

## XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

### **ANÁLISE DE DADOS PÚBLICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ**

*Oséias Ribeiro Júnior<sup>1</sup>; Franciane Mendonça dos Santos<sup>2</sup>; Francisco José Rodrigues da Silva Junior<sup>3</sup>; & Natália de Souza Pelinson<sup>4</sup>*

**Abstract:** The importance of water for life and the economy, its uneven distribution, and the diverse interests involved in its use have made Water Resources Management a necessity. This management relies on water monitoring data as a reference for decision-making. Monitoring networks can establish reference values and identify water quality trends that are essential for watershed planning. This study analyzed monitoring reports from the National Water and Sanitation Agency (ANA) and the Environmental Agency of the State of São Paulo (CETESB), with the aim of evaluating the consistency and applicability of the information provided. Data analysis was based on information from the UGRHI-06 region (Upper Tietê), using the CETESB InfoÁGUAS database and metadata from the ANA repository, originating from the Department of Water and Electric Energy (DAEE) for the same region. As a reference for evaluation, the nine parameters that make up the Water Quality Index (IQA) were used. The analysis revealed significant temporal gaps in the available data, which compromise the construction of robust historical series and hinder integration with hydrological data. The results indicate that, while the current monitoring is relevant, it still presents limitations that must be addressed in order to support more complex applications in water resources management.

**Keywords** – Water Monitoring, Water Resources Management, Water Quality.

**Resumo:** A importância da água para vida e para a economia, sua disponibilidade heterogênea e os diferentes interesses envolvidos nos seus usos trouxeram a necessidade da Gestão dos Recursos Hídricos. Essa gestão utiliza os dados de monitoramento das águas como referência para tomada de decisão. As redes de monitoramento podem estabelecer valores de referência e identificar tendências de qualidade de água necessários para o planejamento da bacia hidrográfica. Este estudo analisou os relatórios de monitoramento da Agência Nacional de Águas (ANA) a da Companhia Ambiental do Estado de SP (CETESB), com o objetivo de avaliar a consistência e a aplicabilidade dessas informações. Para a análise de dados foram utilizadas informações da região UGRHI-06 (Alto Tietê) do banco de dados InfoÁGUAS da CETESB e metadados do repositório da ANA, a partir do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) referentes à mesma região. Como referência de avaliação, foram utilizados os nove parâmetros que compõem o Índice de Qualidade da Água (IQA). A análise evidenciou lacunas temporais significativas nos dados disponíveis, o que compromete a construção de séries históricas robustas e dificulta sua integração com dados hidrológicos. Os resultados indicam que, embora o monitoramento atual tenha relevância, ainda apresenta limitações que precisam ser superadas para apoiar aplicações mais complexas na gestão dos recursos hídricos.

**Palavras-Chave** – Monitoramento de água, Gestão de Recursos Hídricos, Qualidade das águas.

1) Universidade Federal de São Carlos (UFSCar-SEaD); e-mail: oseias\_junior@hotmail.com

2) Universidade Federal de São Carlos (UFSCar-CCN Campus Lagoa do Sino); Buri - SP; e-mail: francianems@ufscar.br

3) Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio); e-mail: engphb@gmail.com;

4) Universidade Federal de São Carlos (UFSCar-CCN Campus Lagoa do Sino); Buri - SP; e-mail: nataliasp@ufscar.br

## INTRODUÇÃO

A água é a substância mais abundante do planeta e essencial para a vida humana. Pode ser encontrada na forma sólida, líquida e gasosa: em geleiras, rios e mares ou como umidade do ar. O ciclo hidrológico possibilita e controla a movimentação da água por diversos processos. O crescimento da atividade humana tem causado variações na concentração de substâncias químicas presentes na água, comprometendo a sua qualidade e o seu uso. A crescente preocupação com a disponibilidade desse recurso natural tem levado à criação de legislação e implantação de práticas de preservação ambiental, que visam manter a disponibilidade desse recurso natural para as gerações futuras.

A intensificação dos conflitos gerados pela ampliação do número de usuários e dos diversos interesses de uso para um mesmo sistema hídrico é um tema contemporâneo de difícil solução. Isso evidencia a importância da gestão dos recursos hídricos para que os múltiplos usos da água sejam garantidos. E, neste contexto, os sistemas de gestão dos recursos hídricos utilizam as informações dos relatórios de monitoramento no planejamento. Para isso o monitoramento deve ser capaz de montar um histórico de informações que possam ser analisadas em relação ao tempo e ao meio circundante, de forma a construir um longo ciclo de geração de conhecimento e valor humano.

Nesse contexto, o presente trabalho se propôs a estabelecer uma análise para aprofundamento do conhecimento proporcionado pelos relatórios de monitoramento de água de interiores, ação necessária devido ao aumento da complexidade dos usos e a necessidade de viabilizar soluções de uso múltiplo dos recursos hídricos e, consequentemente, da gestão de bacias hidrográficas. A análise teve como ponto de partida os dados dos relatórios anuais da Agência Nacional de Águas (ANA) e da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) a partir de 1975.

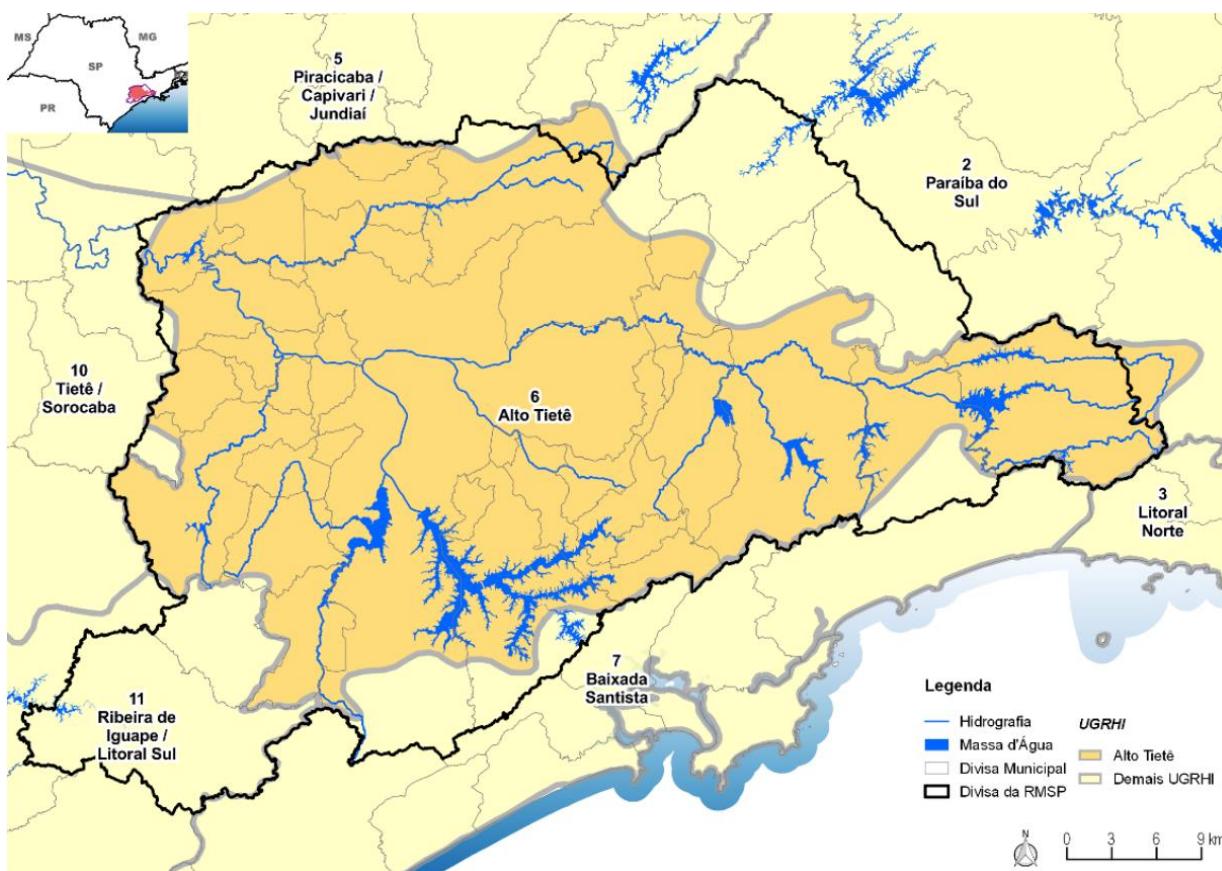
## METODOLOGIA

Esse estudo foi realizado na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Alto do Tietê no Estado de São Paulo, UGRHI-6 (Figura 1) utilizando como base dos dados dos relatórios anuais de águas de interior da CETESB e da ANA de 1975 a 2019.

Na Etapa 1, foram levantadas as lacunas principais existentes para o monitoramento da qualidade das águas superficiais. Nessa primeira etapa foi analisado apenas o relatório e dados referente ao ano de 2019, por mostrar o cenário da realidade. Em seguida, na Etapa 2, foram analisadas as alterações possíveis do novo Plano Nacional de Recursos Hídricos e análise dos relatórios já publicados até o momento. Com a seleção dos documentos de interesse, foram procedidas a tabulação, organização e testes preliminares para definição de parâmetros a serem explorados. Nessa etapa foram levantados dados dos relatórios da ANA e CETESB desde 1975. E finalmente, na Etapa 3, foram realizadas avaliações da potencialidade de uso de tais, incorporação de outros bancos de dados e definição das metodologias complementares de tais como definição de diagnóstico e predição de cenários ambientais. Diante das dificuldades para obtenção direta dos dados brutos monitorados pela CETESB, optou-se pela análise de relatórios técnicos e metadados públicos, considerando que essas fontes seriam suficientes para subsidiar uma avaliação crítica da qualidade da água na região estudada.

A análise foi complementada pelos dados do Índice de Qualidade da Água (IQA), produzidos pela ANA. Após a validação dos parâmetros extraídos dos relatórios da CETESB, aplicaram-se análises estatísticas para direcionar a elaboração de cenários específicos e avaliar a coerência e a completude dos dados em ambos os conjuntos informacionais.

Figura 1 - Mapa de localização da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Alto do Tietê, UGRHI-6, abrangendo a maior parte da área da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP)



Fonte: Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. Link: <https://comiteat.sp.gov.br/wp-content/uploads/2020/02/NT-02-Limites-Municipais-UGRHI-06.pdf>

### Coleta e tratamento dos Dados de Qualidade de Águas

Os dados de qualidade de água foram coletados do sistema InfoÁGUAS da CETESB. A pesquisa foi feita sobre dados de Águas Superficiais, por Parâmetros, utilizando como filtro a UGRHI – 06 Alto Tietê, que delimita os pontos de monitoramento dentro da bacia do Alto Tietê. A busca trouxe 119 registros, ou seja, 119 pontos de monitoramento. Para gerar o relatório foi necessário selecionar todos os pontos como de interesse e avançar para os filtros período e parâmetro. O período de busca foi estabelecido de 01/01/1970 a 21/09/2020 e os 9 parâmetros que compõem o IQA: Coliformes, pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrogênio Total, Fósforo Total, Temperatura, Turbidez, Resíduo Total (Sólidos Totais Fixos) e Oxigênio Dissolvido (OD).

### Coleta e tratamento de Dados Hidrológicos

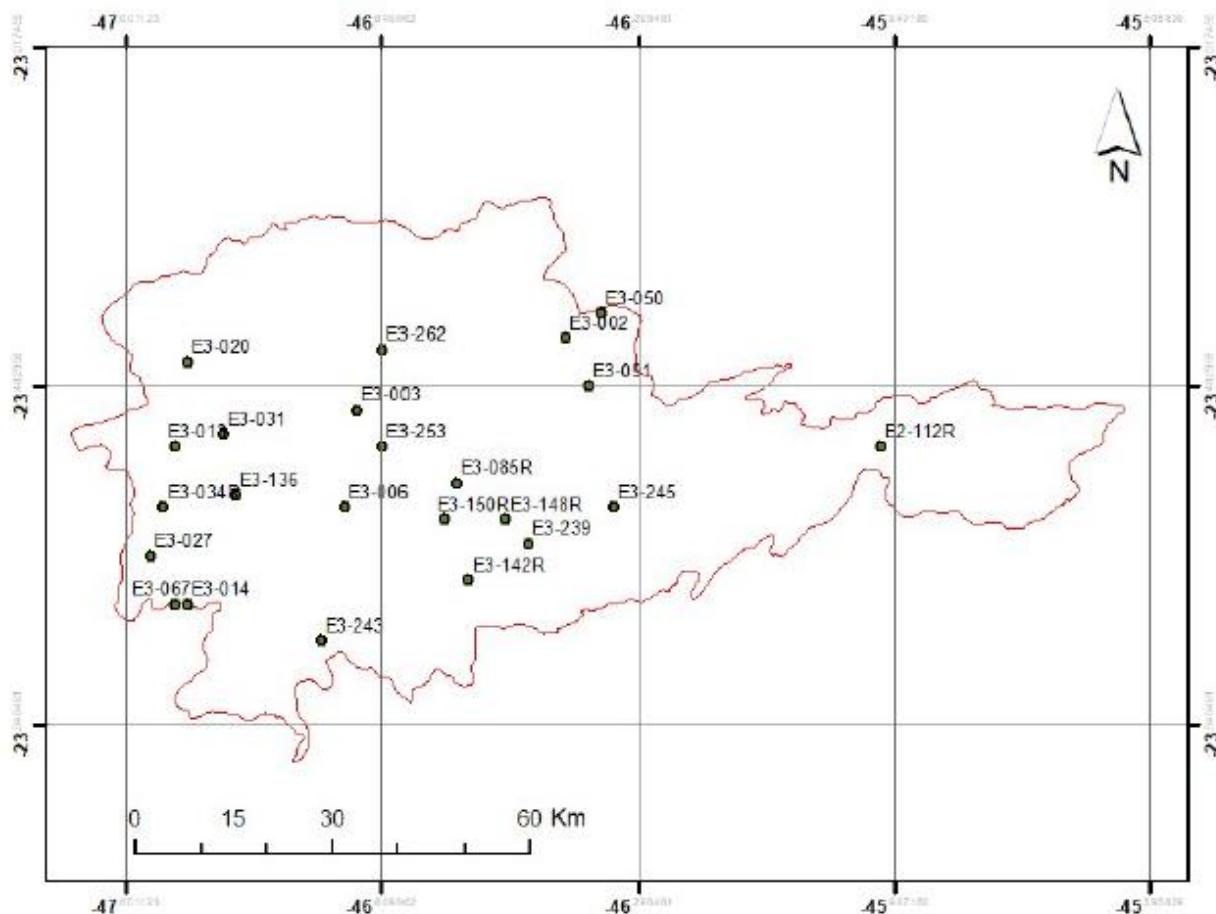
Os dados de precipitação foram coletados na plataforma estadual de São Paulo do Departamento de Águas e Energia Elétrica. Nessa etapa de coleta de dados foram consideradas estações que possuíam dados de precipitação correspondente aos períodos de dados qualitativos da água superficial, ou seja, a partir de 1978.

Diversos postos pluviométricos disponibilizavam dados correspondentes a períodos apenas anteriores aos anos correspondentes aos dados de qualidade da água e não puderam ser coletados. As

25 estações de monitoramento de chuvas que foram escolhidas para a obtenção dos dados foram: E2-112, E2-130, E2-140, E3-002, E3-003, E3-006, E3-013, E3-014, E3-020, E3-027, E3-031, E3-034, E3-050, E3-067, E3-085, E3-091, E3-136, E3-142, E3-148, E3-150, E3-239, E3-243, E3-245, E3-253 e E3-262 (Figura 4.8).

Na Figura 2, a URGHI-06 é delimitada pela linha vermelha e dentro dela estão localizadas as estações pluviométricas selecionadas, cujos dados foram coletados e utilizados nas análises quantitativa de precipitação e qualitativas da água, por meio da combinação de dados quantidade de água com os parâmetros de qualidade da água superficial monitoradas.

Figura 2 – Mapa de espacialização das estações pluviométricas da região da UGRHI 6.



Fonte: Autoria própria

Seguindo o descrito por Kobjiyama *et al.* (2011), no método simples de regressão linear foram utilizados os dados de tempo e precipitação das estações mais próximas para construir um gráfico, ou uma equação que represente o gráfico.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

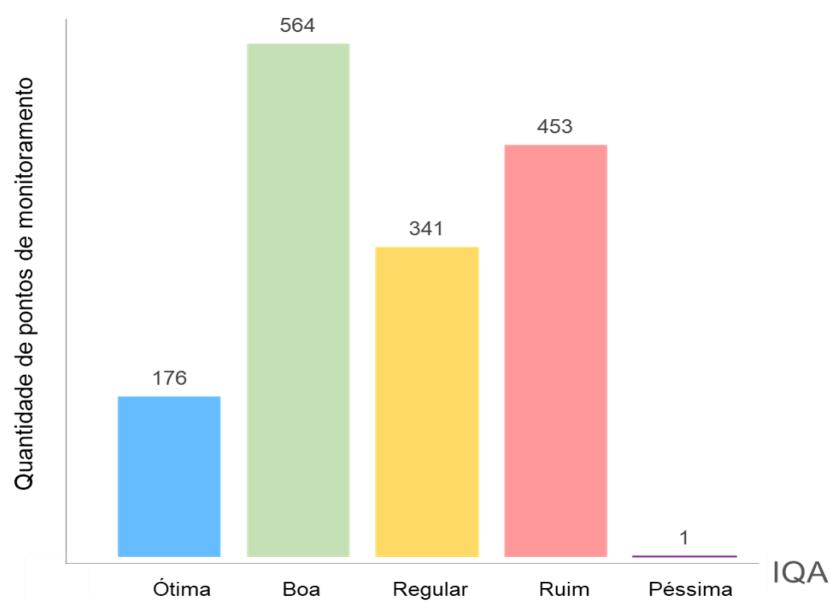
Dada a dificuldade de analisar ou comparar a qualidade da água quando envolve diversos parâmetros, foi calculado o IQA por data de leitura, para isso os dados foram organizados por ponto e data por meio de tabela dinâmica, recurso do Excel®. Contudo, só é possível calcular para os pontos onde há valores de leitura para os nove parâmetros que compõem o IQA. Da base de dados organizada, 1.535 linhas possuem todos os dados de leitura para o cálculo de IQA, representando os pontos de monitoramento com localização de espaço e tempo, e foram classificadas segundo o padrão da ANA, exposto na Tabela 1. É possível notar apenas uma leitura na qualidade péssima, há uma grande quantidade de leituras com a classificação ruim (453), porém a maior quantidade de leituras foi classificada como boa (564) (Figura 3).

Tabela 1 – Classificação e distribuição dos índices de qualidade da água (IQA) na UGRHI-6, Bacia do Alto Tietê

Classe do IQA (Águas superficiais)	Ponderação	Quantidade de pontos monitorados	Percentual de ocorrência (%)
Ótima	$80 \leq \text{IQA} \leq 100$	176	11,5
Boa	$51 < \text{IQA} < 80$	564	35,7
Regular	$36 < \text{IQA} \leq 51$	341	22,2
Ruim	$19 < \text{IQA} \leq 36$	453	29,5
Péssima	$\text{IQA} \leq 19$	1	0,1

Fonte: ANA, 2019

Figura 3 – Gráfico de representação das classes do IQA dos 1535 pontos monitorados em rios da UGRHI do Alto Tietê



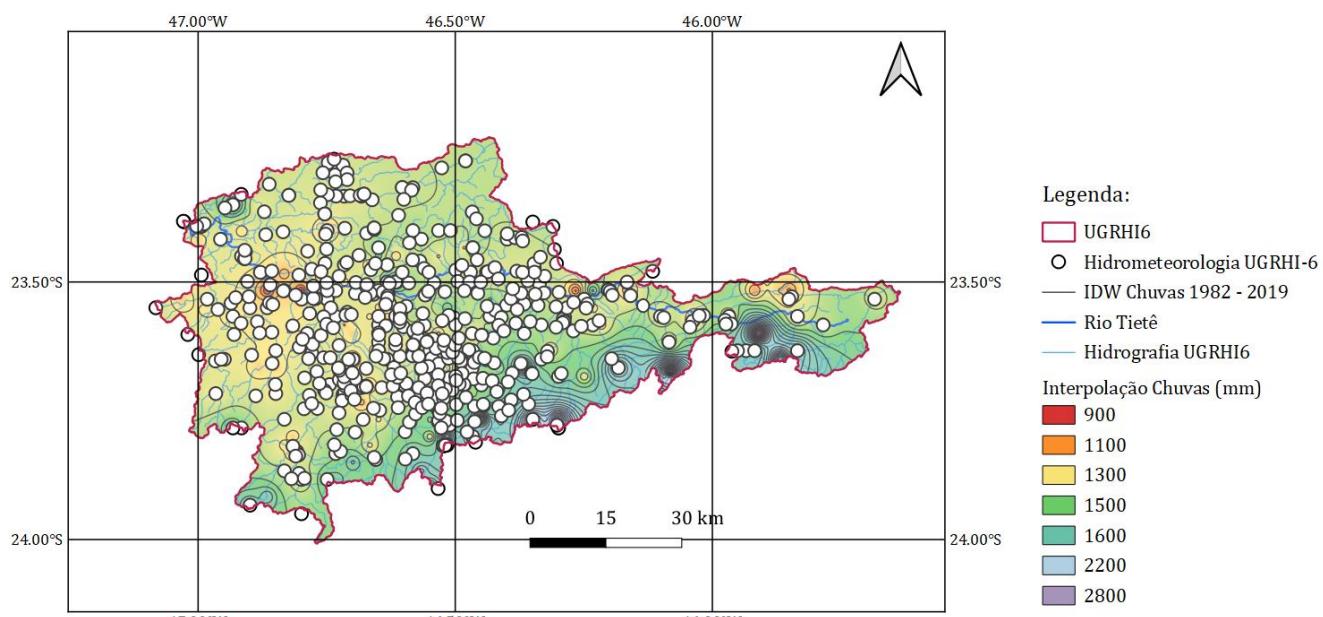
Fonte: Autoria própria.

Embora com números muito próximos, há mais leituras classificadas como boa ou ótima do que nas outras classificações, pois a média dos valores de IQA é 53, ou seja, o IQA médio está na categoria de qualidade Boa, mas já está muito próximo à classificação inferior, Regular. A observação dos valores de IQA ao longo do tempo revela uma concentração predominante no intervalo de 32 a 36, correspondente à classificação "Regular", porém próximo do limite inferior, associado à qualidade "Ruim". Por outro lado, os valores mais baixos, classificados como "Péssima" (inferiores a 20), apresentam a menor frequência ao longo do período analisado. Essa distribuição indica uma tendência de persistência de qualidade regular da água na bacia do Alto Tietê, com episódios pontuais de degradação mais severa.

Como os dados de qualidade da água podem ter uma relação direta com os volumes de água na bacia hidrográfica e consequentemente com a precipitação que a bacia hidrográfica drena, foi realizada uma primeira análise para determinar o comportamento hidropluviométrico da área de estudo. Considerando a representatividade espacial e a qualidade dos registros, foram selecionadas as estações hidrológicas com menor índice de falhas. Quando identificadas, as lacunas nos dados foram preenchidas, garantindo a continuidade das séries temporais analisadas. Assim, conforme o procedimento descrito por Kobiyama *et al.* (2011), aplicou-se a regressão linear simples utilizando dados de tempo e precipitação das estações mais próximas. A partir desses dados, foi obtida uma equação representativa da relação entre as variáveis, utilizada para estimar os valores ausentes.

Na Figura 4, foram plotados os pontos de monitoramento pluviométrico observados e isoetas médias representando a distribuição geoespacial da precipitação.

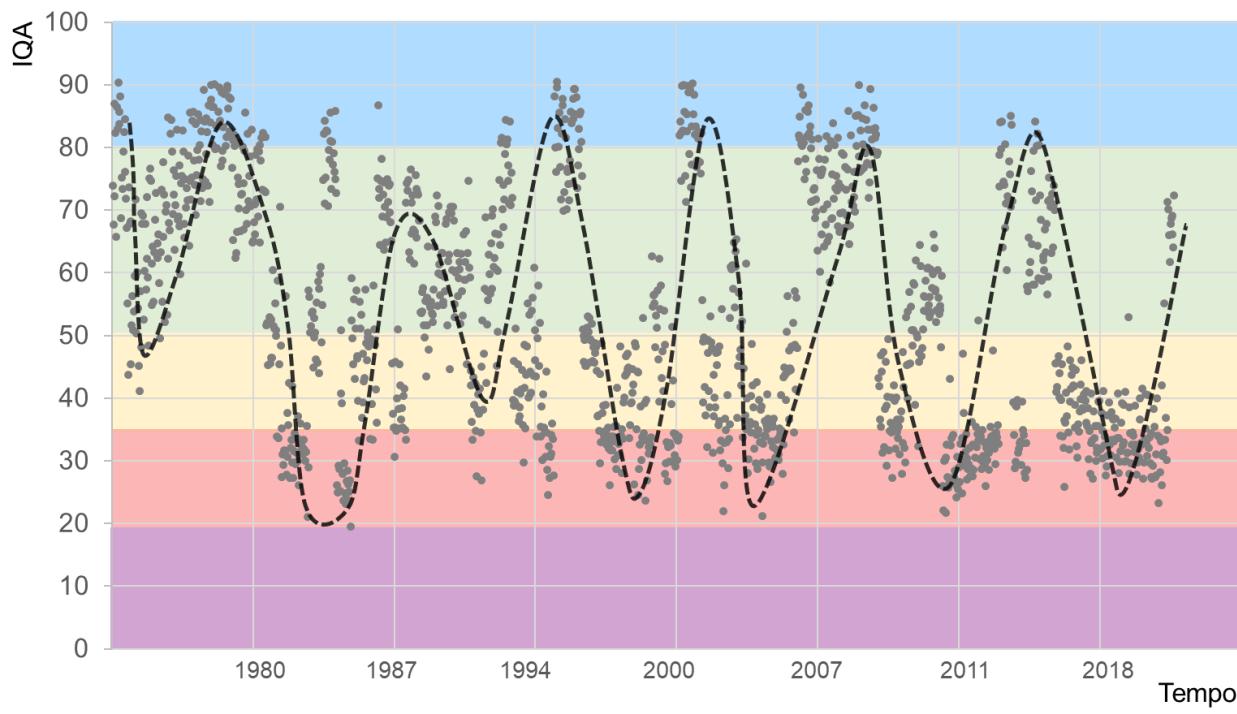
Figura 4 – Mapa hidrográfico com a interpolação da precipitação na bacia do Alto Tietê



Neste contexto, embora a média geral das leituras de IQA, considerando variações espaciais e temporais, tenha sido classificada como "Boa", observa-se um volume expressivo de registros com classificações inferiores. Por essa razão, os dados foram analisados em função da variável temporal, conforme apresentado na Figura 5.

A dispersão dos valores ao longo do tempo revela uma tendência de variação na qualidade da água, ainda que essa tendência esteja acompanhada por significativa variação sazonal e não marcada por um declínio significante na qualidade dos rios da bacia. Esses resultados indicam que a qualidade da água na UGRHI-06 (Alto Tietê) pode ter sua variabilidade associada à carga de efluentes lançados na bacia, variando conforme a capacidade de diluição do próprio corpo hídrico, em especial, devido às variações pluviométricas.

Figura 5 – Gráfico de dispersão do Índice de Qualidade da Água (IQA) versus Tempo (1975 a 2020). Podemos observar como fundo do gráfico as cores relacionadas às classes dos IQAs: azul para ótima; verde para boa; amarelo para regular, vermelho para ruim; e roxo para péssima.



Fonte: Autoria própria

Após o tratamento dos dados verificou-se que não há dados suficientes de qualidade de água para um banco de dados que represente a série histórica, e suficientes para pontos que coincidam em localização temporal com os dados hidrológicos de precipitação, visto que diversos pontos tiveram que ser descartados por falta de cobertura geográfica e/ou temporal.

A análise dos dados levantados mostra que o monitoramento foi interrompido diversas vezes e por longos períodos de tempo. Levando em conta que temos tecnologia que, de diversas formas, possibilitam o monitoramento sem interrupções significativas, é possível concluir que os órgãos responsáveis enfrentam dificuldades como falta de verbas e/ou falta de mão de obra técnica para manter o monitoramento.

Uma análise das redes estudais de monitoramento, que constituem a rede da ANA, demonstrou que não há suficiente padronização para comparação de dados entre elas, pois não utilizam mesma metodologia para o estabelecimento de pontos de monitoramento, de escolha de parâmetros de monitoramento, de metodologia de análise do parâmetro e divulgação de dados, além da heterogeneidade de conhecimento, experiência e instrumentos disponíveis. O Programa Nacional de Qualidade das Águas (PNQA) da ANA tinha dentre seus objetivos eliminar as lacunas de monitoramento, tornar as informações de qualidade de água comparáveis em âmbito nacional e

promover capacitação e acesso aos instrumentos para o monitoramento. Passados mais de sete anos do seu início de implantação, temos diversos estados sem rede de monitoramento, redes de monitoramento que não monitoram os parâmetros mínimos recomendados e não há qualquer informação complementar pública de implantação do projeto.

Dessa forma é possível entender que as ferramentas que podem trazer melhorias no monitoramento e na gestão dos recursos hídricos já existem, mas carecem de implantação e na íntegra e manutenção todos os seus requisitos. Para isso sugere-se o fortalecimento das políticas ambientais.

O fortalecimento de política ambientais pode ser feita através da independência das agências ambientais para decisões e investimentos seguindo rigor científico. Isso é possível por ações administrativas e pela implantação de mecanismos que impossibilitem a integrantes do poder executivo remover, realocar profissionais tecnicamente qualificados ou permitir que essas cadeiras sejam ocupadas por não qualificados ou com interesses outros que não a ampliação da capacidade de gestão ambiental do órgão. Maior transparéncia nos planos, investimentos e resultados por parte das agências ambientais também ajudaria a trazer as questões ambientais para o centro do debate e seu possível fortalecimento.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O monitoramento das águas pela CETESB começou a ser implantado no estado de São Paulo na década de 1970. Outros estados do Brasil começaram a fazer o monitoramento de águas em seu território de forma independente, baseado no seu próprio conhecimento e experiência. Sem uma gestão federal do monitoramento, o resultado foi a falta de padronização nos parâmetros de monitoramento, o que dificulta, e muitas vezes inviabiliza, a comparação de resultados de qualidade de água.

O processo de monitoramento vem sofrendo melhorias técnicas de procedimento, organização e padronização. Essas se tornaram mais visíveis a partir de 2013 com o início do processo de implantação do PNQA pela ANA. Esse programa sugere a implantação do IQA em âmbito nacional e permite a comparação de resultados entre as diversas unidades federativas e facilita a definição, manipulação e o entendimento da qualidade de água, tanto por parte dos pesquisadores, quanto por parte da população.

Utilizando o Bando de Dados da CETESB, na plataforma Infoaguas, foi possível levantar uma grande quantidade de dados relacionados aos parâmetros de qualidade de água. Contudo, tendo em vista a nova referência que utiliza o IQA para análise da qualidade de água, foram encontradas diversas lacunas temporais nos parâmetros, principalmente nos parâmetros de Nitrogênio Total e Análise Microbiológica, que impediram calcular o IQA para todas as localizações geográficas e temporais.

Após o tratamento de dados, menos de 2% dos pontos de monitoramento de qualidade de água puderam ser utilizados, descaracterizando a ideia inicial de montar um banco de dados que pudesse representar o ciclo histórico do IQA e ser utilizado para avaliação ambiental atrelado a variáveis de outros parâmetros, no caso hidrológicos. Esses, levantados através do banco de dados do DAEE-SP, também apresentaram uma série de lacunas temporais.

A análise individual dos valores de qualidade de água através do IQA demonstrou que a qualidade média da água na UGRHI – 06 Alto Tietê é Boa, mas a média esconde a tendência de queda do valor do IQA no decorrer dos anos e uma alta concentração de valores na classificação de

qualidade Regular. Contudo é importante ter em consideração que essa análise foi realizada apenas com os pontos que apresentaram dados suficientes para o cálculo do IQA.

Do ponto de vista do monitoramento, ficou nítido, ao trabalhar com os dados, que a implantação do modelo de IQA padroniza o processo de análise e classificação de qualidade de água, além de facilitar o gerenciamento dos dados e interpretação, pois a informação de diversos parâmetros com intensidades de interferência diferentes é concentrada em um único parâmetro.

Pode-se concluir que o sistema atual de monitoramento é importante para o gerenciamento ambiental das águas, apresenta uma série melhorias, está minimamente estruturado para apresentar resultados que orientem a gestão de recursos hídricos, mas ainda não está tecnicamente maduro para ampliação da utilização de dados dos relatórios de qualidade de água em aplicações complexas.

É necessário o fortalecimento de Políticas Ambientais para que projetos de monitoramento ambiental, como o PNQA, estejam sempre financeira e tecnicamente assistidos eliminando as interrupções. E assim possamos ter um banco com histórico de dados sem interrupções na linha temporal que inviabilizem análises e aplicações mais complexas. Há também a necessidade de buscar uma congruência no estabelecimento de localização espacial do monitoramento dos parâmetros ambientais, nesse caso qualidade da água e volume de chuva. Isso facilitará a utilização e estudo da interferência das diversas variáveis ambientais no monitoramento de qualidade da água, pois poderão ser relacionados sem a necessidade de tratamento e aproximações matemáticas.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2019*. Brasília: ANA, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS(ANA). *Programa Nacional de Qualidade das Águas (PNQA)*. Brasília: ANA, 2013.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *InfoÁGUAS: Banco de Dados de Qualidade das Águas Interiores*. São Paulo: CETESB, 2020.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE-SP). *Banco de Dados Hidrológicos*. São Paulo: DAEE, 2020.

KOBIYAMA, M.; MICHELS, A.; COSTA, A. R.; VON HAGEN, F. *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2011.