

1330 - RELEVÂNCIA DO ENSAIO DE POTENCIAL DE FORMAÇÃO DE TRIHALOMETANOS (PFTHM) COMO PARÂMETRO COMPLEMENTAR NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM MANANCIAIS E NO MONITORAMENTO DA EFICIÊNCIA DE ETAS DA SABESP: O PAPEL DO INDICADOR IAP NA GESTÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

Fabiana Moreira da Veiga Roma⁽¹⁾

Graduada em Licenciatura e Bacharelado em Química, pela Universidade de Guarulhos – UNG. Especialista em Análises Instrumental Avançada, pelo Centro de Pós-Graduação das Faculdades Oswaldo Cruz-FOC. Supervisora do Laboratório Central dos Mananciais da Divisão de Recursos Hídricos Norte da SABESP.

Adilson Macedo⁽²⁾

Biólogo pela Universidade de Mogi das Cruzes (UMC). Especialização em Tecnologias Ambientais pela Faculdade de Tecnologia São Paulo (FATEC-SP). MBA em Saneamento Ambiental pela Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo (FESPSP). Biólogo da Divisão de Recursos Hídricos do Leste da SABESP.

Priscila Roberta Barreto⁽³⁾

Bióloga pela Universidade Braz Cubas (UBC). Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Gerente do Centro de Controle dos Mananciais Metropolitanos da SABESP.

Admilson Pereira Araújo⁽⁴⁾

Técnico em Química, pela ETEC Getúlio Vargas – ETEC GV. Técnico em Sistemas de Saneamento do Laboratório Central dos Mananciais da Divisão de Recursos Hídricos Norte da SABESP.

Endereço⁽¹⁾: Estrada Santa Inês, Km 2 – Mandaqui – São Paulo - SP - CEP: 02639-000 - Brasil - Tel: +55 (11) 96326-6470 - e-mail: froma@sabesp.com.br

RESUMO

A utilização de variáveis não específicas é comum nas Estações de Tratamento de Água (ETAs) para avaliar a eficiência dos sistemas de tratamento e a qualidade da água. Essas variáveis ajudam a identificar características da água bruta e monitorar a qualidade durante o tratamento. Um desafio significativo é a matéria orgânica nos mananciais, que pode reagir com o cloro e formar trihalometanos (THMs), prejudiciais à saúde. A análise do potencial de formação de trihalometanos (PFTHM) é essencial para antecipar e mitigar esses riscos.

O ensaio de PFTHM complementa outras variáveis, oferecendo uma visão detalhada da qualidade da água e da eficiência do tratamento. Este ensaio envolve a coleta de amostras de água bruta, adição de cloro e análise dos THMs formados usando cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas. Os dados obtidos ajudam a ajustar os processos de desinfecção, garantindo a eliminação de patógenos e minimizando a formação de THMs.

Desde a implementação do ensaio de PFTHM, é possível caracterizar a presença de precursores de THM e auxiliar na gestão eficaz do tratamento de água. Os resultados do PFTHM também contribuem para o Índice de Qualidade das Águas Brutas (IAP), que avalia a qualidade da água para abastecimento público. O monitoramento contínuo do PFTHM é essencial para garantir que os níveis de THMs na água tratada estejam dentro dos limites estabelecidos por órgãos de saúde pública.

A metodologia utilizada envolve análises cromatográficas realizadas no Laboratório Operacional dos Mananciais Norte da SABESP. Os resultados obtidos são fundamentais para a tomada de decisões e otimização dos processos nas ETAs, especialmente em períodos chuvosos, quando a concentração de THMs tende a aumentar.

Em conclusão, o ensaio de PFTHM é essencial para a gestão dos recursos hídricos, garantindo a qualidade da água e a proteção da saúde pública.

PALAVRAS-CHAVE: PFTHM, Trihalometanos, Manancial, Água bruta

INTRODUÇÃO

A utilização de variáveis não específicas para avaliar a eficiência dos sistemas de tratamento e a qualidade da água em mananciais destinados ao abastecimento público é prática comum nas Estações de Tratamento de Água (ETAs). Essas variáveis são valiosas para identificar características fundamentais da água bruta, permitindo uma avaliação rápida das condições dos mananciais. Além disso, são ferramentas essenciais no monitoramento da qualidade da água durante o tratamento, possibilitando ajustes operacionais em tempo hábil (CETESB, 2023).

Dentre os desafios relacionados à qualidade da água, destaca-se o impacto da matéria orgânica nos mananciais, frequentemente proveniente da decomposição de plantas. Quando essa matéria reage com o cloro utilizado no tratamento da água, podem se formar trihalometanos (THMs), subprodutos prejudiciais à saúde humana. Nesse contexto, a análise do potencial de formação de trihalometanos (PFTHM) torna-se uma ferramenta importante para antecipar e mitigar os riscos associados à presença desses compostos na água tratada.

A adoção do ensaio de PFTHM complementa as variáveis não específicas, oferecendo uma visão mais detalhada e preventiva sobre a qualidade da água e a eficiência do tratamento. Embora a cloração seja eficaz na eliminação de patógenos, a formação de THMs em concentrações elevadas pode representar sérios riscos à saúde, como problemas hepáticos e câncer. O ensaio de PFTHM envolve a coleta de amostras de água bruta, à qual se adiciona cloro em condições controladas para simular o processo de desinfecção. Após um período de reação, a cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas é utilizada para determinar a quantidade de THMs formados, permitindo avaliar o risco de sua formação nas diferentes fontes de água e métodos de tratamento.

Esses dados são fundamentais para ajustar os processos de desinfecção, garantindo a eliminação eficaz de microrganismos patogênicos e minimizando a formação de THMs. O monitoramento contínuo do PFTHM é essencial para assegurar que os níveis de trihalometanos na água tratada não ultrapassem os limites estabelecidos por órgãos de saúde pública, como a Organização Mundial da Saúde (OMS) e autoridades nacionais de vigilância sanitária, garantindo a proteção da saúde pública e a segurança no abastecimento de água.

OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi analisar a relevância do ensaio potencial formador de trihalometanos como um parâmetro complementar na avaliação da qualidade da água em mananciais destinados ao abastecimento público e no monitoramento da eficiência dos processos em Estações de Tratamento de Água (ETAs). Uma vez implementada a realização do ensaio de PFTHM, o estudo visou também destacar a importância do Indicador IAP - Índice de Qualidade das Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público, na gestão da qualidade da água.

METODOLOGIA UTILIZADA

A análise do PFTHM é realizada no Laboratório Central dos Mananciais da Divisão de Recursos Hídricos Norte da SABESP (OARN), as figura 1 e 2 apresentam a estrutura do laboratório e execução do ensaio.



33º CONGRESSO DA ABES

Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

FITABES 2025

Feira Internacional de Tecnologias de Saneamento Ambiental



Figura 1 - Estrutura laboratorial



Figura 2 – Execução do ensaio - estrutura laboratorial.

Esta análise é realizada somente neste laboratório da Sabesp, com o objetivo de caracterizar a qualidade da água das captações das Estações de Tratamento da Água (ETA) da RMSP. Todas as captações dos grandes Sistemas Produtores de Água são monitoradas a partir desta análise com frequência mensal.



33º CONGRESSO DA ABES

Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

FITABES 2025

Feira Internacional de Tecnologias de Saneamento Ambiental



As análises cromatográficas para a determinação do PFTHM são realizadas no cromatógrafo gasoso acoplado à espectrometria de massas com amostrador e preparador de amostras P&T-Modelo 5975C/7890A-AtomX-Marca Agilent. O método utilizado para extração e análise de THM é baseado no procedimento descrito pela metodologia do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 5710 B, onde se faz a cloração de um volume de amostra que foi tamponada para pH 7,0 (+ - 0,2), posteriormente a amostra é incubada por sete dias numa temperatura de 25 (+-2°C), finalizando com a análise cromatográfica para a determinação dos Trihalometanos. A figura 2 demonstra a técnica e o equipamento utilizado.



Figura 3 –CG-MS utilizado

Tabela 1 – Resumo da Preparação de Frascos do Ensaio de PFTHM

Item	Tipo de Frasco	Reagentes							Tratamento		
		Tampão Fosfato	SDC 5%	SDC diluída 1%	Sol. DHBA	Branco de Análise (Incubação)	Sulfito de Sódio	H ₂ O Desmineralizada	Amostra	Tempo de Incubação	Titulação ou GC-MS
1	Branco da amostra (4 horas)	5 mL	5 mL					até o preenchimento total do frasco		4 horas	Titulação
2	Amostras 9º frasco (4 horas)	5 mL	5 mL						até o preenchimento total do frasco	4 horas	Titulação
3	Branco do Frasco (7 dias)	5mL		até o preenchimento total do frasco						7 dias	GC-MS
4	Padrão DHBA (2 frascos, 7 dias)	5mL		até o preenchimento total do frasco	1 mL					7 dias	GC-MS
5	Branco de Análise (7 dias)	até o preenchimento total do frasco	5 mL							7 dias	Preparar o branco de análise para cromatografia (abaixo)
6	Branco de Análise após incubação (cromatografia)				Pegar 5 mL do item 5	1 mL	até o preenchimento total do frasco de 250 mL		Preparar com o Branco de análise após 7 dias		GC-MS
7	Amostras 8 frascos (4 duplas, 7 dias)	5 mL	Quant. para cada amostra definida após titulação da amostra de 4 horas de incubação					até o preenchimento total do frasco	7 dias	Titulação de 1 dos frasco de cada dupla e cromatografia do par do frasco escolhido	

Figura 4 –resumo das etapas da metodologia



33º CONGRESSO DA ABES

Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

FITABES 2025

Feira Internacional de Tecnologias de Saneamento Ambiental



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desde a implantação dessa análise em junho de 2019, é possível caracterizar a presença dos precursores de THM e subsidiar os gestores das ETAs para uma gestão eficaz no processo de tratamento, considerando que a água tratada deve atender aos critérios estabelecidos pela Portaria nº 888/21 do Ministério da Saúde, relativos aos Trihalometanos.

A partir dos resultados do PFTHM, também é possível obter o indicador IAP (CETESB), denominado Índice de Qualidade das Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público. O IAP é o produto da ponderação dos resultados atuais do IQA (Índice de Qualidade da Água) e do ISTO (Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas). Este índice é composto por três grupos principais de variáveis: (IQA) – Variáveis básicas: Temperatura da Água, pH, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Coliformes Termotolerantes, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Resíduo Total e Turbidez; (ISTO) – Variáveis que indicam a presença de substâncias tóxicas: Potencial de Formação de Trihalometanos (PFTHM), Número de Células de Cianobactérias, Cádmio, Chumbo, Cromo Total, Mercúrio e Níquel; Variáveis que afetam a qualidade organoléptica: Ferro Dissolvido, Manganês, Alumínio Dissolvido, Cobre Dissolvido e Zinco.

Conforme a CETESB (2023), este índice é um importante indicador utilizado pelos gestores de ETAs. O histórico de monitoramento do PFTHM na Sabesp verifica-se que existe sazonalidade e em períodos chuvosos a concentração aumenta, principalmente aqueles com pontos de monitoramento em rios e ambientes lóticos.

Estes resultados são essenciais para a tomada de decisão e otimização de processos na ETA.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com o histórico de monitoramento do PFTHM na Sabesp verifica-se que existe sazonalidade e em períodos chuvosos a concentração aumenta, principalmente aqueles com pontos de monitoramento em rios e ambientes lóticos.

Estes resultados são essenciais para a tomada de decisão e otimização de processos na ETA.

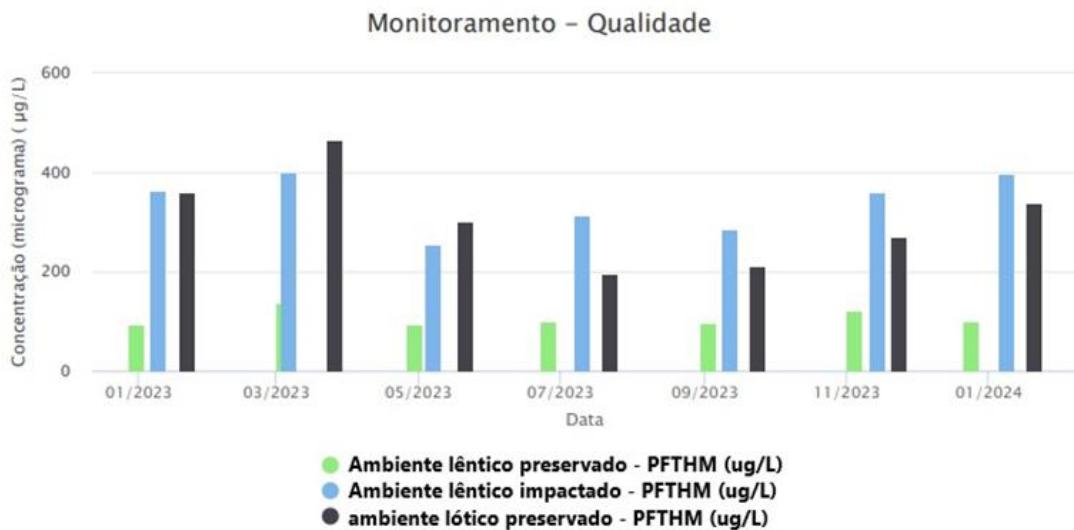


Figura 5 –dados históricos de PFTHM de três pontos de captação de água bruta. Em verde, representa um ambiente lêntico preservado, em azul um ambiente lêntico impactado pela contribuição urbana e em preto uma ambiente lótico preservado.



33º CONGRESSO DA ABES

Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

FITABES 2025

Feira Internacional de Tecnologias de Saneamento Ambiental

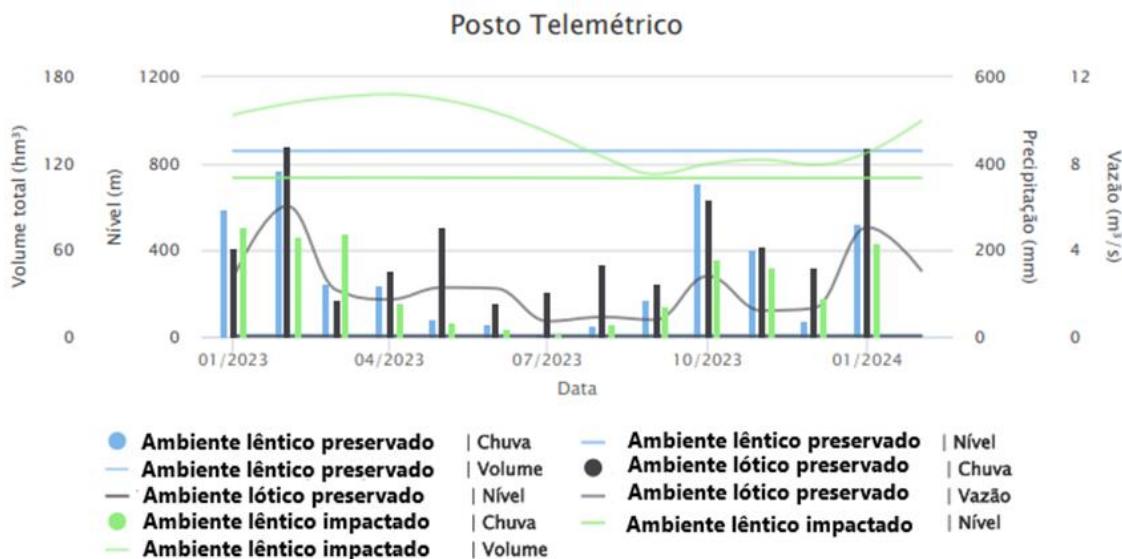


Figura 6–dados históricos de chuva e vazão dos três pontos de captação.

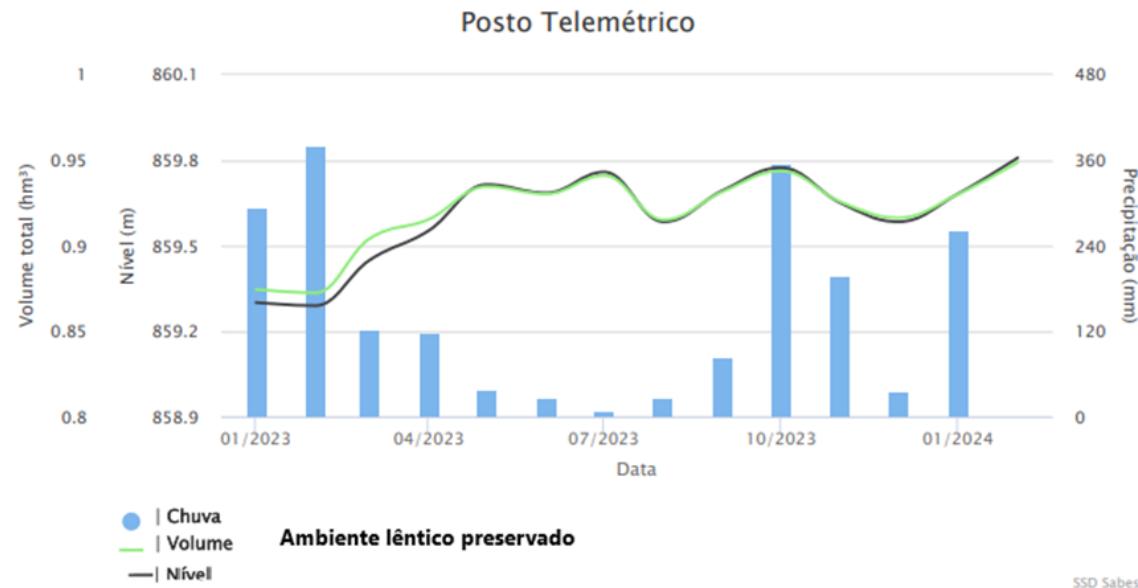


Figura 7 –dados históricos de chuva e vazão do ambiente lêntico preservado



33º CONGRESSO DA ABES
Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

FITABES 2025
Feira Internacional de Tecnologias de Saneamento Ambiental



Figura 8 –dados históricos de chuva e vazão do ambiente lótico preservado

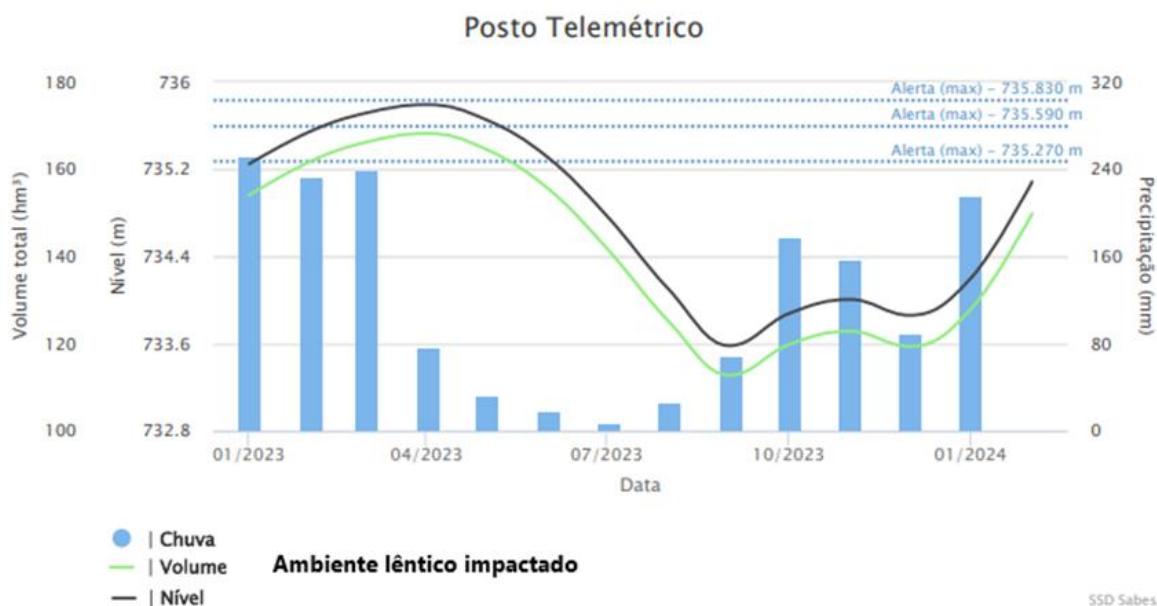


Figura 9 –dados históricos de chuva e vazão do ambiente lêntico impactado

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O ensaio de PFTHM é essencial para a gestão dos recursos hídricos, especialmente nas captações das ETAs, pois contribui para o controle operacional. Essa metodologia não só garante o cumprimento dos padrões de qualidade, mas também otimiza os processos de tratamento, assegurando a segurança do abastecimento público e a proteção da saúde da população. Além disso, aliado aos ensaios de rotina realizados nos laboratórios, o PFTHM possibilita a obtenção do indicador IAP, que complementa a avaliação da qualidade da água.



33º CONGRESSO DA ABES

Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

FITABES 2025

Feira Internacional de Tecnologias de Saneamento Ambiental



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.P.H.A., American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater, 24 ed., Washington-EUA, APHA/WEF/AWWA, 2023.

CETESB. Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo – 2023. São Paulo, Apêndice C. Disponível em <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios>>. Acesso em: novembro de 2024.

BORGES, João T. Avaliação da formação de trihalometanos em Águas de abastecimento utilizando-se a técnica MIMS (Membrane Introduction Mass Spectroscopy).