável e econômico com o fito ao equilíbrio ambiental.

As políticas públicas ambientais vêm sofrendo constantes modificações e aprimoramento ao longo dos anos e esta evolução é fruto de debates que buscam um caminho mais condizente com o momento atual sem deixar de lado a preservação.

#### 4.2.4. Política Nacional de Recursos Hídricos

Instituída pela Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, Lei das Águas, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) estabeleceu instrumentos para a gestão dos recursos hídricos de domínio federal e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). (SARAIVA, 2019).

Conhecida por seu caráter descentralizador, por criar um sistema nacional que integra União e Estados; e participativo, por inovar com a instalação de comitês de bacias hidrográficas que une poderes públicos nas três instâncias, usuários e sociedade civil na gestão de recursos hídricos. A PNRH é considerada uma lei moderna que criou condições para identificar conflitos pelo uso das águas, por meio dos planos de recursos hídricos das bacias hidrográficas, e arbitrar conflitos no âmbito administrativo. (Martins, 2020).

A Lei nº 9.433/97, deu outro passo importante ao tornar a gestão dos recursos hídricos mais eficiente quando estabeleceu como fundamento o respeito de todos os entes aos usos múltiplos da água, a determinação da prioridade quanto ao abastecimento humano e a dessedentação animal em casos de escassez.

O acompanhamento da evolução da gestão dos recursos hídricos em escala nacional é feito por meio da publicação do Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos, que a cada quatro anos faz um balanço da implementação dos instrumentos de gestão, dos avanços institucionais do Sistema e da conjuntura dos recursos hídricos no País. (ANA, 2021).

A Lei da Água apresenta os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, que são os Planos de Recursos Hídricos e enquadramento dos corpos de água em classes; Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; Cobrança pelo uso de recursos hídricos e o Sistema Nacional de Informações

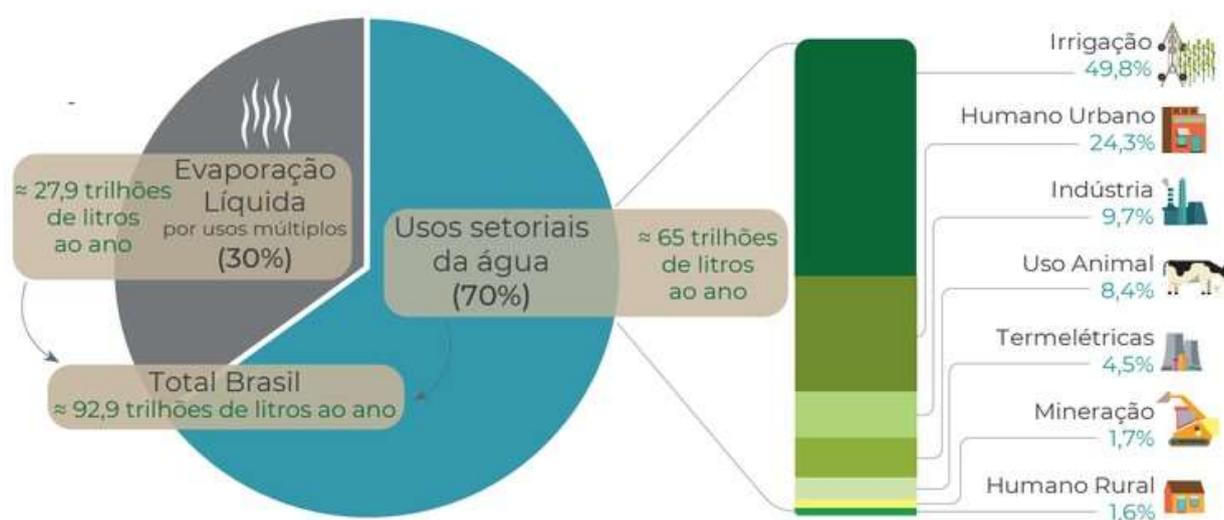
sobre Recursos Hídricos, cuja as informações obtidas com o monitoramento da qualidade da água automatizada e em tempo real, nos municípios, serão supedâneo para a tomada de decisão da Agência Nacional de Águas e Saneamento, que terá o acesso em tempo real de todos os parâmetros de qualidade da água monitoradas de forma automatizada.(ANA, 2021).

#### 4.2.5. Uso da água

No Brasil, a água é utilizada principalmente para irrigação de lavouras, abastecimento público, atividades industriais, geração de energia, extração mineral, aquicultura, navegação, turismo e lazer. Cada uso depende e pode afetar condições específicas de quantidade e de qualidade das águas. (ANA, 2022).

Os usos podem ser classificados em consuntivos (que retiram e consomem água, como o industrial) e não consuntivos (não consomem diretamente, mas dependem da manutenção de condições naturais ou de operação da infraestrutura hídrica, como o turismo e o lazer). Cerca de 93 trilhões de litros de água são retirados anualmente de fontes superficiais e subterrâneas para atender aos diversos usos consuntivos múltiplos e setoriais. A evaporação líquida, a irrigação, a termoeletricidade e algumas indústrias apresentam forte sazonalidade, ou seja, o consumo de água pode variar expressivamente dentre os meses de um mesmo ano. (ANA, 2022).

*Figura 9 - Diferentes usos da água  
Retirada de água no Brasil - 2019*



Fonte: Senado, 2022.

O conhecimento sobre os usos da água é constantemente aprimorado por meio de levantamentos, estudos setoriais e cadastros de usuários. Para que vários setores usufruam da água, a ANA realiza estudos e emite normas que garantem o acesso aos recursos hídricos. (ANA, 2022).

Na área de Usos da Água do SNIRH (Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos) estão organizados estudos, painéis de indicadores, mapas interativos, ferramentas e metadados, garantindo ampla acessibilidade aos conteúdos produzidos pela ANA e parceiros. Na área de Regulação e Fiscalização do SNIRH também podem ser acessadas informações sobre os cadastros e outorgas de uso da água. O Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil apresenta, anualmente, um panorama atual e as principais novidades sobre o tema, de forma sintética e mais acessível para o público em geral.(ANA, 2022).

## 5 Dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos

Os Instrumentos de Gestão são ferramentas utilizadas para organizar e regulamentar o sistema de gestão de recursos hídricos.

### 5.1 Os Planos de Recursos Hídricos

São planos diretores que visam fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos. São planos de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos. (ANA, 2022).

Os Planos de Recursos Hídricos deverão ser elaborados por bacia hidrográfica, por Estado e para o país. Vale salientar que uma bacia hidrográfica nem sempre respeita os limites municipais, estaduais ou nacionais, pois o que define uma bacia hidrográfica é o conjunto de terras que fazem a drenagem da água das precipitações para cursos de água e rios menores que deságuam em rios maiores (afluentes). (ANA, 2022).

Essa área é delimitada por um divisor de águas que separa as bacias e são os desníveis do terreno que orientam os cursos da água, portanto, eles podem ultrapassar os limites territoriais. Os Planos devem ter o seguinte conteúdo mínimo:

- Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos;
- Análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo;
- Balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais;
- Metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis;
- Medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas;
- Prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos;

- Diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos;

- Propostas para a criação de áreas sujeitas à restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos (ANA, 2022).

## 5.2. Enquadramento dos corpos hídricos

A Resolução CONAMA nº 357/2005, apresenta como instrumento de gestão o enquadramento dos corpos hídricos que visa o estabelecimento de meta ou objetivo de qualidade da água (Classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos ao longo do tempo. (CONAMA, 2005).

As classes de corpos de água são estabelecidas pela legislação ambiental e seguidas por todo o Sistema de Gerenciamento Nacional de Recursos Hídricos. Os objetivos dessa classificação são:

- Assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas;
- Diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.

As principais regulamentações para o enquadramento dos corpos de água são resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH):

- Resolução CONAMA nº 357/2005 – Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Alterada pelas Resoluções nº 370, de 2006, nº 397, de 2008, nº 410, de 2009, e nº 430, de 2011. Complementada pela Resolução nº 393, de 2009.

- Resolução CNRH nº 91/2008 – procedimentos gerais para enquadramento de corpos d'água superficiais e subterrâneos (BRASIL, 2014).

- Resolução CONAMA nº 396/2008 – enquadramento de águas subterrâneas (BRASIL, 2008).

## 5.3. Outorga

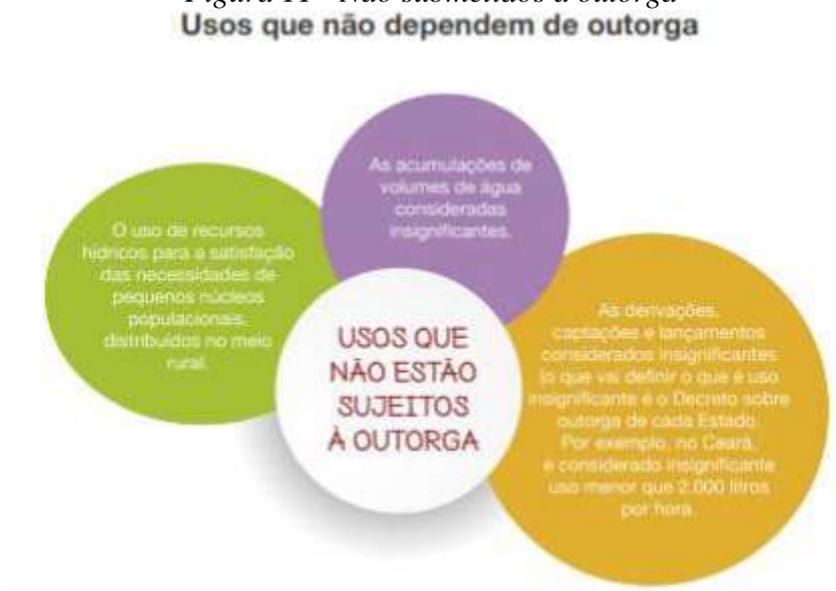
Outorga significa “concessão”, “aprovação”, ou seja, o ato ou efeito de outorgar. Toda outorga é condicionada às prioridades de uso estabelecidas no Plano Nacional de Recursos Hídricos e deve respeitar a classe em que o corpo de água estiver enquadrado, respeitar a manutenção de condições adequadas ao transporte aquaviário e preservar o uso múltiplo daquele recurso. (ANA, 2022).

O objetivo da outorga é assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água, vejamos:

*Figura 10 - Submetidos à outorga*



*Figura 11 - Não submetidos à outorga*



Fonte: ANA, 2022.

#### 5.4. Cobrança pelo uso de recursos hídricos

A cobrança pelo uso da água tem como objetivo reconhecer que ela é um bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor. A cobrança também é um instrumento educativo que incentiva a racionalização do seu uso, pois tudo que é cobrado é também valorizado.

E, por fim, a cobrança também tem como objetivo obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos. Vale ressaltar que a cobrança pelo uso da água cabe apenas à União e aos Estados, no caso dos municípios não cabe a cobrança pelo uso da água. Os usuários que são cobrados são aqueles sujeitos à outorga, nos termos do Art. 12 da Política Nacional de Recursos Hídricos. (ANA, 2022).

#### 5.5. O sistema de Informação sobre Recursos Hídricos

O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão. Os dados gerados pelos órgãos integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos serão incorporados ao Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos.

A ideia é ter um banco de informações que possibilite aos órgãos gestores elaborar suas políticas, planos de recursos hídricos e estratégias de ação para sua gestão. Além disso, o objetivo também é reunir informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil, bem como atualizar permanentemente as informações sobre sua disponibilidade e demanda em todo o território nacional.

São princípios básicos para o funcionamento do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos:

I. descentralização da obtenção e produção de dados e informações;

II. coordenação unificada do sistema;

III. acesso aos dados e informações garantido à toda a sociedade. No caso dos municípios, é interessante que tenham uma base de dados sobre a situação dos recursos hídricos dos seus municípios, tanto qualitativo como também quantitativo. Para isso, é necessário que o Estado compartilhe suas informações com o município, bem como o município também ajude o Estado a alimentar as informações do Sistema de Gestão de Recursos Hídricos.

Com a implementação do novo modelo alternativo de monitoramento da qualidade da água em tempo real, o município de forma participativa compartilhará as informações como meio de se aprimorar as informações de disponibilidade, qualidade e gestão das águas.

O tratamento dos dados gerado por uma rede neural artificial terá um papel importante na tomada de decisões pois evidenciará de forma clara e real a verdadeira situação de qualidade e quantidade de água lançadas no corpo hídrico, seja através de uma boia acoplada no tanque da estação de tratamento de esgoto ou no rio.

#### 5.5. Novo Marco de Saneamento Básico

O Novo Marco de Saneamento Básico no Brasil, editado por meio da Lei 14.026/2020, pretende regulamentar os serviços públicos de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana/manejo de resíduos sólidos, além da drenagem e manejo das águas pluviais. (OAB, 2021).

O novel apresenta metas de universalização no intuito de garantir a 99% (noventa e nove por cento) da população o acesso à água potável e a 90% (noventa por cento) a coleta e tratamento de esgoto para mitigar o drástico problema de haver mais de 100 milhões de brasileiros sem os serviços de coleta e tratamento de esgoto. (CARTILHA OAB, 2020).

Em coerência com as metas mundiais traçadas nos objetivos de desenvolvimento sustentável - ODS, a promulgação da Lei 14.026/2020, que trata do Novo Marco de Saneamento Básico, pretende mudar o cenário catastrófico que aflige a toda sociedade, estabelecendo um plano de ações para que a população alcance o acesso à Água Potável e Esgotamento Sanitário adequado e universalizado.

Para isso, define metas, critérios e aspectos técnicos para engajar o setor administrativo público na mitigação dos grandes problemas ambientais urbanos, estabelecendo um prazo limite para que ações de controle quanto a qualidade da água sem rejeitos poluentes, sejam realizadas para minimizar os impactos no meio ambiente e na saúde de toda a população.

Confira o panorama geral do Brasil hoje:

- ❖ Apenas 6% da rede de água e esgoto é gerida por empresas privadas;

- ❖ Estudos estimam que seriam necessários 500 bilhões de reais em investimentos para que o saneamento chegasse a toda a população;
- ❖ 15 mil mortes e 350 mil internações por ano em decorrência da falta de saneamento básico;
- ❖ 104 milhões de pessoas (quase metade da população) não têm acesso a coleta de esgoto;
- ❖ 35 milhões de brasileiros não têm acesso à água potável (IAS, 2020 *on-line*)

A pandemia do novo coronavírus ajudou a evidenciar as mazelas causadas pela falta de saneamento básico. O Instituto Trata divulgou, em documento produzido por pesquisadores independentes, que a “[...] questão de saneamento básico (água e esgoto) pode ser fortemente ligada à propagação do Coronavírus” (BRASIL, 2020, *on-line*).

Estudos da Organização Mundial da Saúde (OMS) indicam que “[...] cada R\$ 1,00 (um real) investido em saneamento básico evita a despesa de R\$ 9,00 (nove reais) com tratamentos de saúde” (FUNASA, 2017, *on-line*). O novo marco busca firmar essa realidade, através de meios que deem segurança e estimulem investimentos do setor privado nesse setor.

De acordo com previsões do Ministério da Economia (BRASIL, 2020, *on-line*) as condições do novo marco legal do saneamento devem possibilitar mais de 700 bilhões de reais em investimentos e gerar por volta de 700 mil empregos no país nos próximos 14 anos.

O novo marco possibilita clareza nas proposições apresentadas em comparação com a legislação de Saneamento em vigor em que cada alteração impactará a realidade dos Estados, Municípios e Distrito Federal.

#### 5.6. Titularidade e prestação regionalizada

A titularidade para a prestação dos serviços de Saneamento no Brasil é um tema singular e que há anos vêm sendo inseridas nos grandes debates de juristas. Para muitos é claro o posicionamento de que cabe aos Municípios esta responsabilidade, porém estudos convergem no sentido de se firmar uma posição de que a titularidade é determinada pelo interesse.

Partindo por uma análise constitucional verificamos que a Nossa Carta Magna conferiu ênfase à autonomia municipal ao mencionar os municípios como integrantes do sistema federativo (artigo 1º da CF/1988) e ao fixá-la junto com os estados e o Distrito Federal (artigo 18 da CF/1988).

Ainda na esfera constitucional, mais precisamente no artigo 23, IX, verificamos o destaque quanto a competência comum entre União, Estados, Distrito Federal e Municípios para promover

melhorias das condições de saneamento básico, todavia não se observa nenhuma regulação taxativa quanto a competência para a prestação dos serviços de Saneamento Básico no Brasil.

No artigo 241 da Constituição Federal, se observa o direcionamento para a aplicação da titularidade na figura do ente Municipal, quando se estiver diante da prestação de serviços por meio de gestão associada, através da formalização de consórcios intermunicipais de saneamento básico.

Pela análise do arcabouço constitucional, se depreende que não há menção taxativa quanto à titularidade ser do Município, diferente do que acontece com a determinação de competências insculpidas nos artigos 21 a 24 da Carta Magna.

Diante da obscuridade constitucional, o Supremo Tribunal Federal na Ação Direta de Inconstitucionalidade de nº 1.842/RJ, que versa sobre a inconstitucionalidade de Lei Complementar nº 87/1997, Lei 2.869/1997 e Decreto nº 24.631/1998 do estado do Rio de Janeiro que transferiu a titularidade do poder concedente para a prestação de serviços públicos de interesse metropolitano ao Estado do Rio de Janeiro, assentou o entendimento e firmou a competência para a prestação de serviço de saneamento básico na responsabilidade dos Municípios.

Ainda destacou que “[...] a função pública destes serviços às vezes extrapola o interesse local e passa a ter natureza de interesse comum no caso de instituição de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões” (BRASIL, STF, 2013) Em contrapartida com a edição do Novo Marco do Saneamento, Lei 14.026/2020, observa-se pela leitura do artigo 8ª que a competência sobre o serviço de saneamento básico é destacada a **partir do interesse**<sup>1</sup>

Então, os Municípios e o Distrito Federal exercerão a titularidade dos serviços de Saneamento Básico quando estes se derem a partir do interesse local e quando o interesse for comum à titularidade será exercida pelo Estado em conjunto com os Municípios.

O Novo marco ainda traz a menção de outra forma de prestação de serviço de saneamento, aquela a ser realizada de forma regionalizada, pressupondo uma prestação integrada de um ou mais componentes em determinada região cujo território alcance mais de um município, fato que se observa no artigo 9º, reverberadas a partir de 3 (três) formas, a seguir apresentadas:

- 1) Estado cria região metropolitana, aglomeração urbana ou microrregião por lei complementar, necessariamente entre municípios limítrofes;
- 2) Estado cria unidade regional de saneamento básico por lei ordinária, sem a necessidade de se ter municípios limítrofes;
- 3) União cria bloco de referência por ato regulatório, sem a necessidade de se ter municípios limítrofes. [...] Subsidiariamente aos Estados, e formalmente criado por meio de gestão associada voluntária dos municípios titulares dos serviços, sendo que somente será exercida caso as unidades regionais de saneamento básico não sejam

---

<sup>1</sup> Grifo nosso.

estabelecidas pelo Estado no prazo de 1 (um) ano da publicação a lei nº 14.026/2020 (OAB, 2020).

Avanços concretos já se observam simplesmente da leitura da nova legislação, pois expressa a preocupação da prestação dos serviços de forma regionalizada flexível e com metas delineadas ao alcance de até 2040.

O estímulo à formação de blocos de municípios para realizar o desenvolvimento regionalizado dos serviços de saneamento básico tem o escopo de gerar ganhos de escala e garantir a viabilidade técnica e econômico-financeira dos serviços, com o desiderato de universalização, inclusive mantendo assim o princípio do subsídio cruzado que possibilita que municípios com menor porte econômico e a população de baixa renda tenham acesso aos serviços. (OAB, 2020) (OAB, 2020)

Seguindo a orientação preconizada pelo STF, que a titularidade para a prestação dos serviços de saneamento básico é dos municípios torna-se plenamente possível a edição de lei municipal possibilitando a recompensa destes quando se tratar de tecnologias e inovações que permitam o maior controle da qualidade da água.

#### 5.7. O papel da Agência Reguladora Federal - ANA

Com a edição da Lei 9.984/2000, foi criada a Agência Nacional de Água – ANA, responsável como reguladora das águas de domínio da União (interestaduais, transfronteiriças e reservatórios federais). A ANA tem o objetivo, estabelecido por força de lei, de regular os vários setores usuários de recursos hídricos no país, quais sejam a indústria, abastecimento humano e animal, mineração e irrigação agrícola. Em seu 20º aniversário e com a aprovação da Lei 14.026/2020, que atualiza o marco legal do Saneamento Básico, passou a se chamar Agência Nacional de Água e Saneamento Básico, mantendo a sigla ANA e incorporando, através do artigo 8, §5º e no artigo 9º, II, da Lei 14.026/2020, na função de “entidade de natureza autárquica dotada de independência”, a incumbência da regulação do Saneamento Básico no Brasil.

A obrigação de regulação dos serviços de Saneamento Básico determina que o prestador do serviço seja submetido ao controle de um agente regulador independente mesmo que estes serviços sejam prestados por qualquer órgão público. O artigo 11, III, da Lei Nacional Saneamento Básico – Lei 11.445/2007 - mostra que a definição do órgão regulador é condição de validade dos contratos firmados. A ANA, então, passa a atuar em um novo patamar, uma vez que passará a editar normas de referência de caráter geral que deverão ser levadas em consideração pelas agências de saneamento municipais, intermunicipais, distrital e estaduais.

A Agência tem em a missão de regular o acesso ao bem público, água, assim como a tutela entre a União e estados, bem como a função de articulação federativa. Passou também a emitir Normas de Referência concernentes ao manejo de resíduos sólidos e a drenagem de águas pluviais em cidades. Conforme enunciado no §1º do art. 4 – A, da Lei 14.026/2020, dentre as Normas de Referência se apresentam:

- padrões de qualidade e eficiência na prestação, na manutenção e na operação dos sistemas de saneamento básico;
- regulação tarifária dos serviços públicos de saneamento básico;
- padronização dos contratos de prestação de serviços públicos de saneamento básico;
- redução progressiva e controle da perda de água (BRASIL, 2020).

Para melhor desempenhar este papel traçado pelo novo marco, estudos foram realizados para subsidiar a elaboração destas normas de referência que deverão ser seguidas pelos entes da federação. Em 2010 a ANA lançou o “Atlas Brasil Abastecimento Urbano de Água”, visando a analisar a oferta de Água a toda a população urbana dos 5.565 municípios do Brasil. Estes dados permitirão propor ações para a demanda por água até 2025, definindo os investimentos necessários e os arranjos mais adequados a viabilidade de intervenção financeira técnica.

Na esteira, em 2017, ANA publicou o “Atlas Esgotos”: Despoluição de Bacias Hidrográficas com o hoje Ministério de Desenvolvimento Regional. Nele, foi analisado o esgotamento sanitário de todos os municípios brasileiros e os impactos decorrentes do lançamento destes nos rios, lagos e reservatórios, escopo de um planejamento estratégico, com ações e metas com horizonte para 2035. Com a previsão no novo marco da regulação e da edição de normas de referência, busca-se minimizar e combater os seguintes problemas:

- Ausência de uniformidade na regulação dos serviços de saneamento em nível nacional;
- Falhas de governança regulatória;
- Reduzida capacidade institucional de parte das agências (sobretudo municipais, de pequeno porte);
- Captura do regulador (principalmente pública) (BRASIL, 2020).

A solução adotada pelo novo marco de saneamento é fazer a regulação, através da ANA, por indução em relação aos órgãos regionais, microrregionais e municipais, onde as normas de referência deverão ser adotadas e implementadas pelos demais entes, podendo ainda a ANA oferecer apoio técnico e ajuda financeira. A Lei fez previsão também de se criar o Comitê Interministerial de Saneamento Básico (Cisab), sob o comando do Ministério do Desenvolvimento Regional, a cargo de implementar a Política Federal de Saneamento Básico, bem como de alocar recursos financeiros, visto que agora é ilimitada a participação da União em fundos de apoio à estruturação de parcerias público-privadas (PPPs). Por fim, aponta que foi criado por meio de Decreto de nº 10.430/2020 de 20 de julho de 2020, o Comitê Interministerial de Saneamento Básico (Cisab), que poderá convidar especialistas, pesquisadores e representantes de órgãos e entidades públicas ou privadas para participar das reuniões, prestar informações ou apoiar a execução dos trabalhos, sem direito a voto.

As informações quanto a qualidade de água realizada por monitoramento automatizado e em tempo real, transmitidas pelos entes municipais ao Cisab, propicia a elaboração de planejamento da gestão hídrica que visa a atender os ditames do ODS 6 e da lei 14.020/2022, além de beneficiar o enquadramento do corpo hídrico propiciando uma qualidade dos rios e de todo o ecossistema que depende dele.

## 6 Monitoramento Ambiental da Água

### 6.1. Monitoramento Ambiental

O monitoramento ambiental é um processo de coleta de dados, estudo e acompanhamento contínuo e sistemático das variáveis ambientais, com o objetivo de identificar e avaliar - qualitativa e quantitativamente - as condições dos recursos naturais em um determinado momento, assim como as tendências ao longo do tempo. As variáveis sociais, econômicas e institucionais também são incluídas neste tipo de estudo, já que exercem influências sobre o meio ambiente. (EMBRAPA, 2021)

Com base nesses levantamentos, o monitoramento ambiental fornece informações sobre os fatores que influenciam o estado de conservação, preservação, degradação e recuperação ambiental da região estudada. Também subsidia medidas de planejamento, controle, recuperação, preservação e conservação do ambiente em estudo, além de auxiliar na definição de políticas ambientais. (EMBRAPA, 2021).

O monitoramento dos recursos hídricos tem como objetivo: acompanhar as alterações de sua qualidade; elaborar previsões de comportamento; desenvolver instrumentos de gestão e fornecer subsídios para ações saneadoras. (SARAIVA, 2019).

### 6.2. Do Monitoramento da qualidade da água no Brasil

No Brasil, a situação da água é menos preocupante do que a situação de outros países quanto a disponibilidade, já que 12% (doze por cento) da água doce disponível mundialmente está em nosso território. No entanto mesmo com toda abundância de água doce em nosso território a população sofre, pois, a distribuição é feita de modo irregular, ou seja, as áreas menos povoadas do país é que concentram a maior parte dos recursos hídricos.

*Figura 12 - Distribuição de água no Brasil*



Fonte: ANA, 2021.

Para saber se água está apropriada para seus diversos usos torna-se imprescindível que a qualidade seja avaliada nos seus diversos parâmetros: físico, químicos e biológicos, pois por meio do acompanhamento, a gestão dos recursos hídricos fica mais eficiente.

A água é usada para diversos fins, como consumo humano, lazer, irrigação, entre outros. Para saber se esse recurso natural está apropriado aos diversos usos, a Agência Nacional de Águas (ANA) monitora a qualidade das águas superficiais e subterrâneas do país, com base nos dados fornecidos pelos órgãos estaduais gestores de recursos hídricos.

Além disso, por intermédio desse acompanhamento, a ANA consegue fazer uma gestão mais eficiente, essencial para conceder outorgas de direito de uso da água e realizar estudos e planos, entre outras atividades. (ANA, 2022).

Em 2018 a ANA e o MMA, assinaram a Portaria Conjunta que cria o Grupo de Trabalho com o objetivo de traçar novas metas e objetivos a um novo Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) com um horizonte compreendido pelo período entre 2021 e 2035.

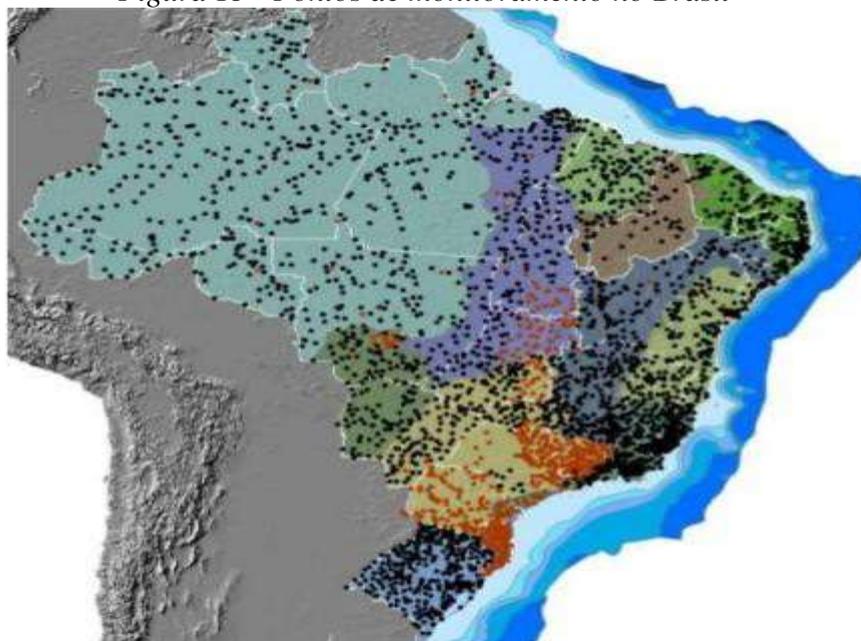
O PNRH é um instrumento de gestão multidisciplinar e participativo instituído pela Lei nº 9.433/97 onde serão estabelecidas metas para as entidades federais, estaduais e municipais a fim de ampliar a disponibilidade hídrica, diminuir os conflitos pelo uso da água e valorar a água como um bem econômico e social.

Uma das principais propostas é a de ampliar o conhecimento sobre a quantidade e qualidade da água superficiais com uma rede hidrometeorológica automatizada com transmissão de dados em tempo real.

No entanto este cenário ainda é distante da realidade que encontramos, os relatórios de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil evidenciaram as limitações e vazios de informações sobre a qualidade de água no Brasil. Algumas Unidades da Federação (UFs) não realizaram qualquer monitoramento da qualidade de água e outras apresentaram dados deficientes quanto a representatividade espacial e temporal.

A Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), gerenciada pela ANA, possuía em 2016, 1.652 estações, para medição da qualidade da água em todo o país. Estas estações monitoram, através de sondas multiparâmetros, variáveis que são fundamentais para a avaliação da qualidade da água e a manutenção de seus usos múltiplos: pH, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez e condutividade. O monitoramento das outras variáveis que compõem o Índice de Qualidade da Água (IQA) é realizado em alguns dos pontos de monitoramento mantidos pelas UFs através de coletas de amostras e análises laboratoriais. (ANA, 2022).

*Figura 13 - Pontos de monitoramento no Brasil*



Fonte.: Aquanativa, 2022.

Vários Estados brasileiros monitoram a qualidade das águas superficiais em seus territórios e repassam para a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico(ANA). Mas, como cada região usa

diferentes critérios e parâmetros, a comparação dos dados, em nível nacional, nem sempre é possível. (ANA, 2022).

Para contornar a situação, a ANA lançou a Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade da Água (RNQA), que conta com uma estratégia de cooperação entre os operadores das redes de monitoramento, padronizando e ampliando o monitoramento em nível nacional.

Assim, os Estados continuam sendo os principais responsáveis pelo estabelecimento e operação de redes de qualidade da água, mas os dados gerados ficam mais fáceis de serem interpretados e os custos de implementação e operação são reduzidos. (ANA, 2022).

### 6.3. Monitoramento da qualidade da água de forma convencional

Hodiernamente, o monitoramento da qualidade da água, incluem as práticas de coleta de dados e de amostras de água em locais específicos (georreferenciados), feita em intervalos regulares de tempo, de modo a gerar informações que possam ser utilizadas para a definição das condições presentes de qualidade da água. (ANA, 2021).

Uma rede de monitoramento de qualidade de água é constituída pelos seguintes elementos:

- Pontos de coleta, denominadas estações de monitoramento, definidos em função dos objetivos da rede e identificados pelas coordenadas geográficas;
- Conjunto de instrumentos utilizados na determinação de parâmetros em campo e em laboratório;
- Conjunto de equipamentos utilizados na coleta: baldes; amostradores em profundidade (garrafa de Van Dorn); corda; frascos, caixa térmica, veículos; barcos; e motores de popa;
- Protocolos para a determinação de parâmetros em campo; para a coleta e preservação das amostras, para análise laboratorial dos parâmetros de qualidade; e para identificação das amostras;
- Estrutura logística de envio das amostras: locais para o envio das amostras; disponibilidade de transporte; logística de recebimento e encaminhamento das amostras para laboratório;

Esse monitoramento é realizado de forma periódica, trimestralmente, através da coleta de amostras e as análises de efluentes que devem ser realizadas por um químico serão submetidas a um laboratório credenciados pelo INEA e o INMETRO para a emissão do competente laudo do controle de qualidade analítica.

### 6.4. Padrões Nacionais da qualidade da água

Pela Conjuntura Brasil de Recursos Hídricos (ANA, 2020), o Índice de Qualidade das Águas (IQA) foi originariamente desenvolvido em 1970, nos Estados Unidos. O IQA empregado nas análises realizadas no Brasil inclui nove parâmetros de qualidade de água: temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, DBO (demanda bioquímica de oxigênio), colimetria, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez. (CÂMARA et al, 2021).

Por levantamento realizado pela ANA, existem 2 mil pontos de monitoramento de água em 17 unidades da Federação e revela resultado ótimo em apenas 9% dos pontos. Cerca de 70% têm Índice de Qualidade da Água (IQA) considerado bom; 14%, razoável; 5%, ruim; e 2%, péssimo.

Isso apresenta uma preocupação governamental inevitável. Segundo relatório da Organização das Nações Unidas (ONU, 2019) o consumo e uso da água não tratada e poluída matam mais que todas as formas de violência.

*Figura 14 - Índice de qualidade de água*

Nível de Qualidade	Faixa
Excelente	$90 < IQA \leq 100$
Bom	$70 < IQA \leq 90$
Médio	$50 < IQA \leq 70$
Ruim	$25 < IQA \leq 50$
Muito Ruim	$0 < IQA \leq 25$

Fonte: Embrapa, 2021.

#### 6.5. Do Monitoramento em nível Federal.

Os dados do monitoramento da qualidade da água em nível Federal realizado pela ANA podem ser visualizados mediante a consulta no Portal HidroWeb que é uma ferramenta integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Ela oferece o acesso ao banco de dados que contém todas as informações coletadas pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), reunindo dados de níveis fluviais, vazões, chuvas, climatologia, qualidade da água e sedimentos.

Trata-se de uma importante ferramenta para a sociedade e instituições públicas e privadas, pois os dados coletados pelas estações hidrometeorológicas são imprescindíveis para a gestão dos recursos hídricos e diversos setores econômicos, como geração de energia, irrigação, navegação e indústria, além do projeto, manutenção e operação de infraestrutura hidráulica de pequeno e grande porte, como

barragens, drenagem pluvial urbana e mesmo bueiros e telhados. Os dados disponíveis no **Portal HidroWeb** se referem à coleta convencional de dados hidrometeorológicos, ou seja, registros diários feitos pelos observadores e medições feitas em campo pelos técnicos em hidrologia e engenheiros hidrólogos (ANA, 2022).

Por meio dessas informações, pode-se, ainda, acompanhar a ocorrência de eventos hidrológicos considerados críticos, inundações e secas, e se planejar medidas de mitigação dos impactos decorrente desses eventos. Dados são disponibilizados no **Portal Hidrotelemetria**. Mais que acompanhar esses fenômenos, o conjunto de dados até hoje coletados no âmbito da RHN também permite, em diversos casos, a simulação dos eventos e seus resultados sobre as bacias hidrográficas e a sua previsão. (ANA, 2022). O Portal ainda publica dados coletados pelos Estados que aderiram ao Programa coordenado pela ANA denominado *Qualiágua*, que fomenta o monitoramento da qualidade da água. (ANA, 2022).

#### 6.6. Rede Hidrometeorológica Nacional

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) é responsável pela coordenação da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), um sistema que hoje abriga 4.641\* pontos de monitoramento no país divididos em estações que monitoram parâmetros relacionados aos rios (1.874), como níveis, vazões, qualidade da água e transporte de sedimentos, e outros que monitoram principalmente as chuvas (2.767). (ANA, 2022).

As estações hidrometeorológicas são operadas por entidades parceiras ou contratadas pela ANA, que é a responsável pelo planejamento, normatização de procedimentos e equipamentos, fiscalização, organização dos dados hidrometeorológicos e sua publicação. (ANA, 2022).

Atualmente, são responsáveis pela operação da Rede o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI/SC), o Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE/SP), o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM/MG), o Instituto das Águas do Paraná (AGUASPARANÁ) e as empresas contratadas COHIDRO, CONSTRUFAM e UFC. (ANA, 2022).

Além das estações sob responsabilidade da ANA, também são integrantes da Rede as estações mantidas pelos Estados no âmbito dos programas de implantação e operação das Salas de Situação Estaduais e do fomento ao monitoramento da qualidade da água (*Qualiágua*). (ANA, 2022).

O monitoramento das águas no Brasil remonta ao século 19, havendo registros de estações na base da ANA desde o ano de 1855 (estação pluviométrica Morro Velho, em Minas Gerais). Entre 1900

e 1920, o governo federal incorpora o monitoramento como serviço público federal e cria instituições para abrigá-lo. Desde então, a Rede foi coordenada por entidades ligadas ao setor elétrico, passando à responsabilidade da ANA em 2000, pela Lei Federal nº 9.984/2000.(ANA, 2022).

No Relatório de Conjuntura 2021 emitido pela ANA, no item Qualidade das Águas informa:

**A qualidade da água superficial e subterrânea** é um fator que determina sua disponibilidade para diversos usos, tais como o abastecimento humano, recreação, produção de alimentos e a indústria.

A qualidade dessas águas é condicionada por variáveis naturais ligadas, por exemplo, ao regime de chuvas, escoamento superficial, geologia e cobertura vegetal, e por impactos antrópicos, provenientes de **fontes pontuais e fontes difusas de contaminação**, como o lançamento de efluentes, o manejo dos solos, cargas contaminantes manipuladas, despejadas ou dispostas em superfície ou subsuperfície, entre outros. A qualidade das águas subterrâneas também é influenciada pela dinâmica de interação com as rochas dos aquíferos e pelo tempo de circulação no subsolo.

Ainda apresenta os dados do monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais e relata:

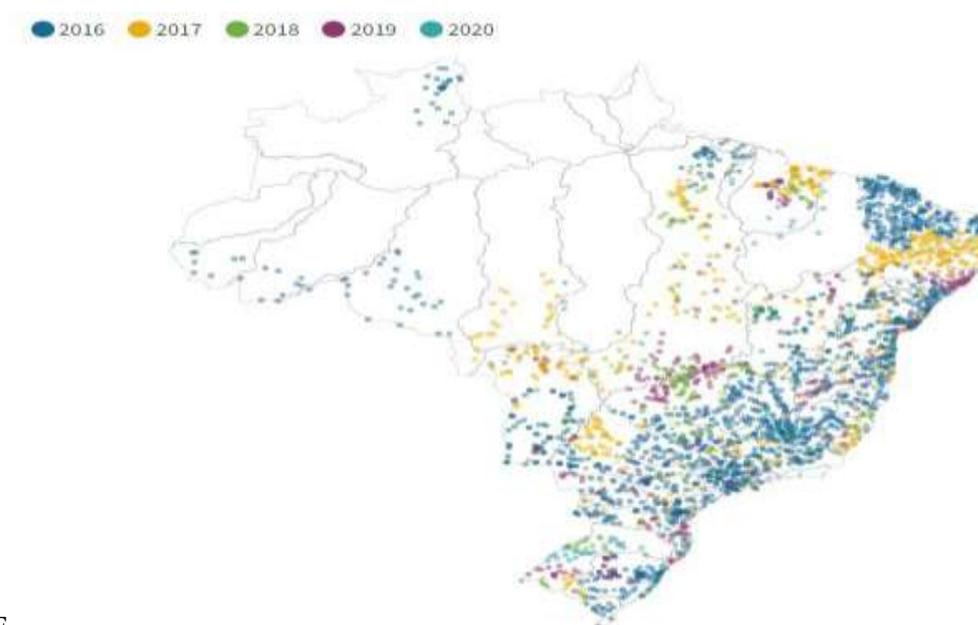
O monitoramento é uma atividade essencial para a gestão dos recursos hídricos e para a avaliação da qualidade das águas dos rios e lagos, uma vez que possibilita a verificação de tendências e a identificação de áreas prioritárias para o controle da **poluição hídrica**, bem como sua adequação para os diferentes usos. Além disso, é fundamental para a elaboração de **planos de recursos hídricos e o enquadramento dos corpos hídricos em classes de uso**, temas que são tratados no Capítulo 4, pois fornecem subsídios a um diagnóstico completo dos corpos d'água de uma bacia hidrográfica.

A **RHN** e a **Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade de Água (RNQA)** são as principais fontes de dados de monitoramento da qualidade da água no Brasil. Embora a RHN tenha como foco principal o monitoramento quantitativo, ela também monitora parâmetros básicos de qualidade, como pH, temperatura, oxigênio dissolvido (OD), turbidez e condutividade elétrica, por meio de sondas multiparamétricas, em todas as UFs.

A RNQA, por sua vez, monitora também parâmetros adicionais que demandam coleta e análises laboratoriais, e é operacionalizada pelo Programa Qualiágua, coordenado pela ANA e executado pelas

UFs. Nos últimos anos, o quantitativo de pontos de monitoramento da RNQA praticamente dobrou, passando de **1.486 em 2016 para 2.938 pontos em 2020**. Para o cumprimento de seus objetivos, o Qualiágua aporta recursos orçamentários da ANA na forma de pagamento pelo alcance de metas progressivas pactuadas e relativas ao monitoramento e divulgação de dados de qualidade de água à sociedade. Em alguns estados o monitoramento ainda não foi iniciado e, em 2020 houve descontinuidade no monitoramento de alguns pontos da RHN e RNQA em virtude da pandemia de Covid-19 e a consequente necessidade de isolamento social.

*Figura 15 - Rede nacional de monitoramento de qualidade de água, estações implantadas por ano*



E

Fonte: ANA, Mapa atualizado em novembro de 2021.

### 6.7. Indicadores de Qualidade da Água

A qualidade da água pode ser avaliada por meio das substâncias e organismos nela presentes, assim como de suas características físicas, tais como transparência e odor, por exemplo. Estes indicadores são conhecidos como **parâmetros de qualidade de água** e são muito úteis para determinar a adequação da água aos mais diversos usos.

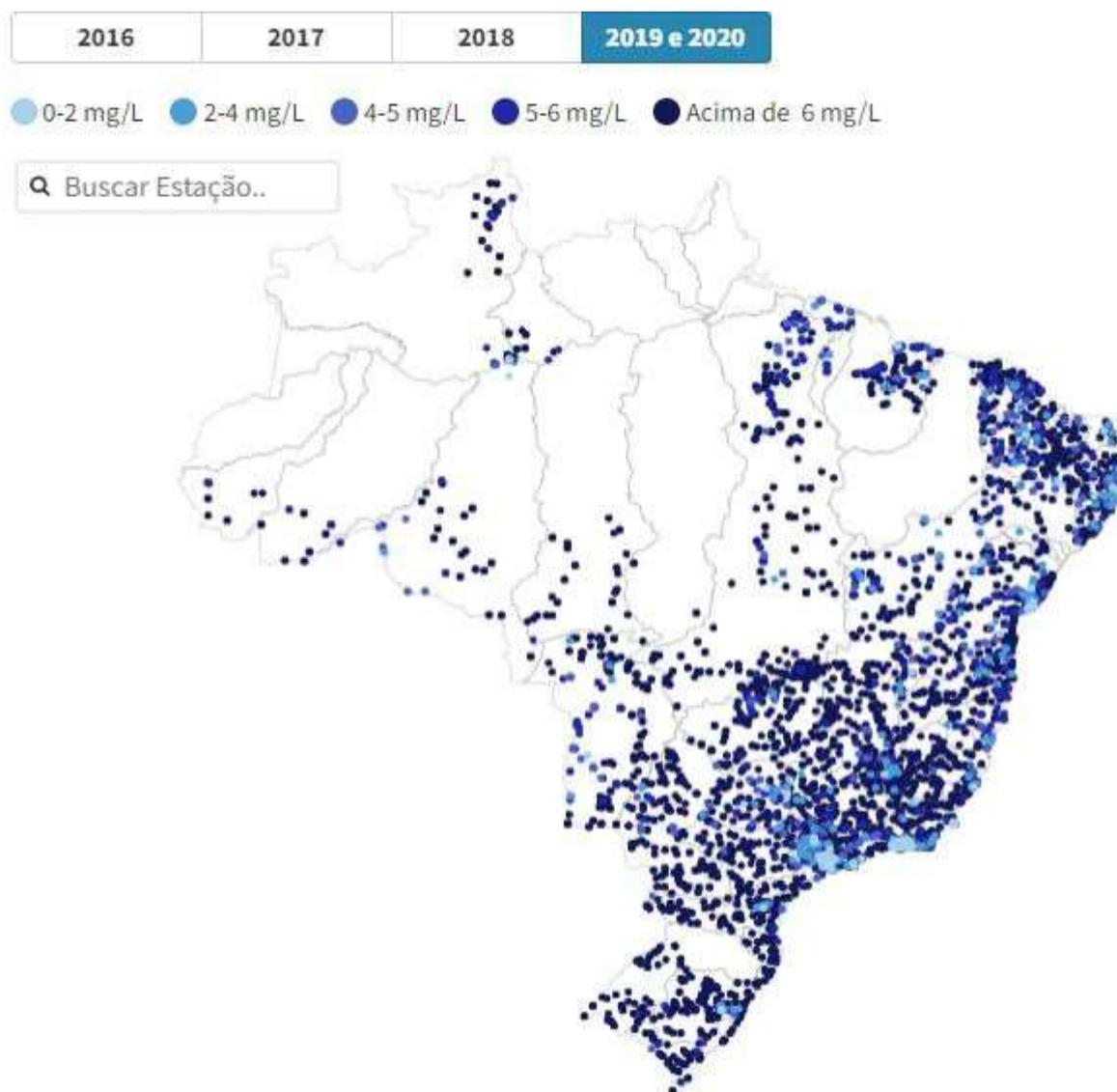
O **Oxigênio Dissolvido na Água (OD)** é um importante indicador da qualidade da água em rios e lagos. Concentrações muito baixas de OD comprometem a sobrevivência de peixes e outras espécies aquáticas. Águas correntes e mais frias normalmente apresentam níveis mais altos de OD

enquanto águas mais quentes, paradas e ricas em matéria orgânica tendem a ter concentrações mais reduzidas de oxigênio.

A eutrofização de um corpo de água resulta no crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas que, quando mortas, são decompostas por bactérias que consomem o oxigênio da água, tornando-o indisponível para outras espécies. Além disso, a respiração da flora aquática durante o período noturno também reduz a disponibilidade de OD para outros organismos, como os peixes, podendo causar sua mortandade.

Os rios que atravessam os centros urbanos e recebem grandes cargas poluidoras de fontes pontuais, como efluentes domésticos e industriais, ou a poluição difusa urbana, carregada para os rios principalmente em eventos de chuvas, concentram os pontos de monitoramento com OD mais baixo. Estes rios comportam visivelmente pouca diversidade de espécies aquáticas e, por isso, são muitas vezes classificados como “rios mortos”. Como exemplos, podem ser observados os reduzidos valores médios de OD em pontos de monitoramento no rio Caboclo (00RJ10CB0005), no Rio de Janeiro; no igarapé do Franco (14279000), em Manaus; e no rio Beberibe (39098600), em Recife, que indicam a degradação da qualidade da água em rios urbanos. O estado de degradação apontado pelo monitoramento do OD nestes pontos reflete uma situação bastante comum no País. No entanto, a partir da implementação de instrumentos de gestão da qualidade da água, como o enquadramento, e ações de despoluição e tratamento dos efluentes, é possível recuperar a qualidade da água nestes trechos.

Figura 16 - Oxigênio dissolvido



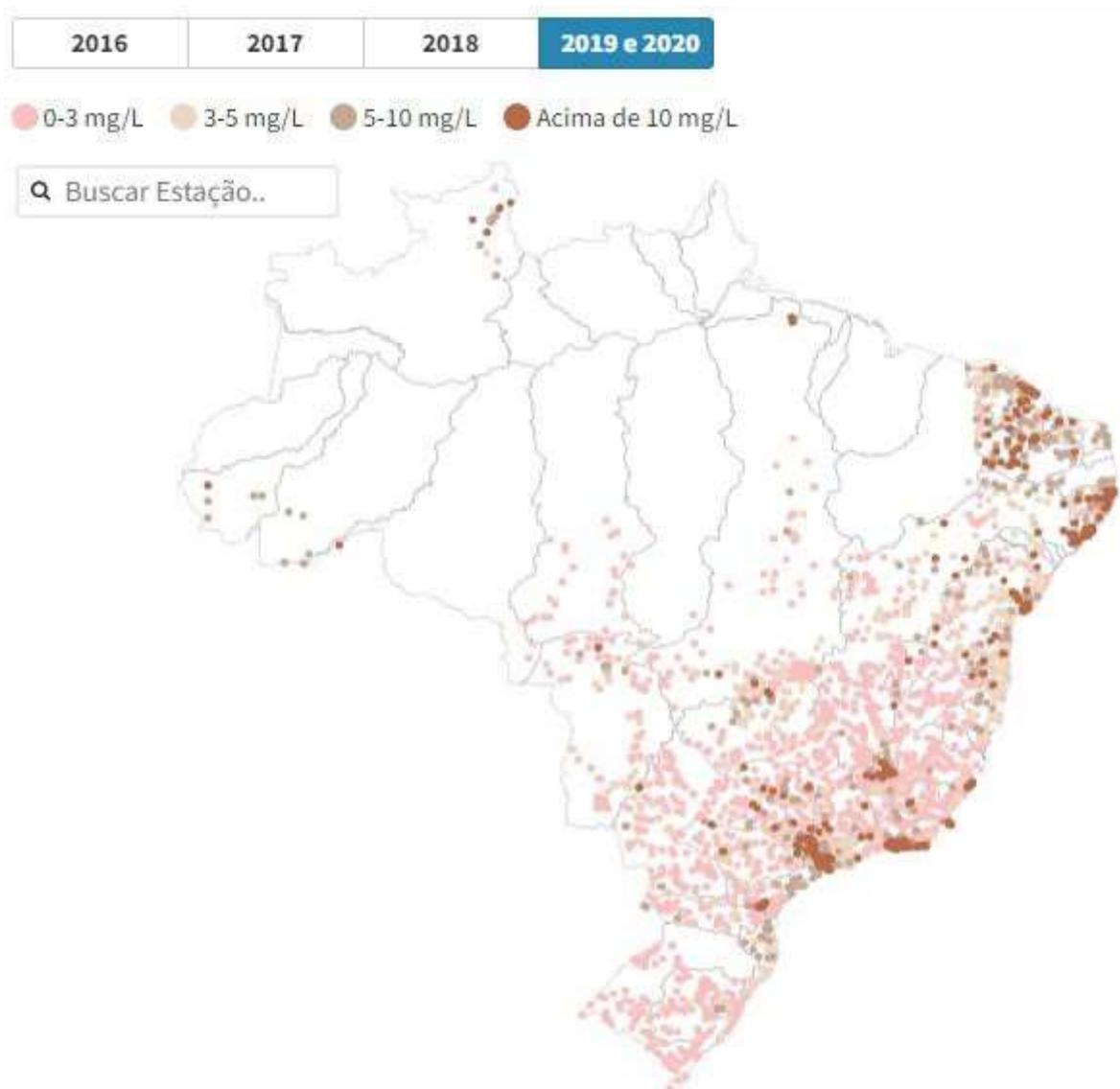
Fonte: ANA, mapa atualizado em fevereiro de 2022.

Por outro lado, a **Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)** representa a quantidade de oxigênio dissolvido na água que foi consumido por bactérias e outros microrganismos nos processos biológicos de degradação da matéria orgânica. No caso deste indicador, valores mais elevados de DBO também indicam a poluição da água pela matéria orgânica, que é abundante em efluentes domésticos e industriais de determinadas tipologias, principalmente de indústrias de alimentos e bebidas.

O monitoramento da DBO no Brasil aponta **problemas relacionados à poluição por cargas orgânicas nos grandes aglomerados urbanos nos anos de 2019 e 2020**. Nestes grandes centros, os

rios que atravessam as áreas altamente urbanizadas recebem elevadas cargas orgânicas provenientes de efluentes não tratados e da poluição difusa das cidades. A redução destas cargas representa um grande desafio para a implementação do saneamento básico no País.

*Figura 17 - Demanda bioquímica de oxigênio*

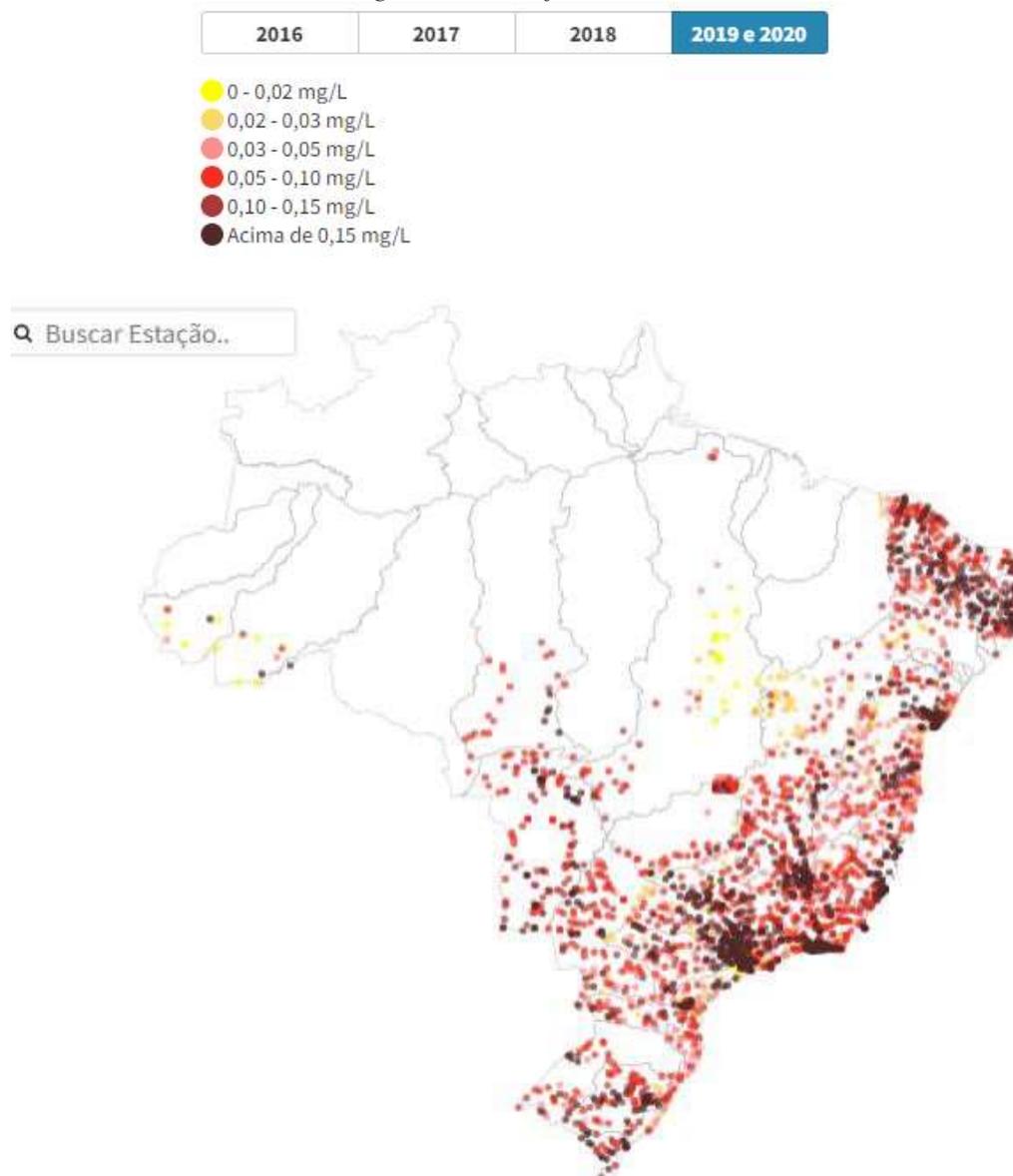


Fonte: ANA, mapa atualizado em fevereiro de 2022.

O aumento do **fósforo** nos rios e, principalmente, em ambientes lânticos, como lagoas e reservatórios, pode desencadear o crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas com consequente

redução do oxigênio dissolvido na água (eutrofização). Algumas destas algas têm potencial para produzir toxinas perigosas para a saúde humana e animal e podem restringir o consumo da água.

*Figura 18 - Fósforo*

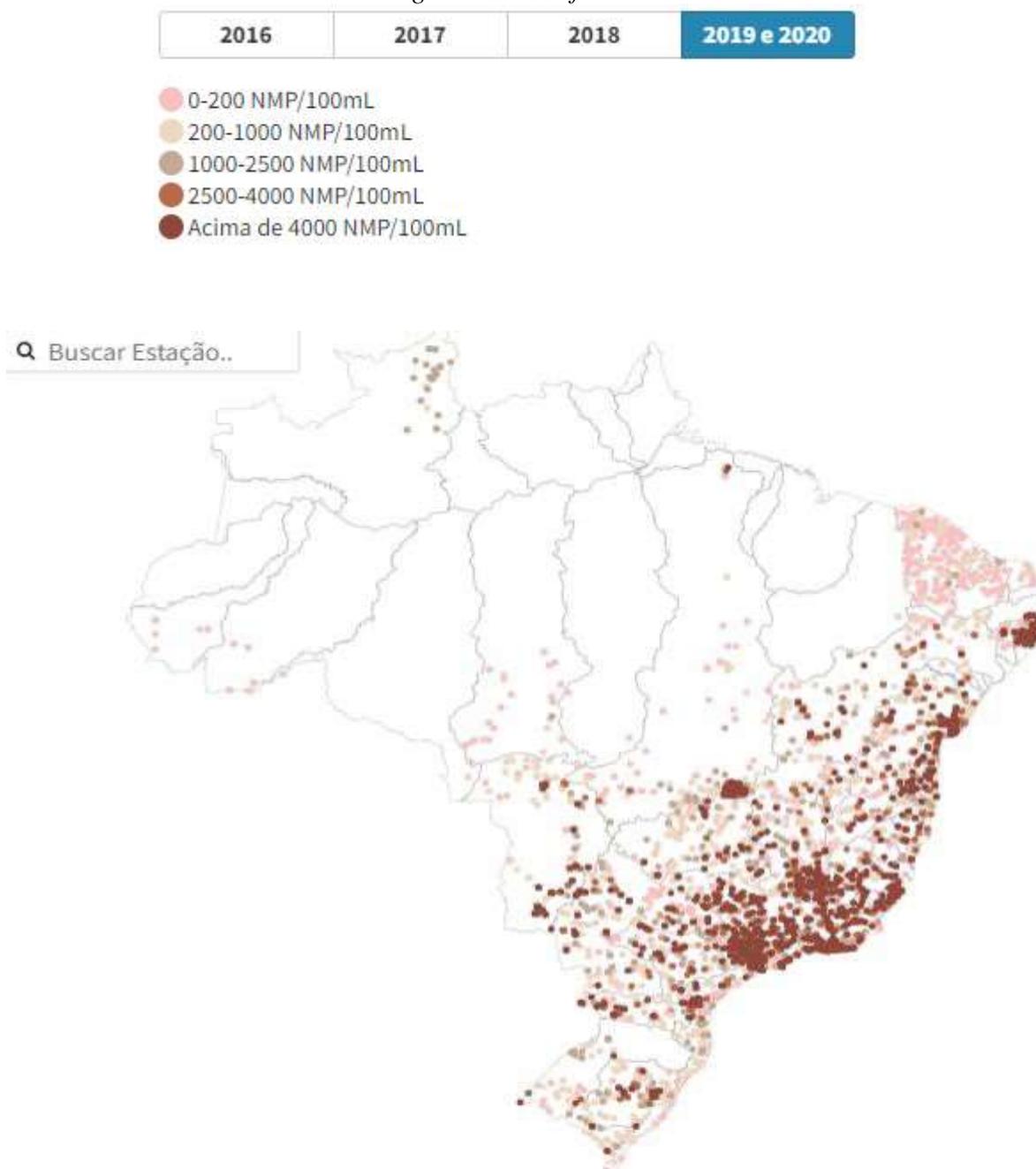


Fonte.: ANA, mapa atualizado em fevereiro de 2022.

O fósforo encontrado nos corpos d'água tem como principais fontes os solos da bacia hidrográfica, fertilizantes utilizados na agricultura sem critério técnico adequado, dejetos de criações animais, e efluentes domésticos ou industriais sem tratamento adequado. Além disso, a erosão dos solos, sobretudo nas margens de rios, lagos e reservatórios, e o assoreamento dos rios, intensifica o aporte de fósforo de origem natural ou antrópica para estes corpos hídricos, principalmente em bacias

com intensa atividade agrícola. Portanto, o manejo adequado do solo e a implementação de boas práticas agrícolas, sobretudo relacionada ao uso de fertilizantes, são fundamentais para evitar o enriquecimento excessivo das águas por fósforo e a eutrofização.

Figura 19 - Coliformes



Fonte.: ANA, mapa atualizado em janeiro de 2022.

**Coliformes termotolerantes** é um grupo de bactérias encontradas no aparelho digestivo de animais de sangue quente. A bactéria *E. coli* é a principal representante deste grupo e, portanto, é o

melhor indicador da contaminação da água por fezes. A concentração de coliformes na água de rios e lagos é geralmente expressa pelo Número Mais Provável em cada 100 mL de amostra (NMP/100mL). A maioria das redes estaduais de monitoramento da qualidade da água utiliza *E. coli* como indicador da poluição fecal, embora algumas utilizem os coliformes termotolerantes.

A contaminação por coliformes representa riscos à saúde e, nas cidades, está em grande parte relacionada com a falta de saneamento básico. O monitoramento deste parâmetro de qualidade da água é importante para o acompanhamento dos avanços em busca da universalização dos serviços de esgotamento sanitário. No campo, os dejetos dos rebanhos podem representar uma importante fonte de coliformes na água e, portanto, também demandam tratamento adequado.

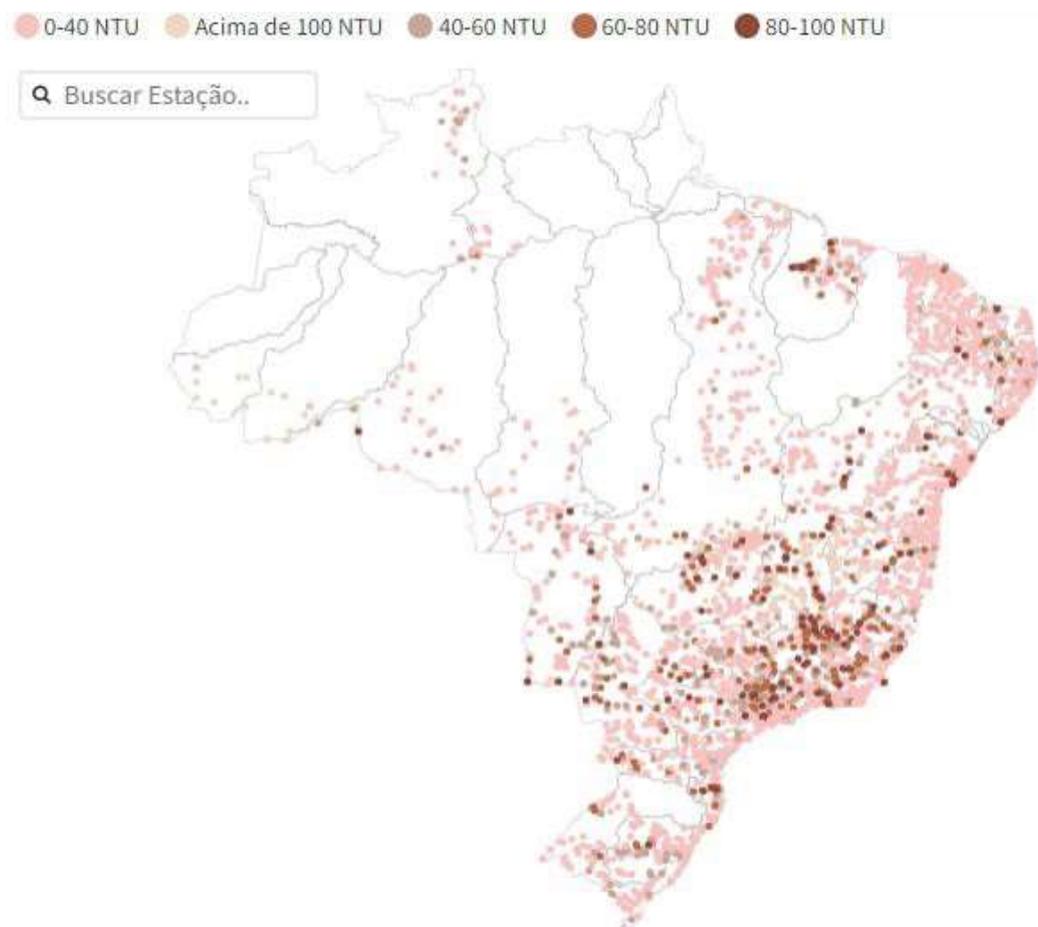
A **turbidez** reflete a transparência da água, sendo inversamente proporcional à concentração de partículas coloidais ou suspensas. É um indicador da qualidade da água bastante genérico e relativamente simples de medir, mas extremamente útil em avaliações sumárias da água. Mudanças bruscas de turbidez na água são detectadas visivelmente, sem qualquer técnica laboratorial. Em casos de desastres e eventos hidrológicos críticos, como rompimentos de barragens ou cheias, é possível se perceber um súbito aumento da turbidez.

O uso da terra na bacia hidrográfica também pode tornar as águas dos rios mais turvas. Em áreas onde a cobertura vegetal original é extremamente escassa, sobretudo das matas ciliares, os processos erosivos levam ao assoreamento dos rios e ao aumento da turbidez.

Figura.: Turbidez\*

\*Maiores valores indicam maior comprometimento da qualidade da água

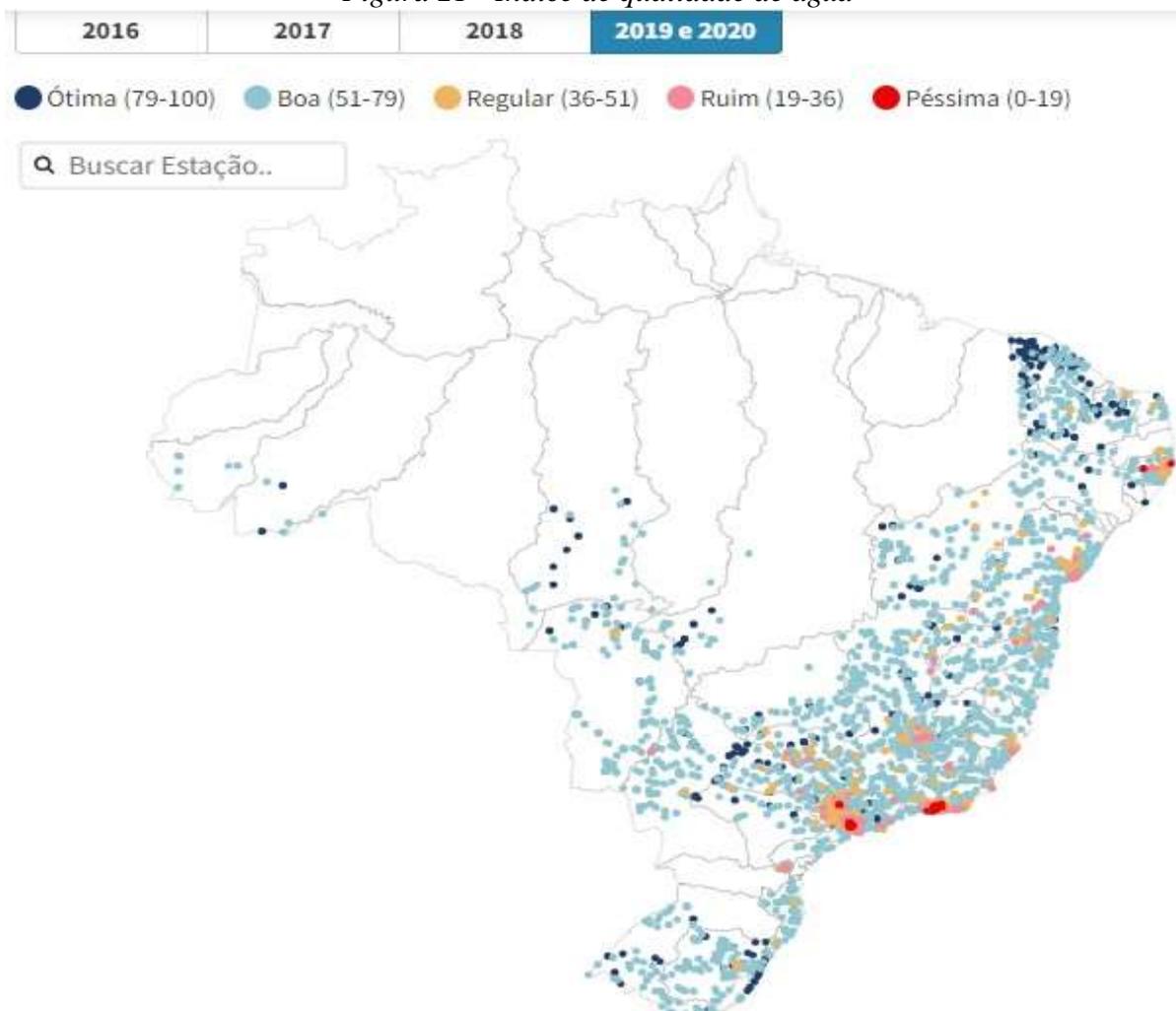
Figura 20 - Turbidez



Fonte.: ANA, mapa atualizado em fevereiro de 2022.

O **Índice de Qualidade da Água (IQA)** foi desenvolvido em 1970, pela *National Sanitation Foundation* nos Estados Unidos, a partir de uma consulta realizada entre especialistas sobre quais seriam os parâmetros mais importantes para a avaliação da qualidade de água. Trata-se de um índice composto por nove parâmetros físico-químicos e biológicos (OD, DBO, temperatura, pH, coliformes termotolerantes, nitrogênio, fósforo, sólidos e turbidez), aos quais são atribuídos diferentes pesos. Em função deste conjunto de parâmetros e dos respectivos pesos que eles têm no cálculo, o IQA responde bem ao lançamento de efluentes industriais e domésticos e outras fontes difusas de poluição que geralmente comprometem a qualidade da água dos rios que cortam os grandes centros urbanos do Brasil.

Figura 21 - Índice de qualidade de água



Fonte.: ANA, o IQA apresentado é uma adaptação do índice original desenvolvida pela ANA para aumentar a abrangência do cálculo apesar das diferenças entre as redes estaduais de monitoramento no País. Portanto, os valores podem diferir levemente daqueles calculados pelos operadores das redes • Mapa atualizado em janeiro de 2022.

Ainda no Relatório de Conjuntura da ANA vemos as informações quando ao monitoramento da Qualidade das Águas Subterrâneas:

O monitoramento da qualidade das águas subterrâneas ainda é incipiente no Brasil. A **Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas (RIMAS)** é uma rede quantitativa com alertas qualitativos. Há uma análise físico-química completa após a implantação do poço, repetida quinquenalmente, envolvendo 43 parâmetros inorgânicos, orgânicos voláteis e semivoláteis, conforme o uso e ocupação do solo nas imediações, ou com maior frequência caso se verifiquem variações significativas na qualidade da água nas análises semestrais, que cobrem pH, condutividade elétrica e temperatura.

Algumas UFs também efetuam o monitoramento qualitativo das águas subterrâneas, na forma de uma rede integrada com a quantidade (nível) ou em diferentes redes. Em São Paulo, por exemplo, a Companhia Ambiental do Estado (CETESB) possui uma rede de monitoramento de qualidade com **313 poços de produção**, desde 1990, e 74 poços dedicados, operada em conjunto com o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), desde 2017.

Já o Programa Águas de Minas, desenvolvido pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), desde 2005, compreende 6 redes regionais que totalizam **165 pontos de monitoramento**. No Ceará, a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH) realiza o monitoramento qualitativo em **204 pontos**, em geral com coletas mensais, priorizando os aquíferos mais importantes ao abastecimento da população. No Distrito Federal, o monitoramento quali-quantitativo é feito mensalmente em **42 pares de poços**, sendo executado mediante convênio da Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal (ADASA) com a CPRM.

Ou seja, não há informações em tempo real os pontos de monitoramento espalhados no Brasil e os poucos dados apresentados não apresentam dados qualitativos da qualidade de água do poço tubular profundo.

## 6.8 Qualidade da água no estado do Rio de Janeiro

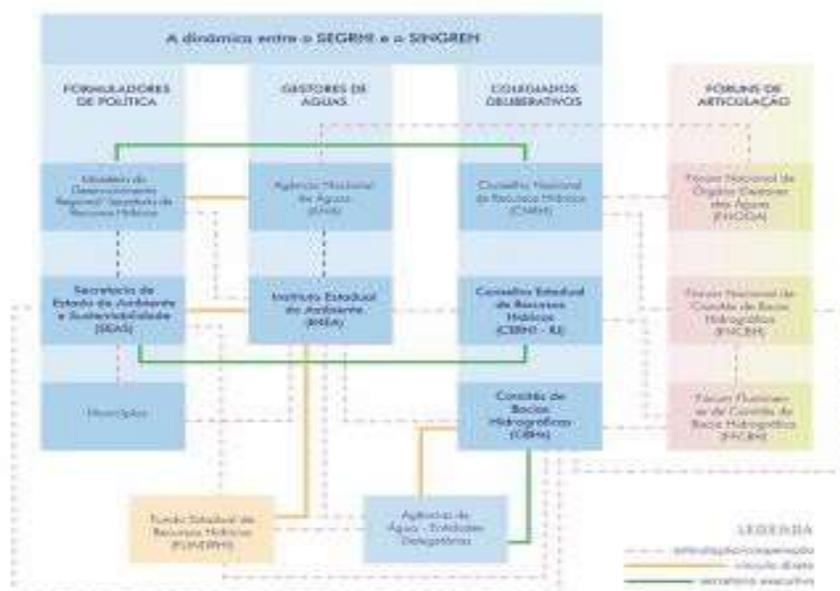
A gestão das águas no Estado do Rio de Janeiro obedece à Política Estadual de Recursos Hídricos, instituída com a criação do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRHI), por meio da Lei Estadual nº 3.239/1999. (INEA, 2022). O sistema estadual está em consonância com o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), entidade federal que reúne órgãos e colegiados e concebe e implementa a Política Nacional das Águas. (INEA, 2022). As demandas por água para abastecimento humano e para atendimento às indústrias em expansão são um grande desafio, uma vez que o maior manancial do estado, o Rio Paraíba do Sul, é compartilhado com outros dois estados da federação: São Paulo e Minas Gerais. (INEA, 2022).

O Sistema de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SEGRHI), instituído pela Lei nº 9433/1997, tem por objetivo a coordenação da gestão integrada das águas, bem como arbitrar administrativamente os conflitos relacionados aos recursos hídricos. Cabe ao sistema implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos, assim como planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação das águas. Para que funcione, o sistema de gerenciamento de recursos hídricos é composto por vários integrantes, cada um com atribuições próprias.

Atores do Sistema de Gestão de Recursos Hídricos a nível estadual são:

- Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (Seas)
- Instituto Estadual do Ambiente (Inea)
- Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI-RJ)
- Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs)
- Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FUNDRHI)

*Figura 22 - Sistema de gerenciamento de recursos hídrico*



Fonte: INEA, 2022.

A crescente pressão sobre os recursos hídricos, além do aumento e da diversificação das fontes de poluição, torna o acompanhamento das alterações da qualidade das águas cada vez mais necessário, de maneira a subsidiar ações de proteção e recuperação, visando à garantia dos usos atuais e futuros. Atualmente, o Inea conta com **321 pontos de amostragem** em diferentes corpos d'água como rios, baías, lagoas e reservatórios, distribuídos por todo o Estado do Rio de Janeiro. Cerca de 60% desses pontos estão localizados em rios e canais e os 40% restantes estão situados nas principais baías, lagoas e reservatórios estratégicos do Estado. (INEA, 2022). O monitoramento contínuo e sistemático da qualidade dos principais corpos hídricos do estado fluminense fornece informações necessárias para o manejo adequado desses ecossistemas aquáticos, possibilitando melhor compreensão do ambiente e a alocação eficaz de investimentos e ações. Os dados

provenientes do monitoramento são a base para a avaliação da qualidade das águas e para a produção de relatórios, diagnósticos e boletins sobre águas condições dos corpos hídricos.

#### 6.9. Critérios para Avaliação da Qualidade das Águas Interiores

A Resolução Conama 357/2005 dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelecendo padrões de qualidade das águas através do uso de limites individuais para diferentes substâncias. A fim de tornar as informações resultantes do sistema de monitoramento de qualidade de água objetivas e de mais fácil interpretação pelos atores interessados, em uma linguagem acessível ao público, foram desenvolvidos relatórios e boletins baseados em **Índices de Qualidade de Água**. (INEA, 2022).

Tais índices têm como objetivo agregar uma gama diversa de informações analíticas em dados de caráter mais sintético, para conseguir descrever e representar de forma mais eficiente o estado atual e as tendências da água. Os Boletins de Qualidade das Águas por Regiões Hidrográficas apresentam um retrato da qualidade dos rios através da aplicação do Índice de Qualidade da Água NSF (IQ<sub>NSF</sub>), que consolida em um único valor os resultados dos parâmetros: Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Fósforo Total (P<sub>T</sub>), Nitrogênio Nitrato (NO<sub>3</sub>), Potencial Hidrogeniônico (pH), Turbidez, Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), Temperatura da Água e do Ar (T<sub>água</sub> e T<sub>ar</sub>) e Coliformes Termotolerantes.(INEA, 2022). Adicionalmente, são publicados outros boletins sobre a qualidade das águas de baías e lagoas como, por exemplo, o Boletim de Qualidade de Água do Sistema Lagunar de Jacarepaguá – formado pelas Lagoas de Jacarepaguá, Marapendi, Camorim e Tijuca –, divulgado bimestralmente. Neste boletim são apresentadas informações de natureza ampla como o resultado do Índice de Conformidade (IC), que leva em consideração os parâmetros Oxigênio Dissolvido (OD), Nitrogênio Amoniacal (NH<sub>4</sub>), Nitrogênio Nitrato (NO<sub>3</sub>), Fósforo Total (P<sub>T</sub>) e Coliformes Termotolerantes, e análises sobre fitoplâncton e microcistinas. De forma semelhante, os resultados do monitoramento do espelho d'água da Baía de Guanabara são retratados por meio da aplicação do Índice de Qualidade de Água Canadense (IQ<sub>CCME</sub>), que consolida em um único valor os resultados dos parâmetros Oxigênio Dissolvido (OD), Fósforo Total (P<sub>T</sub>), Nitrogênio Amoniacal Total (NH<sub>4</sub>), Nitrogênio Nitrito (NO<sub>2</sub>), Nitrogênio Nitrato (NO<sub>3</sub>), Potencial Hidrogeniônico (pH), Coliformes Termotolerantes e Fitoplâncton.(INEA, 2022).

#### 6.10. Programa de Monitoramento Sistemático

O Programa de Monitoramento Sistemático de Qualidade de Água do INEA tem como objetivos principais acompanhar as variáveis de qualidade de água, permitindo a análise da evolução das condições da

qualidade das águas ao longo do tempo, além de fomentar o estabelecimento de sistemas de informação para a gestão dos recursos hídricos, dando suporte aos usos múltiplos (INEA, 2022).

As principais etapas do programa de monitoramento desenvolvido e implementado pelo INEA compreendem:

1. Definição de objetivos e metas do monitoramento;
2. Estabelecimento das redes de controle (localização dos pontos de amostragem);
3. Determinação de parâmetros e frequências do monitoramento;
4. Realização de coletas de amostras de água;
5. Execução de análises laboratoriais e de campo;
6. Análise dos dados utilizando ferramentas matemáticas e estatísticas;
7. Elaboração de diagnósticos em forma de relatórios e boletins; e
8. Divulgação da informação de forma ampla, transparente e objetiva para a população.

O Programa de Monitoramento teve sua origem na **década de 1980**, quando foi iniciado o acompanhamento sistemático da qualidade das águas dos principais corpos hídricos que afluem dentro do território estadual. Desde então, a rede de monitoramento vem sendo otimizada e ampliada, abrangendo todas as regiões do estado, porém os dados ainda são insuficientes para uma melhor gestão do corpo hídrico. (INEA, 2022).

#### 6.11. IQA Médio 2012/2021 - Rios monitorados no Estado do Rio de Janeiro

Com o objetivo de divulgar a informação de forma transparente à população, foi elaborado um Relatório Consolidado do Índice de Qualidade de Águas (IQA) médio do período de 2012 a 2020, o qual se baseia nos dados apresentados nos boletins das Regiões Hidrográficas (RH).(INEA, 2022). Neste Relatório são apresentados mapas com a localização dos pontos monitorados em rios no Estado e por RH e sua respectiva categorização do IQA médio para o período especificado, tabelas contendo o IQA médio anual e gráficos que demonstram o comportamento mensal do IQA calculado (disponível quando da obtenção dos resultados de todos os parâmetros pertinentes ao IQA).(INEA, 2022).

Figura 23 - Evolução do índice de qualidade de água

**RH III Médio Paraíba do Sul**  
**Evolução do IQA Médio anual**

Ponto	Rio	Município	IQA Médio Anual										IQA Médio	
			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020*	2021**		
AB155	Córrego Água Branca	Itaiaia	56,49	64,27	67,38	64,33	59,20	59,20	63,78	70,97			63,20	
BN180	Rio Bananal	Barra Mansa	43,69	51,83	48,62	47,58	51,15	50,06	43,41	47,70			48,01	
FN130	Reservatório de Funil	Itaiaia	62,28	63,67	62,95	60,48	65,43	63,23	64,28	67,48	48,49	64,37	62,27	
PN270	Rio Paraíbauna	Três Rios	68,63	63,76	75,76	74,70	67,93	64,48	68,93	75,97			70,02	
PN273			73,10	65,92	72,17	70,58	67,33	60,79	69,17	73,10			69,02	
PP160	Rio Pirapetinga	Resende	67,08	64,83	60,22	56,49	61,83	60,67	67,80	68,75			63,46	
PS410	Rio Paraíba do Sul	Itaiaia	70,65	65,52	73,67	68,61	71,63	69,25	67,50	73,88	61,26	73,36	69,53	
PS413		Resende	58,83	54,06	54,18	49,97	54,97	52,90	53,91	57,20	49,14	55,43	54,06	
PS415		Floriano	62,61	60,66	62,18	60,71	61,51	60,96	62,28	63,28	45,79	64,97	60,49	
PS418		Barra Mansa	57,40	57,67	59,36	55,10	59,21	55,88	56,50	59,70	44,57	61,73	56,71	
PS419		Volta Redonda	59,02	59,91	58,30	52,72	56,79	57,32	55,40	58,25	41,32	62,30	56,13	
PS421			54,03	56,16	57,24	51,42	57,48	55,43	53,02	56,13	37,95	55,15	53,40	
PS423		Vargem Alegre	60,72	58,11	60,97	53,68	61,25	58,72	58,06	58,32	42,96	59,16	57,20	
PS425		Barra do Pirai	60,61	56,90	64,46	60,18	62,56	59,58	56,83	57,45	48,46	59,50	58,65	
PS430	Rio Paraíba do Sul	Sapucaia	58,07	62,04	58,52	51,23	56,55	56,78	54,98	60,02	42,49	62,66	56,34	
PT0001	Rio Preto	Itaiaia	78,58	81,67	78,24	81,69	78,32	82,43	72,62	78,92			81,73	79,35
PT0002			63,93	70,01	71,41	66,41	71,31	66,84	70,07	67,95			65,11	68,12
PT0003			65,39	70,16	69,37	70,33	69,02	71,49	71,76	71,83			70,20	69,95
PT0004		Resende	68,07	68,57	70,38	71,07	69,58	71,97	82,11	74,17			70,00	71,77
PT0005			62,20	64,55	63,62	65,06	62,89	73,34	68,93	67,82			66,40	66,15
PT0006			66,61	66,52	67,26	68,69	68,25	72,76	71,83	70,59			65,07	68,62
SC200	Reservatório de S. Cecília	Barra do Pirai	61,65	59,17	63,33	61,37	63,93	61,49	58,72	59,10	46,91	60,63	59,63	

OBS: (\*) Rios com monitoramento mensal (FN130, PS410, PS413, PS415, PS418, PS419, PS421, PS423, PS425, PS430 e SC200) com amostragem em janeiro e fevereiro. (\*\*) Apenas os rios com monitoramento mensal (FN130, PS410, PS413, PS415, PS418, PS419, PS421, PS423, PS425, PS430 e SC200) a partir de setembro. Rio Preto com somente uma amostragem em junho.

IQA<sub>NSF</sub> Médio ESTADO DO RIO DE JANEIRO – 2012 a 2021 – INEA/DISEQ/GEIHQ

Fonte.: Inea, 2022.

Basta uma análise perfunctória dos relatórios para se detectar que durante a pandemia que assolava o mundo, ano de 2020 e 2021, não foram produzidos dados que pudessem identificar a qualidade dos recursos hídricos desta região. Assim tecnologias que permitam um monitoramento da qualidade da água, com as informações em tempo real e de forma automatizada se torna ferramenta essencial para a manutenção da qualidade de vida da população e de todo o ecossistema que depende deste recurso. A geração de dados e o tratamento por rede neural artificial identificaria possíveis contaminações pelo COVID-19 no corpo hídrico além de apresentar informações que subsidiassem um plano de controle dos riscos iminentes.

## 6.12 Qualidade da água: lançamento de efluentes em corpos hídricos

A Resolução CONAMA nº 430/11 dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para lançamento de efluentes em corpos de água. Esta resolução altera e complementa a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA.

Assim o gerador de efluentes somente poderá lançar o efluente proveniente a sua atividade industrial após o devido tratamento, assegurando que os padrões exigidos na resolução foram garantidos dentro de suas especificações. Padrões de lançamentos de efluentes em corpos hídricos segundo a determinação da Resolução:

- ❖ pH entre 5 a 9;
- ❖ temperatura: inferior a 40°C;
- ❖ materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Porém, para lançamento em lagos e lagoas, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- ❖ regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor;
- ❖ óleos e graxas: óleos minerais até 20 mg/L; óleos vegetais e gorduras animais até 50 mg/L;
- ❖ ausência de materiais flutuantes;
- ❖ demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO.

Fonte.: CONAMA, 2022.

De 240 pontos de coleta distribuídos em 184 rios, córregos e lagos de bacias hidrográficas do nosso bioma, realizados pela SOS Mata Atlântica, apenas 2,5% dos locais avaliados possuem qualidade boa, enquanto 70% estão em situação regular e 27,5% com qualidade ruim ou péssima. (SOS, Mata Atlântica, 2017). Isso significa que 66 pontos monitorados estão impróprios para o abastecimento humano, lazer, pesca, produção de alimentos, além de não terem condições de abrigar vida aquática. Nenhum dos pontos analisados foi avaliado como ótimo. (SOS, mata Atlântica, 2017). “A principal causa da poluição dos rios monitorados é o despejo de esgoto doméstico junto a outras fontes difusas de contaminação, que incluem a gestão inadequada dos resíduos sólidos, o uso de defensivos e insumos agrícolas, o desmatamento e o uso desordenado do solo”, afirma Malu Ribeiro, especialista em Recursos Hídricos da Fundação SOS Mata Atlântica.

*Figura 24 - Qualidade de água no Brasil*

Índice	Pontos Monitorados	Percentual
ÓTIMA	0	0,0%
BOA	6	2,5%
REGULAR	168	70,0%
RUIM	63	26,5%
PÉSSIMA	3	1,2%
<b>TOTAL</b>	<b>240</b>	<b>100%</b>

Fonte: SOS Mata Atlântica, 2021.

### 6.13. Do Monitoramento em Tempo Real

Em um mundo conectado, dados são constantemente gerados. A revolução cognitiva por meio de técnicas de *machine learning* fez surgir a possibilidade de se encontrar padrões de enorme quantidade de dados gerados, permitindo a compreensão e a definição destes. (MOLINARO et al, 2018). O aprendizado de máquina é um subcampo da ciência da computação que evoluiu o estudo de reconhecimento de padrões e da teoria do aprendizado computacional em inteligência artificial. O estudo e construção dos algoritmos podem aprender a partir de seus erros e fazer previsão sobre os dados. Tais algoritmos operam construindo um modelo a partir de inputs amostrais a fim de fazer previsões ou decisões guiadas pelos dados ao invés de simplesmente seguindo inflexíveis e estáticas instruções programadas.

Para Flach (2012), “machine learning” é o estudo sistemático de algoritmos e sistemas com a finalidade de melhorar o conhecimento e desempenho de determinada experiência. Ou seja, tem por característica principal poder tomar decisões no momento no qual acontece algum desequilíbrio ecológico acontece. Além disso, os dados aplicados em machine learning tem a capacidade de entender melhor o problema e suas variáveis, aumentando o poder na tomada de decisão.

Esta tecnologia, *machine learning*, já vem sendo utilizada por meio de imagens geradas diariamente por satélites radares no monitoramento de águas costeiras para detectar manchas de óleo, permitindo treinar um sistema detector de contaminação, com exemplos sobre derramamentos para cada utilizador (MOLINARO et al, 2018). São esses algoritmos que irão tratar os dados obtidos no monitoramento ambiental, via Arduino acoplados nas estações de tratamento de esgoto e/ou na rede de lançamento de efluentes que visa a auxiliar a tomada de decisão e a conservação do corpo hídrico, gerando:

- **dashboard estatístico** com todos os indicadores, relatórios e métricas da operação;
- **funcionamento na nuvem**, sem depender de um sistema operacional específico;
- **integração** dos dados com as instituições responsáveis pela gestão do corpo hídrico;
- **painel para o monitoramento** dos dados gerados em tempo real;
- **rastreabilidade** por link externo dos parâmetros elencados na Resolução Conama

O protótipo de sistema de monitoramento de água existente onde os sensores de temperatura, ph, e turbidez foram acoplados em um Arduino sedimentou a proposta, visto que os sensores foram testados e validados, ou seja, é eficiente para a emissão de informação, em tempo real, quanto a qualidade de água monitorada. A comunicação inicial foi por Wifi e bluetooth para um celular próximo que captou a emissão de dados e apresentou constância nos resultados com os parâmetros elencado na legislação. A mineração de dados é um processo complexo de exploração de grandes bancos de dados a fim de descobrir significativos padrões e regras, se refere à extração de conhecimento de grandes quantidades de dados. Também é conhecida pelos termos: extração de conhecimento, análise de padrões, arqueologia de dados, etc. (LOBO, 2018).

Segundo Lobo, o processo de mineração de dados pode ser descrito através dos seguintes passos:

- 1 – Limpeza dos dados – remoção de ruídos e inconsistências;
- 2 – Integração dos dados – combinação dos dados de diferentes origens;
- 3 – Seleção dos dados – recuperação de dados relevantes
- 4 – Mineração de dados – aplicação da técnica de extração de padrões;
- 5 – Avaliação de padrões – seleção dos padrões significativos;
- 6 – Apresentação do conhecimento – são usadas técnicas de visualização e representação do conhecimento para apresentação ao usuário.

As Redes Neurais Artificiais (RNA) são uma parte fundamental da Inteligência Artificial e sua história, marcada por altos e baixos, se confunde um pouco com a própria história da IA. As primeiras Redes Neurais artificiais (RNA) surgiram na década de 50 com o advento dos computadores digitais tendo como base o funcionamento dos neurônios biológicos, que já estavam sendo estudados desde 1930 (LOBO, 2018). O objetivo das redes neurais é “aprender” ou “descobrir”, associações entre os dados de entrada e de saída, através de exemplos de forma similar que o cérebro humano adquire através da experiência. Quanto mais exemplos ou observações, melhor será o ajuste da rede. Por isso é uma técnica de aprendizagem supervisionada, definida por um algoritmo que representará o “aprendizado da rede”. (LOBO, 2018).

Os dados coletados da água através do modelo de monitoramento automatizado e tratados por rede neural artificial propiciará informações seguras e fidedignas quanto a possíveis soluções quanto da apresentação de intercorrência e inconformidade nos resultados dos índices de qualidade de água apontados na legislação. Assim a cultura de *accountability*, propiciará a difusão de informação quanto aos dados coletados de forma responsável e com ética, visto que comprometida com resultados que afeta a saúde da população.

## 7 Do Pagamento por Serviços Ambientais

O Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) é um instrumento econômico que, seguindo o princípio “protetor-recebedor”, recompensa e incentiva aqueles que provêm serviços ambientais, melhorando a rentabilidade das atividades de proteção e uso sustentável de recursos naturais, e exige o uso de indicadores adequados para conduzir a situação ambiental almejada.

A Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, Lei nº 14.119/2021, surge em um momento em que se comemora a Década da Restauração de Ecossistema pela ONU, oportunidade para recuperar áreas degradadas no Brasil e no Mundo. A Lei estabelece os objetivos e diretrizes, e um programa federal de pagamento por esses serviços (PFPSA) com foco em ações de manutenção, recuperação ou melhoria da cobertura vegetal em áreas consideradas prioritárias para a conservação, nas ações de combate à fragmentação de habitats e para a formação de corredores de biodiversidade e conservação dos recursos hídricos. (Câmara, 2022).

Essa estratégia está presente na atuação e nas políticas do Estado, que tem apoiado o desenvolvimento de iniciativas e projetos que irá trazer benefícios como a preservação do patrimônio genético, a regulação do clima a redução do desmatamento, da degradação florestal e preponderantemente nos recursos hídricos. (INEA, 2022). No Estado do Rio de Janeiro foi criado e regulamentado o Decreto Estadual nº 42.029/11, o Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais (PRO-PSA) representa um avanço para a proteção dos recursos hídricos, das florestas e da biodiversidade, é uma importante e essencial ferramenta para a conservação das áreas naturais geradoras de serviços ecossistêmicos.

Os serviços ambientais passíveis de retribuição pelas práticas e iniciativas de proprietários rurais do Estado do Rio de Janeiro que favoreçam a conservação, a manutenção, a ampliação ou a restauração de benefícios aos ecossistemas. Ainda estabelece as seguintes modalidades de serviço ambiental:

- I- Conservação e recuperação da qualidade e da disponibilidade das águas;
- II- Conservação e recuperação da biodiversidade;
- III- Conservação e recuperação das FMPs;
- IV- Sequestro de carbono originado de reflorestamento das matas ciliares, nascentes e olhos d'água para fins de minimização dos efeitos das mudanças climáticas globais. (INEA, 2022).

O PRO-PSA está subordinado ao Programa Estadual de Conservação e Revitalização de Recursos Hídricos (Prohidro), e seus investimentos devem priorizar as áreas rurais e os mananciais de abastecimento público. O Instituto Estadual do Ambiente é responsável pela coordenação do PRO-PSA (INEA, 2022).

Figura 25 - Modelo de PSA



Fonte: Comitê de Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara

Os processos ambientais naturais mantêm os ciclos vitais da natureza, os quais garantem a base para a sobrevivência das diferentes espécies e os ecossistemas prestam vários serviços ao homem, dentre os quais se destacam a regulação do clima, a provisão de água em qualidade e quantidade, a ciclagem de nutrientes, a polinização, proteção contra enxurradas e eventos extremos. (ALTMANN, 2010). A Avaliação Ecosistêmica do Milênio (AEM) define os serviços ambientais como os benefícios que o homem obtém dos ecossistemas, dividindo-os em serviços de provisão, de regulação, culturais e de suporte. (AEM, 2005).

Atualmente são comercializados no mundo quatro serviços ambientais com maior intensidade: carbono, água, biodiversidade e beleza cênica. Nos sistemas PSA Água, paga-se pela manutenção ou aumento da quantidade e qualidade da água. A primeira experiência de PSA brasileira é considerada

por muitos como sendo o ICMS Ecológico. (BRITO, 2016). O pagamento por serviços ambientais (PSA) representado por instrumentos, econômicos ou tributários, de pagamento direto ou indireto, pelo governo ou pelo cidadão, de valores àqueles que preservem os bens da natureza com a finalidade da manutenção dos serviços ecossistêmicos, encaixa-se como elemento da política de mercado. (FERREIRA, 2017).

A efetivação de ferramentas que potencializem a manutenção dos ambientes naturais, por meio da compensação por seus serviços oferecidos, é uma necessidade mundial. O Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) ecológico é um exemplo positivo. (BRITO, 2021).

### 7.1. Princípio do Protetor-Recebedor para tutela do Meio Ambiente

O Princípio Protetor-Recebedor dá sustentação ao Programa de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) e pode ser compreendido por aquele que remunera o agente público ou privado que protege um bem natural em benefício da comunidade, ou seja, o agente deve receber uma compensação financeira como incentivo pelo serviço de proteção ambiental prestado. O Princípio Protetor-Recebedor incentiva economicamente quem protege uma área, deixando de utilizar seus recursos, estimulando assim a preservação, que é a essência do funcionamento do programa de PSA.

A Lei de nº 12.727, de 17 de outubro de 2012 incluiu o Art. 1º A, Parágrafo Único, VI ao Código Florestal, Lei de nº 12.651/2012, instituindo como princípio regente do código a aplicação do princípio do protetor-recebedor:

“à criação e mobilização de incentivos econômicos para fomentar a preservação e a recuperação da vegetação nativa e para promover o desenvolvimento de atividades produtivas sustentáveis”.

Para induzir mudanças de comportamento nos seres humanos e instituições, são importantes a educação e a autodisciplina; a coerção, com aplicação de sanções pelo descumprimento de normas; o sistema de preços, que incorpore custos ambientais integrais; a premiação e o incentivo social positivo que ajudam a motivar comportamentos ecologicamente adequados. A aplicação desse princípio foi realizada pela lei que redistribuiu o ICMS - imposto sobre circulação de mercadorias. (RIBEIRO, 2005).

A falta de saneamento e de tratamento de efluentes urbanos pode ser considerado como um dos maiores problemas ambientais e a maior fonte de poluição das águas no Brasil. A aplicação do princípio do protetor-recebedor por meio do Imposto sobre Circulação de Mercadoria e Prestação de Serviços

de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação Ecológico (ICMS Ecológico) torna-se um instrumento eficaz de manutenção e preservação do ecossistema brasileiro.

## 7.2. Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação - ICMS

**ICMS** é a sigla para Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação, regulamentado pela **Lei Kandir** (Lei Complementar 87/1996), constituído como um tributo estadual cujos valores são definidos pelos estados e Distrito Federal.

Basicamente, o ICMS é o imposto que incide quando um produto ou serviço tributável circula entre cidades, estados ou de pessoas jurídicas para pessoas físicas. O ICMS é um tributo que está em praticamente em tudo o que faz parte de nossas vidas. Operações relativas à aquisição de mercadorias em geral, incluindo o fornecimento de alimentos e bebidas em bares, restaurantes e estabelecimentos similares; Prestação de serviço de transporte interestadual e intermunicipal, por qualquer meio, de pessoas, bens, mercadorias ou valores; Prestação de serviços de telecomunicação; Fornecimento de mercadorias com prestação de serviços; Importação de mercadorias do exterior, qualquer que seja a finalidade; Serviços prestados no exterior ou que tenham começado fora do país; Entrada, no Estado de destino, de petróleo, inclusive lubrificantes e combustíveis líquidos e gasosos dele derivados, e de energia elétrica, quando não destinados à comercialização ou à industrialização. (FAZENDA, 2021).

A busca por um modelo de gestão ambiental eficiente que atenda às necessidades de cada região, bem como incentive a implantação, a preservação e a manutenção das áreas naturais, fez com que se fosse criado o ICMS Ecológico como uma ferramenta que remunerasse os Municípios que atendessem critérios de preservação e conservação ambiental.

## 7.3. ICMS Ecológico

A ideia de pagamento por serviços ambientais é remunerar aquele que, direta ou indiretamente, preserva o meio ambiente. Isso significa recompensar quem ajuda a conservar ou produzir serviços ambientais mediante a adoção de práticas que privilegiem a manutenção de biomas. Para que esse novo mercado faça sentido, naturalmente a preservação do meio ambiente deve gerar mais benefícios econômicos do que a sua destruição. Nesse contexto está o ICMS Ecológico. (FERREIRA, 2017).

Nascido sob a égide da “compensação” o ICMS Ecológico é um instrumento de incentivo à conservação e proteção ambiental. O princípio fundamental e norteador é o protetor- recebedor, originário do princípio da Precaução.

O ICMS Ecológico também tem respaldo na Constituição Federal. Ela determina que 75% da arrecadação do ICMS seja destinado ao Estado para a sua manutenção e investimentos e que 25% dessa arrecadação seja distribuída aos municípios (CF, art. 158, IV). O parágrafo único do art. 158, inciso IV estabelece que “até 25% do ICMS da parte que pertencer aos municípios será distribuído de acordo com lei estadual”, ou seja, até 1/4 dos 25% pode ser rateado aos municípios que investem na preservação ambiental, desde que haja legislação estadual pertinente.

O ICMS Ecológico é um mecanismo tributário que possibilita aos municípios acesso a parcelas maiores que àquelas que já têm direito, dos recursos financeiros arrecadados pelos Estados através do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços, o ICMS, em razão do atendimento de determinados critérios ambientais estabelecidos em leis estaduais. Não é um novo imposto, mas sim, a introdução de novos critérios de redistribuição de recursos do ICMS, que reflete o nível da atividade econômica nos municípios em conjunto com a preservação do meio ambiente.

Dessa forma o ICMS Ecológico constitui um mecanismo de incentivo pautado no conceito do protetor-recebedor, que compensa financeiramente aqueles municípios que promovem uma gestão ambiental de seus recursos naturais, promovendo a sustentabilidade. Este recurso financeiro servirá para que os municípios invistam na conservação de seus recursos naturais, visando diminuir pressões decorrentes da urbanização e de processos de produção agrícola e industrial (MEDEIROS et al. 2011).

Parte do ICMS pode ser repassada conforme critério previsto na Lei Estadual. Assim, no caso dos Estados com leis estaduais referentes ao ICMS Ecológico, uma parcela deste imposto é destinada ao Município onde a qualidade ambiental é relevante, sendo observadas algumas variáveis ambientais, tais como Unidades de Conservação, Áreas de Preservação Permanente, Reservas Legais, Terras Indígenas, coleta seletiva de lixo e sua destinação final, tratamento de esgoto, dentre outros.

É importante ressaltar que o ICMS Ecológico, não implica na criação nem no aumento de impostos, mas sim, em um remanejamento tributário, com base na conservação ambiental que os municípios realizam em seu território. Dessa forma, o ICMS ecológico é considerado pelos estudiosos do tema como uma oportunidade para que os governos estaduais direcionem as práticas de gestão municipal para as atividades ambientalmente adequadas. (EMILIANDO, 2016).

O ICMS Ecológico do estado do Rio de Janeiro foi criado por meio da Lei Estadual nº 5.100 de 04/10/2007, que passou a vigorar em 2009 através do Decreto Estadual nº 41.844 (04/05/2009), este componente foi incorporado gradativamente na distribuição do ICMS. O valor para rateio que compõe

o ICMS Ecológico repassado aos municípios anualmente corresponde a 2,5% (dois virgula cinco por cento) do total de ICMS arrecadado pelo Estado. Esse rateio é realizado anualmente conforme os indicadores/critérios ambientais dos municípios, que irão compor o Índice Final de Conservação Ambiental (IFCA).

O Rio de Janeiro apresenta um avanço em relação aos demais estados: as prefeituras que criarem suas próprias Unidades de Conservação terão direito a 20% dos 45% destinados à manutenção de áreas protegidas. Portanto, dependendo do tipo de política que adotar em prol do meio ambiente, o município terá direito a maior repasse do imposto. (SOUZA, 2011)

A pontuação para classificação no ranking do Índice Final de Conservação Ambiental (IFCA), que indica o percentual do ICMS Ecológico que cabe a cada município, depende das ações de cada cidade em defesa do ambiente, considerando os seguintes subíndices:

- Tratamento de Esgoto;
- Destinação de resíduos sólidos urbanos (Coleta seletiva; Coleta de Óleo vegetal);
- Remediação de vazadouros;
- Mananciais de abastecimento;
- Áreas protegidas (Unidades de Conservação) de todas as categorias;
- Áreas Protegidas Municipais

*Figura 26 - Apresentação dos percentuais que cabem a cada critério do ICMS ecológico*



**Fonte:** Decreto n° 46.884/19

O repasse monetário referente ao ICMS Ecológico é definido pelo cálculo do IFCA para cada município. O IFCA é um percentual de referência calculado a cada ano, através das informações que os municípios enviam à SEAS (relativas ao ano anterior), que são utilizadas como valor de referência pela SEFAZ para o cálculo da cota-parte de cada município. Todos os anos os gestores municipais enviam suas informações que são analisadas e utilizadas para o cálculo do IFCA composto por 6 sub-índices pela seguinte fórmula:

$$\text{IFCA}(\%) = (10 \times \text{IrMA}) + (20 \times \text{IrTE}) + (20 \times \text{IrDL}) + (5 \times \text{IrRV}) + (36 \times \text{IrAP}) + (9 \times \text{IrAPM})$$

Figura 27 - Sub-índices temáticos do ICMS ecológico

CRITÉRIOS RELACIONADOS	PORCENTAGEM (%)	SUB ÍNDICES TEMÁTICOS	SIGLAS	PORCENTAGEM (%)
<u>Qualidade ambiental dos recursos hídricos</u>	30	<u>Mananciais de Abastecimento</u>	<u>IrMA</u>	<u>10</u>
		<u>Tratamento de Esgotos</u>	<u>IrTE</u>	<u>20</u>
<u>Disposição final adequada dos resíduos sólidos</u>	25	<u>Destinação de Lixo</u>	<u>IrDL</u>	<u>20</u>
		<u>Remediação de Vazadouros</u>	<u>IrRV</u>	<u>5</u>
<u>Existência e efetiva implantação de áreas protegidas</u>	45	<u>Áreas Protegidas (todas as UCs)</u>	<u>IrAP</u>	<u>36</u>
		<u>Áreas Protegidas Municipais (apenas as UCs Municipais)</u>	<u>IrAPM</u>	<u>9</u>
<b>ÍNDICE FINAL DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL</b>			<b>IFCA</b>	<b>100</b>

Fonte: INEA, 2022.

Figura 1- Apresentação dos percentuais de cada sub-índice e a qual critério está relacionado.

Figura 28 - Apresentação dos percentuais de cada sub-índice e a qual critério está relacionado



Fonte: Decreto nº 46.884/19.

Para ser considerado habilitado para o recebimento do ICMS Ecológico, o município deverá comprovar anualmente a existência e implementação de seu Sistema Municipal do Meio Ambiente (SMMA), composto por quatro componentes (Tabela 1):

Figura 29 - componentes necessários à habilitação do ICMS ecológico

Componentes do Sistema Municipal de Meio Ambiente	
• Conselho Municipal do Meio Ambiente	
• Fundo Municipal do Meio Ambiente	
• Órgão administrativo executor da política ambiental municipal	
• Guarda Municipal Ambiental	

Fonte: Lei nº 5.100/07

O Decreto Estadual de nº 46.884/19 criou o importante Índice de Qualidade do Sistema Municipal de Meio Ambiente (IQSMMA), que destinará uma parcela de bonificação de até 10% em todos os indicadores que compõem os cálculos dos relativos utilizados para a composição do Índice Final de Conservação Ambiental (IFCA), do município habilitado e mudanças nos critérios de avaliação e pontuação.

Para se habilitar ao IQSMMA o município deverá apresentar resultado relativo ao Percentual de Bonificação/ Parcialmente implementado ou totalmente implementado nos 6 indicadores que compõem os instrumentos de Gestão Ambiental Municipal, resultando no Valor Adicional do IQSMMA (VAIQSMMA) (Tabela 2).

Figura 30 - Componentes necessários para a habilitação no ICMS Ecológico (continuação)

Instrumentos de Gestão Ambiental Municipal	Percentual de Bonificação/ Valor adicional* (IQSMMA) Parcialmente implementado	Percentual de Bonificação/ Valor adicional* (IQSMMA) Totalmente implementado
Possui Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos?	1%	2%
Possui Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica?	0,5%	1%
Possui Plano Municipal de Saneamento Básico?	0,5%	1%
Possui Programa Municipal de Educação Ambiental?	0,5%	1%
O município realiza Licenciamento Ambiental de impacto local?	1%	2%
O município possui legislação específica de repasse de parcela do valor recebido do ICMS Ecológico no Fundo Municipal de Meio Ambiente?	1,5%	3%
<b>Total do VA IQSMMA (%)</b>	<b>10%</b>	

Fonte: Decreto n° 46.884/19

Os repasses são proporcionais ao percentual destacado no Índice Final de Conservação Ambiental (IFCA), utilizando a proporção de quanto maior o percentual, mais recursos as prefeituras recebem.

A cada ano, os sub-índices são recalculados e geram novo percentual para o IFCA, possibilitando nova oportunidade para os municípios investirem na conservação ambiental e por consequência aumentarem a participação no repasse de verbas oriundas do ICMS.(INEA, 2022).

A proposta visa o olhar para a variável, Recursos Hídricos, que compõem o Índice Final de Conservação Ambiental que estão divididas em dois sub-índices: Mananciais de Abastecimento e Tratamento de Esgoto.

*Figura 31 - Variável recurso hídrico*

Variável	Sub-Índice	Percentual
Recursos Hídricos	IrMA – Mananciais de Abastecimento	10%
	IrTE – Tratamento de Esgotos	20%
	<b>Total</b>	<b>30%</b>

Fonte.: Adaptado INEA.

#### 7.4. Mananciais de Abastecimento

Para o cálculo deste subíndice são consideradas os seguintes aspectos: a área de drenagem total da bacia com capacidade para abastecimento público de municípios localizados fora da bacia, a área drenante do município na bacia e a cota-parte da bacia que serão contempladas (cotas iguais). (ENGEMA, 2014).

##### 7.4.1. Tratamento de Esgoto

Para o cálculo desta variável, são considerados dois aspectos: o percentual da população urbana atendida pelo sistema de tratamento de esgoto e o nível de tratamento deste sistema de tratamento de esgoto. Sendo este último dividido em: primário, secundário, emissário submarino e estação de tratamento de rio (peso 2), e terciário (peso 4). Note que nos sistemas de captação em tempo seco é aplicado um fator de eficiência de 75% em função das épocas chuvosas. (ENGEMA, 2014).

##### 7.4.2. Do Índice de qualidade da Gestão Municipal.

Foi introduzido no Decreto Estadual nº 46.884/2019 o Índice de Qualidade do Sistema Municipal de Meio Ambiente (IQSMMA), voltado a incentivar a implementação e atualização dos planos da Mata Atlântica, de Saneamento Básico, Resíduos Sólidos e Educação Ambiental, o Licenciamento Ambiental Municipal e legislação específica de repasse do ICMS Ecológico aos fundos municipais de Meio Ambiente.

A pontuação das prefeituras no IQSMMA pode valer bonificação extra de até 10% em cada um dos seis índices que compõem o cálculo do IFCA, sendo premiados o desempenho qualitativo dos gestores locais focados nas áreas: áreas protegidas (um é específico para as municipais), o de mananciais, à destinação dos resíduos sólidos, o de remediação de lixões e o que pontua o tratamento de esgoto.

O Decreto Estadual 46.884/2019 além da criação do Índice de Qualidade do Sistema Municipal de Meio Ambiente (IQSMMA), prevê a alteração dos critérios de avaliação e pontuação nos subíndices que formam o IFCA com a inserção dos novos critérios e indicies como:

- Criação do Índice de Qualidade do Sistema Municipal de Meio Ambiente (IQSMMA);
- Aumento da pontuação das Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs);
- Redução da pontuação das áreas de proteção Ambiental (APAs), que são uma categoria menos restritiva de unidade de conservação;
- O critério “grau de implementação” passou a incluir programas e projetos que estimulam a produção científica sobre UCs e seu uso público;
- Aumento no repasse de verbas a cidades que incluem cooperativas de catadores na coleta seletiva, integrem consórcios para o destino do lixo a aterros sanitários licenciados e promovem a remediação (descontaminação) de seus lixões;
- **Exigência de relatório de eficiência para cada estação de tratamento de esgoto (ETE) existente no município.** (grifo nosso).

Antônio Marcos Barreto, subsecretário de Conservação da Biodiversidade e Mudanças do Clima da Secretaria Estadual do Ambiente e Sustentabilidade do Rio de Janeiro (Seas/RJ), enfatiza:

“O Decreto nº 46.884/2019 inseriu conceitos e indicadores fundamentais para promover uma análise mais qualitativa dos impactos da política pública do ICMS Ecológico implementada pelos municípios fluminenses. Com este novo decreto, os gestores municipais terão suas ações mais reconhecidas e premiadas, de forma a incentivar o desenvolvimento sustentável em todo o estado”. (ECO, 2020).

## 7.5. Critérios de repasse

### 7.5.1. Procedimentos Relativos ao Índice de Tratamento de Esgoto

A definição técnica do índice encontra-se no artigo 4º, inciso II e Anexo II, inciso II.2 do Decreto Estadual nº 46.884/ 2019:

Art.4º As definições técnicas para alocação do percentual de 30% (trinta por cento) relativo à qualidade ambiental dos recursos hídricos serão fixadas com base no disposto no Anexo II deste Decreto, observado o seguinte:

II - 2/3 do percentual mencionado no caput, equivalente a 20% (vinte por cento) do total do ICMS distribuído segundo as regras estabelecidas na Lei nº 5.100/2007, serão distribuídos aos municípios de acordo com o sistema de esgotamento sanitário urbano na forma do Índice Relativo de Tratamento de Esgoto (IrTE). (INEA, 2020).

Para o cálculo do ICMS serão utilizados os dados: população municipal atendida, nível de tratamento e eficiência da Estação de Tratamento de Esgoto. O município que não apresentarem os dados mencionados não será contemplado para o cálculo da bonificação do ICMS Ecológico.

O nível de tratamento será pontuado da seguinte forma:

*Figura 32 - Pontuação para nível de tratamento*

Nível de tratamento de Esgoto	Fator de avaliação
Primário	1
Secundário	2
Emissário Submarino	2
Terciário	4

Fonte: Adaptado INEA, 2021.

**Preliminar e primário:** Compreende as atividades de decantação, flotação e digestão de sólidos. Nestas classes situam-se decantadores primários, tanques de flotação e digestores primários de lodo, sistemas anaeróbicos (lagoas), sistemas compactos (sedimentação e digestão, tanque e secagem do lodo).

**Secundário:** Compreende as atividades que visam a diminuição dos componentes biológicos, matéria orgânica e, eventualmente, nutrientes e metais pesados, através de predominância de

mecanismos biológicos. Nesta categoria estão presentes os filtros biológicos, reatores de lodo ativado, decantação secundária, lagoas de estabilização aeróbicas, lagoas aeradas.

**O Emissário submarino**, as Estações de Tratamento de rio e a ETE com emissário submarino serão contemplados como tratamento secundário.

**Terciário:** Compreende as atividades complementares ao tratamento secundário, como remoção de poluentes tóxicos ou não biodegradáveis ou eliminação adicional de poluentes não degradados na fase secundária e eliminação de microrganismos patogênicos. Nesta classe situam-se as desinfecções (sistemas compostos por cloradores e ozonizadores), processos de remoção de nutrientes, osmose reversa, troca iônica e filtração final. As fossas filtro, Estações de Tratamento de Chorume e Estações de Tratamento de Efluentes Industriais não serão computadas para efeitos de cálculo de bonificação do ICMS Ecológico. (INEA, 2020).

#### 7.5.2. Eficiência do Tratamento de Esgoto Sanitário

A eficiência de remoção de DBO na Estação de Tratamento de Esgoto é uma exigência de controle presente na Diretriz de Controle de Carga Orgânica Biodegradável em Efluentes Líquidos de Origem Sanitária - DZ-215.R4.

Esta representa o percentual de DBO removida pela ETE. A eficiência entrará no cálculo do ICMS Ecológico através do índice RE, correspondente à eficiência média anual das ETEs.

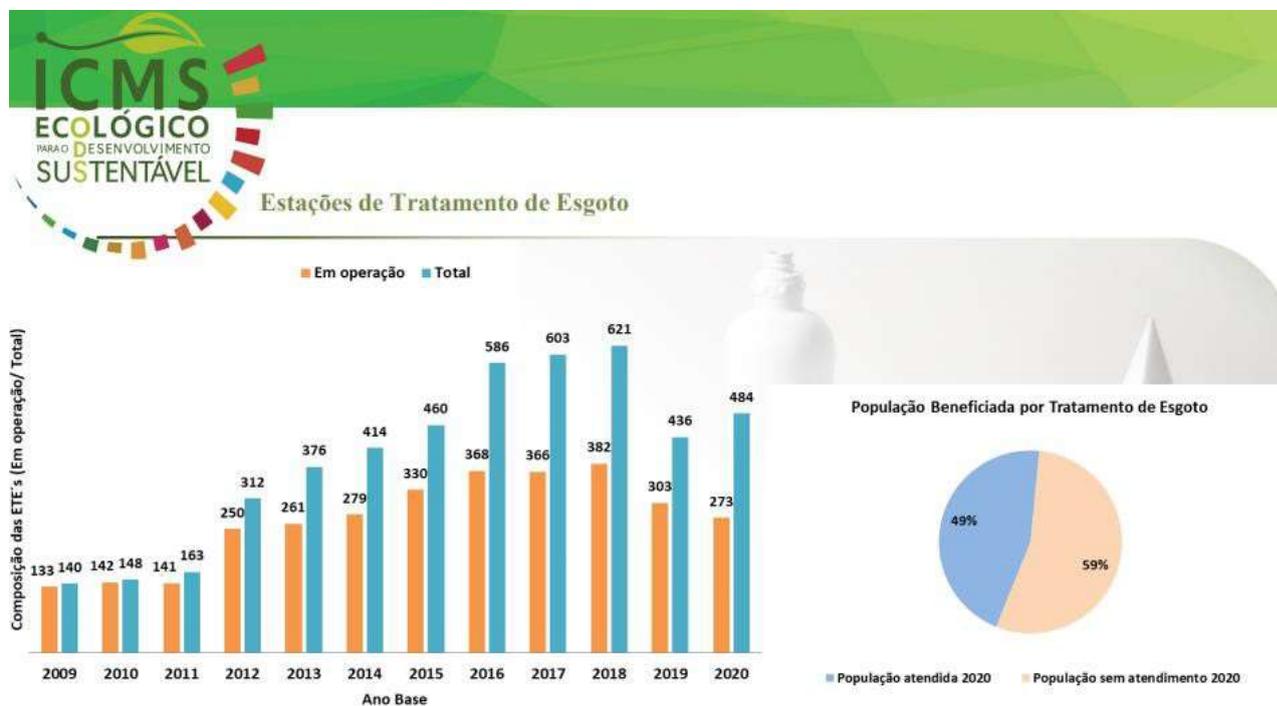
*Figura 33 - Eficiência do tratamento de esgoto sanitário*

<b>Percentual de Eficiência da ETE (ER)</b>	<b>RELATÓRIO DE EFICIÊNCIA (RE).</b>
Menor que 80%	0
Maior que 80% e menor que 90%	8
Maior que 90% e menor de 100%	10

Fonte: INEA, 2021.

No formato convencional os ensaios analíticos do parâmetro DBO, anual, deverão ser realizados por laboratório credenciado pelo INEA. Tal credenciamento é a garantia de que o laboratório esteja apto a fazer análises e que os laudos emitidos por este serão reconhecidos por órgãos de fiscalização.

Figura 34 - evolução de repasse de ICMS



Fonte.: INEA, 2022.

### 7.5.3. Programa Estadual Municípios +Sustentáveis

No dia 28 de junho de 2022, a Secretaria de Estado de Ambiente e Sustentabilidade e o INEA promoveram, no auditório da sede dos órgãos ambientais, o lançamento do Programa Estadual Municípios + Sustentáveis, que vai complementar o mecanismo tributário ambiental, viabilizando ainda mais o desenvolvimento sustentável das cidades fluminenses. (INEA 2022).

A iniciativa abrange diversos indicadores não previstos no ICMS Ecológico e terá todo o recurso adquirido a partir dos critérios ambientais transferidos para o fundo das secretarias municipais de Meio Ambiente. O objetivo é estimular as prefeituras a implementarem e desenvolverem agendas ambientais estratégicas por meio do cumprimento de metas inspiradas nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). (INEA, 2022).

“Esse programa vem como um combo de tudo que acreditamos dentro das políticas públicas, principalmente na participação colaborativa. Vamos fortalecer as ações socioambientais municipais, trazer mais autonomia para os gestores e ainda estreitar a relação entre o estado e os municípios. O Município+Sustentável simboliza o início de uma política a ser expandida para todo o Brasil, mantendo título de vanguarda ambiental para o Rio de Janeiro”, declarou o subsecretário de Conservação da Biodiversidade e Mudanças de Clima da Seas, Flávio Gonçalves (INEA, 2022).

## 8. Produto: Uma proposta de incrementação do decreto acerca das definições do ICMS ecológico

### 8.1 Partes do Decreto

1. Cabeçalho (ou timbre): Como nos demais atos da redação oficial, empregam-se o brasão e a identificação do órgão responsável pela decretação. A forma de apresentação no espaço da folha segue, portanto, a disposição que está sendo padronizada. Os identificadores “Governo do Estado do Rio de Janeiro” e “Secretaria Estadual do Ambiente” figurarão em fonte Calibri tamanho 12, sem negrito e sem caixa-alta. Esse cabeçalho será centralizado na parte superior apenas da primeira página, considerando a possibilidade de existirem duas ou mais delas. (CASA CIVIL, 2022).

2. Epígrafe (identificação do documento): Coloca-se, de forma também centralizada, o nome do ato por extenso (DECRETO), seguido do número correspondente (Nº XX). Esse número é acompanhado de vírgula e, depois dela, vem o espaço dedicado à datação (DE \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_). Toda a epígrafe é grafada em caixa-alta e em negrito; além disso, não se coloca ponto-final após a data.

3 Ementa: A ementa serve para sintetizar o assunto tratado no ato normativo, isto é, resume o que está sendo determinado no decreto. Quanto à forma de apresentação, a ementa é registrada em texto recuado e justificado, indo da metade da linha até a margem direita (o correspondente a 9 cm de largura). Produz-se uma frase declarativa e resumitiva, cujo conteúdo mantenha clara correlação com o art. 1º do decreto. Devem ser evitadas declarações vagas como “e dá outras providências”, a qual só se justificará em atos normativos muito extensos e com multiplicidade temática ou se o(s) conteúdo(s) não expresso(s) for(em) pouco relevante(s) e estiver(em) relacionado(s) com o(s) tema(s) explícito(s) na ementa.

4 Preâmbulo: O preâmbulo é a seção que bem situa os possíveis interessados quanto à procedência – a autoria – e as bases legal e processual para a matéria sobre a qual se legisla. Assim, comumente se declaram as normas que dão o fundamento de validade ao ato. Elas não poderão apenas estar relacionadas ao conteúdo que se preceitua; devem, sim, indicar em que ele se funda. No caso do decreto, o preâmbulo deve trazer, inicialmente, o nome do signatário, isto é, de quem efetivamente decreta (O GOVERNADOR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO), em caixa alta e com negrito. Além disso, na mesma estrutural frasal, entre vírgulas, registram-se o suporte de lei e a contextualização processual que autoriza e justifica o Governador adotar a norma subsequente. Feito isso, como se fosse

abrir novo parágrafo (após espaçamento de 6 pontos e com recuo de 2,5 cm), coloca-se a ordem de execução **DECRETA**, em caixa-alta e com negrito, seguida de dois-pontos. Para a apresentação do art. 1º, deixa-se o espaçamento de 12 pontos (o mesmo usado entre os artigos).

5 Texto normativo: É a seção primordial do decreto, já que nela está essencialmente o conteúdo preceituado, o objeto da regulamentação, ou seja, o que se quer que aconteça. Geralmente, por o decreto se tratar de ato normativo, é portador da mesma técnica legislativa, com artigos, parágrafos, incisos, alíneas e itens (se estes últimos se fizerem necessários). Os artigos, como se sabe, são as unidades fundamentais de apresentação do conteúdo a ser regulamentado. Eles podem se desdobrar em parágrafos e incisos; os parágrafos, em incisos; estes, em alíneas; e estas, em itens. As disposições normativas precisam ser redigidas com clareza, precisão e ordem lógica. Para isso, devem ser elaboradas frases curtas e concisas, com a eliminação de preciosismo, adjetivação e neologismo (oportunar e desprofissionalização – termos ainda não considerados pelo Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa – seriam exemplos). Caso o decreto em produção esteja revogando outro(s) ou dispositivo(s) de outro decreto, tem que existir cláusula de revogação, especificando precisamente o que está sendo revogado.

7. Assinatura: Também como os demais atos normativos, o decreto deve ser assinado pela autoridade que decreta. Diz-nos respeito a figura signatária do Governador do Estado do Rio de Janeiro. Assim, de forma centralizada, com o espaçamento de 12 pontos após o fecho, coloca-se o nome do governador em caixa-alta, sem negrito e, na linha seguinte, registra-se Governador do Estado, com caixa-baixa e sem negrito.

## 8.2 Considerações

O ICMS Ecológico é um dos principais instrumentos de política pública no estado do Rio de Janeiro que repasse parcelas consideráveis aos municípios que preservam e conservam o meio ambiente em todas as suas nuances, mediante o estabelecimento de critérios de restrição e proteção ambientais pré-definidos.

Assim a quantia a ser recebida pelo Município a título de ICMS Ecológico dependerá unicamente do seu comprometimento com a preservação e conservação, viabilizando a efetivação de ações voltadas a melhoria da qualidade da vida das pessoas e do meio ambiente. Por mais que o ICMS Ecológico tenha proporcionado resultados de significativa importância, tais como: a facilidade de implementação técnica; o aumento da superfície de áreas protegidas; a evolução na qualidade das unidades de conservação; o reforço da capacidade financeira dos municípios; e a abrangência de

aspectos ambientais que podem ser considerados pela Lei, mazelas significativas quanto ao saneamento básico ainda são tema que merece atenção. (ROSSATO *at al*,2006).

Os sistemas de tratamento ou disposição dos resíduos sólidos e sistemas de tratamento de esgotos sanitário são fundamentais para a conservação dos recursos naturais e preservação do meio ambiente. A pandemia do Covid-19 nos mostrou a necessidade de controle e monitoramento da qualidade do solo e da água do corpo hídrico. A contaminação do solo por necrochorume das vítimas portadoras de Covid enterradas em cemitérios não licenciados e sem medidas mitigadores de infecção, e da água dos rios que apresentaram indícios da existência do vírus foram tema de grande debate e veiculação nas mídias sociais.

Sem dizer que muitas das Estações de Esgoto dos Município Fluminenses não apresentavam relatório da qualidade da água lançada nos corpos hídricos, vez que, por força da pandemia, não foi possível realizar o monitoramento da qualidade da água, que é feito de forma convencional, ou seja, há necessidade de coleta de material *in loco* a ser enviado por laboratório credenciado no INEA para se apurar se a qualidade da água obedece aos parâmetros elencados na legislação.

A edição de um decreto estadual que destine repasse a título de ICMS Ecológico aos Municípios que realizam o monitoramento da qualidade de água em tempo real, possibilitará uma melhoria na gestão dos recursos hídricos, pois os dados gerados serão compartilhados com os órgãos que detém a obrigação de geri-los, e subsidiarão a elaboração de planejamento para mitigar e reduzir a contaminação.

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O acesso a água em qualidade e quantidade suficientes e adequadas ao atendimento das necessidades humanas, torna-se indispensável a existência de uma vida digna, assim carece de tratamento prioritário das instituições que detém o poder de prestar o acesso.

Apesar da previsão de alcance por meio do princípio da universalização ao acesso de água tratada e ao saneamento básico existirem, os índices de atendimento à população ainda estão longe do ideal. O serviço de saneamento básico já ultrapassou o cunho social do instituto ele afeta a economia do país e ao meio ambiente vez que impacta diretamente a vida e a saúde pública.

Assim, investimentos financeiros robustos em saneamento são indispensáveis para mitigar o problema de acesso a este serviço essencial. O leilão da Cedae já demonstra dados positivos na redução de custos com a saúde de 2021 a 2056, estimando aproximadamente um resultado de ganho anual de R\$ 717 mil e um aumento considerável da produtividade do trabalho. (TRATA, 2022).

Além dos ganhos sociais e econômicos, há os ganhos ambientais com a despoluição dos mananciais, rios, córregos e lagos da região, com ganhos inestimáveis, se tornando um grande legado da universalização do saneamento nos blocos 1 e 4 do Rio de Janeiro. (TRATA, 2022)

A vontade política para se aplicarem instrumentos econômicos a partir do princípio protetor-recebedor e a sensibilidade política e social para com o tema ambiental cria um clima favorável à adoção de instrumentos tecnológicos que visam a salvaguardar os ecossistemas e qualidade de vida da população.

Entretanto, tal predisposição favorável não é condição suficiente caso não se crie e consolide a base de informação técnica consistente, capaz de dar confiabilidade às propostas e evitar que os atores públicos desconfiem da veracidade dos dados e quantificações sobre informações que afetam a salutar qualidade de vida.

A criação e existência de cadastros atualizados e confiáveis dos recursos hídricos, de áreas protegidas, unidades de conservação, áreas verdes que mereçam serem remuneradas é uma condição fundamental.

A adoção de instrumentos econômicos exige uma base de informações ambientais de boa qualidade, que permita quantificar as questões e distribuir os ônus ou os benefícios econômicos.

A base de informação de dados de qualidade de água praticamente não existe no Brasil, deficientes os cadastros, os monitoramentos de qualidade ambiental, e os relatórios de emissão de poluentes.

O monitoramento da qualidade de água em tempo real proporciona uma avaliação mais completa das estações de monitoramento por permitir que, além de ser avaliados os dados individuais, podem ser avaliados os coletivos concomitantemente.

A capacidade do uso de redes neurais artificiais (RNA) para diferentes propósitos na área de recursos hídricos, desde o preenchimento de falhas na série de dados climatológicos até a avaliação de RMQA propriamente dita apresenta dados consistente e um bom desempenho.

Assim o instrumento tecnológico é apto a gerar dados confiáveis e em tempo real, tornando-se uma ferramenta importante de monitoramento da qualidade da água e o uso de mecanismos financeiros redistribuídos aos municípios pelo instituto do ICMS Ecológico é a melhor via de alocação e implementação.

Com os dados gerados pelo monitoramento da qualidade da água em tempo real, recomendamos:

1. O compartilhamento com a agência reguladora ANA, para subsidiar a elaboração de Termo de Referência de abrangência em território nacional e consequentemente norma de eficácia *erga omnis*;
2. O compartilhamento com o INEA, para subsidiar o controle da qualidade e quantidade da água dos rios estaduais;
3. O compartilhamento com o Observatório do ICMS Ecológico que fornecerá dados da qualidade da água lançada no corpo hídrico pelas Estações de Tratamento de Esgoto, atestando a operacionalidade da mesma;
4. O compartilhamento com os Comitês de Bacias Hidrográficas, com o fim de subsidiar a elaboração do enquadramento, planejamento e gestão do corpo hídrico;
5. A utilização do mecanismo de monitoramento da qualidade da água em tempo real pelas empresas privadas utilizadoras de água subterrâneas, quando do pedido de outorga no órgão ambiental, por norma operacional a ser exarada pelo Presidente do INEA;
6. A determinação de destinação específica de utilização do benefício arrecadado a título de ICMS Ecológico em melhorias nos sistemas tratamento de água e esgoto dos municípios;
7. O Acompanhamento e assessoramento do INEA na instituição dos Conselhos Municipais de Saneamento Básico que tem como uma de suas obrigações a fiscalização de alocação dos recursos de ICMS Ecológico destinado aos Municípios para que estes exerçam o controle social.

## Referências Bibliográficas

- ALTMANN, Alexandre. PAGAMNETO POR SERVIÇOS AMBIETAIS: ASPECTOS JURÍDICOS PARA A SUA APLICAÇÃO NO BRASIL. Planeta Verde.org. 14º Congresso Internacional de Direito Ambiental, Florestas, mudanças climáticas e serviços ecológicos. Anais. São Paulo. 2010.
- AMADO, Frederico. Direito Ambiental Esquemático, p. 78.
- ANA, < <https://www.gov.br/ana/pt-br> > Acesso em 23 de agosto de 2022.
- ANTUNES, Paulo de Bessa. Direito Ambiental, 16ª Edição, Editora Atlas S.A – 2014, São Paulo
- BRASIL, Decreto nº 42.029, de 15 de junho de 2015. Regulamenta o programa estadual de conservação revitalização de recursos hídricos - pro hidro, previsto nos artigos 5º e 11 da lei nº 3.239, de 02 de agosto de 1999, que instituiu a política estadual de recursos hídricos, e dá outras providências. Disponível em: <<http://cbhbaixoparaiba.org.br/downloads/decreto-42029.2011.pdf>>. Acesso em 23 de agosto de 2022.
- BRASIL, Lei Estadual 5.100/2007, Lei do ICMS Verde.. Acesso em 06 de agosto de 2021.
- BRASIL, Organização das Nações Unidas – ONU - < <https://brasil.un.org/> >. Acesso em 27 de julho de 2021.
- Brito, R. de O., & Marques, C. F. (2016). PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS: UMA ANÁLISE DO ICMS ECOLÓGICO NOS ESTADOS BRASILEIROS. *Planejamento E Políticas Públicas*, (49). Recuperado de //www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/727
- Brito, R. de O., & Marques, C. F. (2021). PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS: UMA ANÁLISE DO ICMS ECOLÓGICO NOS ESTADOS BRASILEIROS. *Planejamento E Políticas Públicas*, (49). Recuperado de //www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/727.
- EMBRAPA, 2021. RAMOS, Nilza Patrícia, JUNIOR, Arivaldo Luchiari. ÁRVORE DO CONHECIMENTO CANA DE AÇÚCAR. Monitoramento Ambiental. <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_73\\_711200516719.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_73_711200516719.html)>. Acesso em 06 de agosto de 2021.
- Ferreira, L., & Tupiassu, L. (2017). O ICMS ECOLÓGICO COMO FORMA DE PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS AOS MUNICÍPIOS PARAENSES PARA A REDUÇÃO DO DESMATAMENTO AMAZÔNICO - DOI: <http://dx.doi.org/10.5216/rfd.v41i2.42730>. *Revista Da Faculdade De Direito Da UFG*, 41(2), 87–109. <https://doi.org/10.5216/rfd.v41i2.42730>.
- FERREIRA, Simone de Assis, MACEDO, Marcelo Alvaro da Silva, PIMENTA, Márcio Marvila, SIQUEIRA, José Ricardo Maia de. IMPACTO DO ICMS ECOLÓGICO NOS INVESTIMTOS EM SANEAMENTO E GESTÃO AMBIENAL: ANÁLISE DOS MUNICIPIOS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. *Journal of*

Environmental and Sustainability – JEAM. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade-GeAS.Vol.4, n.2. maio/Agosto 2015.

Goulart, M. & Callisto, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. Revista da FAPAM, ano 2, no 1. 2003.

INEA. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade promove premiação do icms ecológico em 2021. 2021. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/secretaria-de-estado-do-ambiente-e-sustentabilidade-e-inea-promovem-premiacao-do-icms-ecologico-2021/> acesso 23 de agosto de 2022.

INEA. Como é feito o monitoramento das águas interiores. 2022. < <http://www.inea.rj.gov.br/ar-agua-e-solo/como-e-feito-o-monitoramento-das-aguas-interiores/>> Acesso em 23 de agosto de 2022.

MARTINS, Antonio Martins. O QUE É A POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS E A SUA IMPORTANCIA PARA O MEIO AMBIENTE. 2020. Disponível em: <<https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/o-que-e-a-politica-nacional-de-recursos-hidricos-e-a-sua-importancia-para-o-meio-ambiente>>. Acesso em 06 de agosto de 2021.

Mendonça, M. R. de M., Silveira, B. T., Quadrelli, G., & Franciss, R. (2021). Rede neural artificial aplicada à estimativa da pressão de poros de uma formação rochosa. *Geologia USP. Série Científica*, 21(2), 41-58. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v21-163305>, v. 21 n. 2 (2021)

MMA, 2021. RESOLUÇÃO CONAM 357/2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em 27 de julho de 2021.

MMA, 2021. RESOLUÇÃO CONAMA 430/2011. *Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA*. <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em 27 de julho de 2021.

MORAES, Alexandre de, Direito Constitucional, 30ª Edição, Editora Atlas S.A – 2014, São Paulo.

PAGIOLA, Stefano; VON GLEHN, H. Carrascosa; TAFFARELLO, Denise. Experiências de pagamentos por serviços ambientais no Brasil. **São Paulo: SMA/CBRN**, v. 86494, p. 1-338, 2013.

PAZ, Samuel Mota de Aquino. *O Princípio do Protetor-Recebedor no Novo Código Florestal* Conteúdo Jurídico, Brasília-DF: 17 fev 2014, 07:00. Disponível em:

< <https://conteudojuridico.com.br/consulta/Artigos/38387/o-principio-do-protetor-recebedor-no-novo-codigo-florestal> > Acesso em 23 de agosto de 2022.

PNUD BRASIL, 2021. <https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>, acesso em 01 de dez de 2021.

REIS, Emiliano de Angelis, LAGO, Daniel Viggiano, ARAUJO, Ana Carlina Pires de Souza. DIAGNÓSTICO DA COMPOSIÇÃO E EVOLUÇÃO DA ARREDAÇÃO DO ICMS ECOLÓGICO NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO. Anais 5º Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade. 2016.

RIBEIRO, J. G. et al. O Novo Marco de Saneamento Básico. In: CARVALHO, C. V. DE A. et al. (Eds.). . Ebook do Mestrado Profissional em Ciências Ambientais. 2020.

RIBEIRO, Maurício Andrés - Autor de ECOLOGIZAR, Pensando o Ambiente Humano, Editora Universa, Brasília, 2005. Fonte: <<http://www.ecologizar.com.br/vale04.html>,> Acesso 23 de agosto de 2022.

ROSSATO, Marivane Vestena, GONZÁLEZ, Alba Maria Guadalupe Orellana, CIRINO, Jader Fernandes, PIRES, Vanessa Aparecida Vieir: Interagir: pensando a extensão, Rio de Janeiro, n. 9, p. 59-70, jan./jul. 2006 I 5

SOS MATA ATLANTICA,< <https://www.sosma.org.br/> > Acesso em 23 de agosto de 2022.

SOUSA, R. M. C. NAKAJIMA, N. Y. OLIVEIRA, E. B. CMS ECOLÓGICO: INSTRUMENTO DE GESTÃO AMBIENTAL: PERSPECTIVA, Erechim. v.35, n.129, p. 27-43, março/2011

Villas Boas, Mariana Dias Ferramentas para avaliação da rede de monitoramento de qualidade de água da bacia do rio Piabanha – RJ com base em redes neurais e modelagem hidrológica/Mariana Dias Villas Boas - Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2018. XV, 170 p.: il.; 29,7 cm. Orientadores: José Paulo Soares de Azevedo Francisco Olivera Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Civil, 2018. Referências Bibliográficas: p. 155-170. 1. Qualidade de Água. 2. Redes de Monitoramento. 3. Redes Neurais. 4.

Modelagem hidrológica 5. Bacias Experimentais. I. Azevedo, José Paulo Soares de et al. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Civil. III. Título.

WRI BRASIL. Com funciona o pagamento por serviços ambientais a quem protege e restaura florestas. Programa Florestas. 2021. <https://www.wribrasil.org.br/noticias/decada-da-restauracao-de-ecossistemas-e-oportunidade-para-recuperar-areas-degradadas-no>> Acesso em 23 de agosto de 2022.

---

<sup>i</sup> FACHIN, Zulmar; SILVA, Deise Marcelino da. 2010. P.74

<sup>ii</sup> Conselho Nacional da Água. Lisboa. *On line, acesso agosto de 2022*

<sup>iii</sup> MANFREDINI, G. N. (2021). ACESSO À ÁGUA NO BRASIL: POR QUE O PAÍS DAS MAIORES RESERVAS HÍDRICAS SOFRE COM A ESCASSEZ DA ÁGUA?. *Cadernos Macambira*, 4(2), 42-44. Recuperado de <https://www.revista.lapprudes.net/index.php/CM/article/view/365>

<sup>iv</sup> Conselho Nacional de Água de Lisboa. Água no Planeta Terra, *on line*. 2022.

<sup>v</sup> As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil. / Ricardo Hirata, Alexandra Suhogusoff, Silvana Susko Marcellini, Pilar Carolina Villar, Laura Marcellini. São Paulo: Universidade de São Paulo / Instituto de Geociências, 2019. ISBN digital 978-85-63124-07-4 doi: 10.11606/9788563124074. 2019.

<sup>vi</sup> Idem, 2019.

<sup>vii</sup> ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Alessembléia Geral. Resolução A/RES/64/292, de 28 de julho de 2010.

<sup>viii</sup> Decreto Federal n.º 24.643/34. "Art. 109. A ninguém é lícito conspurcar ou contaminar as águas que não consome, com prejuízo de terceiros." (BRASIL, Decreto Federal n.º 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d24643.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm). Acesso em: 23 de agosto de 2022).

<sup>ix</sup> Saraiva, Coleção de Legislação: Legislação de Direito Ambiental, 12ª Edição, 2019.

GURSKI, Bruno, GONZAGA, Roberto, TENDOLINI, Patricia: Conferência de Estocolmo: Um marco na questão ambiental. Di Mauro, C. A. (2014). CONFLITOS PELO USO DA ÁGUA. *Caderno Prudentino De Geografia*, 1(36), 81–105. Recuperado de <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/3174>  
<http://www.odmbrasil.gov.br/o-brasil-e-os-odm>, acesso 23 de agosto de 2022.

## PRODUTO

A proposta de produto é um Decreto Estadual que beneficiará todos os municípios fluminenses que adotarem o processo de automatização do monitoramento ambiental para fins de ICMS Ecológico na categoria de Esgotamento Sanitário, apêndice acostado à presente.

### DECRETO Nº xxx DE xxx DEZEMBRO DE 2021.

ESTABELECE DEFINIÇÕES  
TÉCNICAS  
PARA ALOCAÇÃO DO  
PERCENTUAL A SER  
DISTRIBUÍDO AOS  
MUNICÍPIOS EM FUNÇÃO  
DO ICMS ECOLÓGICO.

O GOVERNADOR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, no uso das atribuições que lhe são conferidas pelo art. 261 da Constituição Estadual, e tendo em vista o disposto na Lei Estadual nº 5.100 (Lei do ICMS Ecológico), de 04 de outubro de 2007:

#### DECRETA:

**Art. 1º. Os dados oriundos do monitoramento ambiental das Estações de Tratamento de Esgoto – ETE, portadoras de Licença Ambiental, necessários à consolidação dos indicadores que compõem o IFCA serão compartilhados em tempo real com a SEAS, à Fundação CEPERJ e a ANA, pela rede neural artificial.**

**Parágrafo único:** O Município que utilizar o novo modelo de monitoramento automatizado e em tempo real, receberá o ICMS Ecológico alusivos ao percentual de 30% (trinta por cento) segundo critérios relacionados à qualidade ambiental dos recursos hídricos.

**Art. 2º** Este Decreto entra em vigor na data de sua publicação.