PRÉ-OXIDAÇÃO COM PERMANGANATO DE POTÁSSIO – ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE ARTUR NOGUEIRA/SP.

Jaqueline Adorno Balazini [(1)]
Bióloga, Especialista em Biotecnologia (FHO), discente Especialização em Análises Químicas Ambientais (UFCAT), Supervisora Técnica SAEAN – Serviço de Água e Esgoto de Artur Nogueira.
Gabriela Montoya Fernandes [(2)]
Bacharel em Direito (UNASP), Presidente Superintendente SAEAN – Serviço de Água e Esgoto de Artur Nogueira.
Rodrigo Camargo [(3)]
Técnico em Química, Discente em Engenharia Química (USF), Chefe de ETA - SAEAN – Serviço de Água e Esgoto de Artur Nogueira.

Endereço [(1)]: Rua Francisca Maria de Jesus, 151 - Egydio Tagliari – Artur Nogueira – SP – CEP: 13163-358 - Brasil - Tel. +55 (19) 99860-8665 - e-mail: laboratorio4@saean.sp.gov.br; jackeadorno@gmail.com.

RESUMO

O abastecimento público com condições de potabilidade e segurança, consiste no principal objetivo do saneamento. No ano de 2024, o município de Artur Nogueira, interior do estado de São Paulo, passou por escassez hídrica severa, forte estiagem com baixos índices pluviométricos, haja visto que as temperaturas do inverno se apresentaram acima do normal. Nesse sentido, a captação Cotrins foi a mais afetada pela crise hídrica, com volume drasticamente abaixo do esperado, sem recarga, o solo no entorno e o sedimento de fundo do manancial ficou exposto ao sol, acarretando alterações das características físico-químicas da água bruta. Isso porque, no manancial, normalmente, há-se a presença dos íons Fe^{+2} na forma solúvel. Com o retorno do período de chuvas, o sedimento foi dissolvido, provocando dificuldades no processo de tratamento. Assim, considerando o problema a ser resolvido, como primeira opção, foi utilizado Hipoclorito de Sódio nas concentrações 10 a 12%, o qual não obteve sucesso. Seguidamente, optou-se no emprego de Ortopolifosfato, porém, novamente os resultados não foram positivos. As condições apresentadas na ETA II, demandaram modificações no tratamento em relação aos insumos químicos, dosagem e acerto, de modo que, o Permanganato de Potássio foi visto como alternativa de oxidação da forma precipitada Fe^{+3}, solucionando a situação apresentada.

PALAVRAS-CHAVE: Água, Oxidação, Fe^{+3},

INTRODUÇÃO

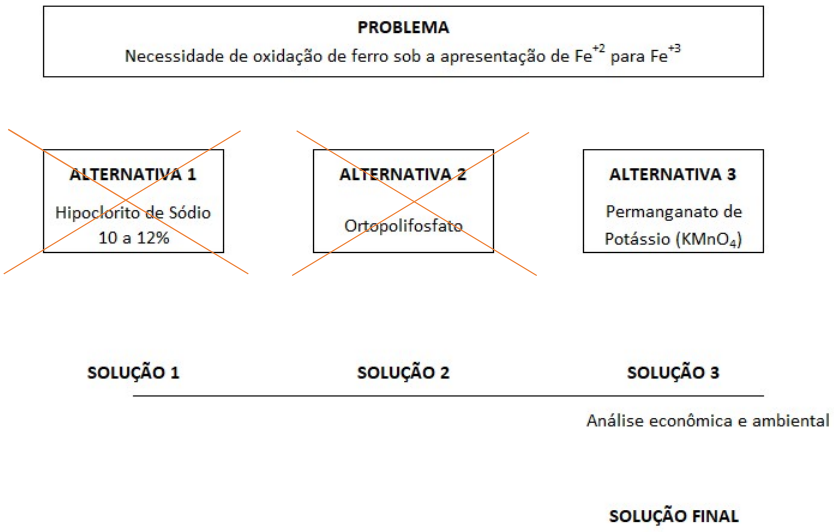
O fornecimento de água potável é essencial para a saúde pública, logo, é fundamental a sua proteção, haja visto os riscos que o desabastecimento, bem como a ausência de qualidade podem causar a população.
O abastecimento público com condições de potabilidade e segurança, frente as legislações vigentes, consiste no principal objetivo dos prestadores de serviços de saneamento. Contudo, devido a degradação ambiental, as dificuldades vêm aumentando a cada ano. Nesta toada, é preciso apontar que tal aumento de obstáculos ocorre principalmente no entorno dos mananciais utilizados como captação de água bruta.
Os estudos da ANA, 2024; IPCC, 2022, demonstraram a influência antrópica no sistema climático e o comprometimento dos recursos hídricos, por meio das mudanças nos padrões da precipitação com alterações na intensidade e na variabilidade, afetando significativamente a disponibilidade e distribuição de chuvas, os fluxos de rios, águas subterrâneas e o derretimento de geleiras.
Os recursos hídricos são fortemente dependentes de fatores climáticos, por isso, é um dos mais vulneráveis a ser impactados. Segundo Souza & Nascimento (2024), a relação entre água e mudança do clima está presente, por exemplo, na redução da disponibilidade hídrica em alguns lugares, com o aumento de secas em algumas regiões e inundações em outras, refletindo na escassez, na contaminação de fontes e em impactos para a saúde humana. Além disso, a qualidade dos recursos hídricos é diretamente influenciada pela degradação dos ecossistemas aliada a exploração predatória dos recursos naturais, bem como pela ocupação dos solos, principalmente em seu entorno, provocadas tanto pela agricultura, como pela urbanização (PIAZZA, et al, 2017; ROEDEL et al, 2013).
No ano de 2024, o município de Artur Nogueira, interior do estado de São Paulo, passou por escassez hídrica severa, em razão da forte estiagem, baixos índices pluviométricos, haja visto que as temperaturas do inverno se apresentaram acima do normal. Nesse sentido, de acordo com o Prognóstico Climático do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), o ano de 2024 foi o mais quente da história, considerando os registros históricos do Instituto.
O atendimento à demanda de fornecimento de água potável para usuários do município conta, entre outros, com 3 captações superficiais, sendo a barragem “Matheus Mariano Cotrins”, popularmente conhecida como “Cotrins”, o manancial de maior contribuição para a captação de água bruta, encarregada do suprimento da Estação de Tratamento II, responsável pelo abastecimento de 70% da água potável do município.
Nesse sentido, a captação Cotrins foi a mais afetada pela crise hídrica, com os níveis do reservatório drasticamente abaixo do esperado, sem recarga, de modo que o solo no entorno e o sedimento de fundo do manancial ficou exposto ao sol, durante o período aproximado de 5 meses, acarretando alterações das características físico-químicas da água bruta. Isso porque, no manancial, normalmente, há-se a presença dos íons Fe^{+2} na forma solúvel.
Com o retorno do período de chuvas, a partir do mês de outubro, o sedimento foi dissolvido, consequentemente provocando dificuldades no processo de tratamento ETA II.
Durante a adução, os íons Fe^{+2} prontamente passaram para a forma precipitada Fe^{+3}, com o teor $> 5{,}0$ mg/L na água bruta captada, ligado com a matéria orgânica em estado coloidal, outro assim, a utilização de Hipoclorito de Sódio a 12% deixou de ser eficaz na pré–oxidação, visto a oxidação incompleta, refletida no pós tratamento, na água da rede de distribuição, acima dos valores máximos permitidos do anexo 11, da Portaria GM/MS nº 888 de 4 de maio de 2021, que estabelece 0,3 mg/L para o teor de ferro em água tratada, para os padrões organolépticos, que nos termos do artigo 5º: “IV – padrão organoléptico: conjunto de valores permitidos para os parâmetros caracterizados por provocar estímulos sensoriais que afetam a aceitação para consumo humano, mas que não necessariamente implicam risco à saúde”.
De acordo com Vianna (2019), o ferro é um dos elementos mais abundantes da crosta terrestre, podendo ser encontrado nas águas naturais em concentrações que variam de 0,5 a 50 mg/L, quando presente na água em suas formas solúveis, eles são incolores, porém, quando não oxidados, formam precipitados de cor avermelhada, assim como gosto levemente metálico.
O trabalho realizado por Moruzzi (2012) refere que a cloração-filtração é recomendado para remoção de concentrações menores 2mg/L de ferro, destacando o processo de aeração-filtração para águas com altas concentrações de ferro, ou sejam > 5mg/L, para amenizar os custos com produtos químicos.
O artigo de Knoche et al, 1994 apud Vianna, 2019 apresenta discussão sobre a formação de complexos entre a matéria orgânica natural e o óxido ferroso, bem como a habilidade de oxidantes usuais $KMnO_4$, em oxidar o ferro e, desta forma, possibilitar sua remoção ao longo da linha de tratamento de uma ETA clássica.
As condições apresentadas no sistema de captação Cotrins, processo de tratamento ETA II e abastecimento de 70% dos consumidores do município, demandaram modificações no tratamento em relação aos insumos químicos, dosagem e acerto, de modo que, o Permanganato de Potássio foi visto como alternativa de oxidação da forma precipitada Fe^{+3}, solucionando a situação apresentada. Di Bernardo, Dantas, Voltan, 2011, descrevem que o Permanganato de Potássio é altamente reativo e oxida grande variedade de compostos orgânicos e

inorgânicos, favorecendo a oxidação da matéria orgânica em condições alcalinas. Além disso, vale mencionar que este oxidante tem sido utilizado para o controle de sabor e odor e para a oxidação de ferro e manganês.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo dividiu a metodologia em duas subseções, sendo a primeira responsável por apresentar a seleção do agente oxidante (**Esquema 1**), os parâmetros analisados e equipamentos utilizados (**Esquema 2**). A segunda seção foi dedicada a apresentação dos locais e métodos de análise (pontos de monitoramento), assim como o relato da introdução do oxidante Permanganato de Potássio ($KMnO_4$).
Considerando a questão a ser resolvida, realizou-se a seleção do agente oxidante a ser empregado no processo da Estação de Tratamento II, levando -se em consideração as variáveis; disponibilidade, custo benefício e solução da questão econômica e ambiental, baseada no diagnóstico Ferreira Filho, 2020. Assim, considerando a urgência do problema a ser resolvido, utilizou-se dos dois primeiros insumos em razão da disponibilidade. No entanto, os resultados apresentaram-se ineficientes. A introdução do Permanganato de Potássio requereu tempo, em função das documentações necessárias para a aquisição, uma vez que o mesmo se refere ao produto controlado pela Polícia Federal. Após a liberação da licença e aquisição do insumo, os testes em bancada foram realizados em dois dias consecutivos, enquanto as adequações necessárias para dosagem e melhoria do processo foram aplicadas.

Esquema 1 – Diagnóstico e definição de agentes oxidantes passíveis de utilização no processo de tratamento, baseado Ferreira Filho, 2020.



Fonte: SAEAN, 2025 baseado Ferreira Filho, 2020.

A etapa de pré-oxidação utilizando Permanganato de Potássio ($KMnO_4$) como oxidante para íons de ferro (Fe^{+3}) foi avaliado quanto à sua eficácia e eficiência por meio de análises de ferro total, realizadas em pontos estratégicos da Estação de Tratamento de Água (ETA II).
Água bruta: O primeiro ponto de análise corresponde à água na entrada da ETA II, onde os níveis de ferro total frequentemente ultrapassam 5,00 $mg.L^{-1}$. Nessas situações, as amostras foram diluídas antes da análise. Neste estágio, ainda não ocorreu a adição de $KMnO_4$.
Decantadores 1 e 2: No segundo ponto de análise, a água já reagiu com $KMnO_4$, na entrada da calha Parshall, e com hipoclorito de sódio (NaClO), nos floculadores.
Filtros: O terceiro ponto de análise inclui os filtros associados aos decantadores: filtros 1, 2 e 3 do decantador 1, e filtros 4, 5 e 6 do decantador 2.
Água final: O quarto ponto de análise consiste na água final, onde há a equalização entre todos os filtros. Após este estágio, a água tratada foi encaminhada ao reservatório com capacidade de 1000 m^3.

Reservatório: O último ponto de análise ocorre na saída do reservatório, onde a água tratada segue diretamente para a distribuição nos bairros abastecidos pela ETA II. Assim, foram utilizados como pontos de monitoramento: Água bruta, Decantador 1, Decantador 2, Filtros (1, 2, 3, 4, 5 e 6), Água final e Reservatório.
As amostras foram analisadas para o parâmetro ferro total, com o equipamento Colorímetro Microprocessado Digital Modelo DLD-FCF, onde apresenta curva padrão para leitura de concentrações de ferro entre 0,00 e 5,00 $mg \cdot L^{-1}$. O processo de calibração foi realizado utilizando dois padrões de referência: 0,00 $mg \cdot L^{-1}$ e 2,00 $mg \cdot L^{-1}$, conforme descrito no manual do fabricante.

ESQUEMA 2 – Parâmetros, equipamentos, pontos de coleta e método utilizado.

Parâmetros	Equipamentos utilizados	Ponto de amostragem e resultados de amostras	Método
Ferro Total	Colorímetro Microprocessado Digital	Bruta, Decantadores, Filtros, Final, Reservatório e Rede de Distribuição	ABNT NBR 13934:1997 Água - Determinação de ferro - Método Colorimétrico da Ortofenantrolina
pH	pHmetro	Saída dos Filtros	Manual de Instrução pHmetro, modelo 350 M
Turbidez	Turbidímetro	Saída dos Filtros	Manual de Instrução Turbidímetro, modelo 2500

Fonte: SAEAN 2025.

As quantidades do insumo químico para oxidação de 1mg/L de Fe^{+3} são sugeridas na literatura como sendo 0,94 mg de $KMnO_4$ para 1 mg de Fe^{+3}. Contudo, na prática, a quantidade real de Permanganato de potássio usada foi encontrada como sendo menor do que indicada pela estequiometria. Além disso, o tempo de oxidação varia de 5 a 10 minutos, desde que o pH seja superior a 7,0 (CULP/WESNER/CULP, 1986; O' CONNELL, 1978; Kawamura, 1991). O oxidante foi utilizado em condição primária na ETA II, em reação oxidativa, convertendo Fe^{+2} (Ferroso) no estado Férrico Fe^{+3}, ou seja, precipitando as formas oxidadas em Hidróxido Férrico. Adicionado na calha Parshall, na entrada da água bruta, em mistura rápida, com ação concomitante com o coagulante Policloreto de Alumínio, além do Hidróxido de Cálcio para correção do pH. A solução de $KMnO_4$ foi bombeada do tanque de solução concentrada (iniciando com 1%, encontrando a dosagem ótima em 3%) para o ponto de injeção, por meio de bomba dosadora 5 L/H 5 BAR - modelo FCE 0505. A solução foi preparada diariamente, consumida em 24 horas, evitando as reações redox, pela degradação da solução pelo ambiente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do mês de novembro de 2024, a água bruta proveniente da captação Cotrins, recebida para tratamento na ETA II apresentou aspectos diferentes do habitual. Foram percebidas alterações na coloração, odor e sedimentos. Tais mudanças decorreram de forma significativa, refletindo nos padrões organolépticos Cor, Gosto e Odor da água final, pós tratamento. Após diagnóstico técnico, com a correta definição do problema a ser solucionado, buscou-se alternativas, primeiramente de acordo com a disponibilidade do insumo. Como primeira opção, foi utilizado Hipoclorito de Sódio nas concentrações 10 a 12%, o qual não obteve sucesso. Seguidamente, optou-se no emprego de Ortopolifosfato, porém, novamente os resultados não foram positivos. A essa altura, os usuários do município, acionaram o SAC da autarquia para relato da qualidade dos padrões organolépticos, como mostram na **Imagem 1**.

IMAGEM 1 – Fotos enviadas pelos usuários do município de Artur Nogueira, a partir de novembro 2024.



Fonte: SAEAN, 2024.

Anterior as alterações, o processo de tratamento utilizava-se de Hipoclorito de Sódio entre 10 a 12% para pré-oxidação na Calha Parshall, de maneira que os teores ideais para oxidação total da matéria orgânica eram mantidos nos decantadores 1 e 2. Após a filtração, utilizava-se pós-cloração para acerto do teor de cloro residual, mantendo os níveis adequados na rede de distribuição.

Visando a solução da emergente situação e considerando os resultados do diagnóstico dos oxidantes passíveis de utilização, optou-se pelo Permanganato de Potássio, uma vez que tem sido tradicionalmente empregado no tratamento de água, sendo utilizado no abastecimento para controle de gosto e odor, bem como para a oxidação de ferro e manganês, por ser um sal, se dissocia em íons k^{+} e MnO^{-}_{4} (FERREIRA FILHO, 2020). A requisição dos documentos para aquisição do insumo foi realizada junto a Polícia Federal.

Com a posse do oxidante, foram conduzidos os ensaios de demanda em escala de laboratório para tratabilidade, ponderando a concentração inicial a ser aplicada. Além disso, os testes previram assegurar a concentração residual de Permanganato de Potássio na água decantada, uma vez que a aplicação em excesso, poderia conferir cor a água.

O ponto de aplicação está localizado no centro da cidade de Artur Nogueira, na Estação de Tratamento II, responsável pela demanda de 70% de água potável do município. A ETA II mantém seu funcionamento 24 horas, os parâmetros das amostras coletadas são analisados de duas em duas horas no Laboratório Controle da Produção II, além das análises realizadas pelo Laboratório Controle de Qualidade, desde de água bruta, na saída dos pontos de reservação e ao longo da rede de distribuição.

O Permanganato de Potássio foi fornecido na forma seca, nesse caso, em baldes com capacidade de 25 kg. A solução do oxidante foi preparada usando tanque de dissolução com misturador. Ademais, considerando que a solubilidade varia em função da temperatura, a aplicação foi realizada através de bomba dosadora para pequeno sistema de alimentação. O armazenamento do insumo ocorre em ambiente seco, haja visto que, embora não seja higroscópico, os grânulos podem absorver umidade com tendência a aglomeração.

A introdução do Permanganato de Potássio (**Imagem 2**) na produção ETA II foi realizada em pré-oxidação na Calha Parshall, chegada da água bruta captada do Cotrins, concomitante com a dosagem do coagulante PAC - Policloreto de Alumínio e do Hidróxido de Cálcio. As taxas de reação para a oxidação de constituintes encontrados em água naturais são relativamente rápidas e dependem da temperatura, pH e dosagem.

Para mais, o subproduto da redução do permanganato é o dióxido de manganês. Este, por ser sólido, necessita ser removido da fase líquida. Em razão disso, no tratamento de águas para abastecimento, a utilização do Permanganato de Potássio é usualmente efetuada na forma de pré-oxidação (FERREIRA FILHO, 2020).

IMAGEM 2 – Dosagem de Permanganato de Potássio na ETA II.



Fonte: SAEAN, 2025.

Segundo a agência de proteção ambiental americana, USEPA (1999), em meio ácido, o íon permanganato é reduzido a Mn^{+2}, de modo que é representado pela reação $\mathbf{MnO^-_4 + 8H^+ + 5\bar{e} \; - \; Mn^{+2} + 4H_2O}$. Enquanto que em meio neutro ou básico, o íon permanganato é reduzido a $MnO_{2(s)}$, sendo este um sólido.
Como a dosagem do $KMnO_4$ é efetuada na fase líquida em condições próximas da neutralidade, sua reação de redução preponderante é constituída pela equação $\mathbf{MnO^-_4 + 4H^+ + 3\bar{e} \; - \; MnO_2 + 2H_2O}$.
Introduzido a pré-oxidação com Permanganato de Potássio, o processo foi modificado e mecanismos ajustados para a dosagem de cloro em intercloração, ou seja, diretamente na água decantada, possibilitando a manutenção da concentração de cloro residual livre no sistema de filtração. Ademais, notoriamente manteve a superfície filtrante sem formação de biofilmes.
Os resultados do teor de Ferro Total, foram demonstrados na **TABELA 1**

TABELA 1 – Valores médios dos resultados de Ferro Total nas etapas do Processo ETA II

VALOR MÉDIO DOS RESULTADOS

Mês	Solução % $KMnO_4$	Total de Análises Mensais Realizadas	Bruta mg/L	Decantadores mg/L		Filtro mg/L						Final Tratamento mg/L	Reservatório mg/L	Rede de Distribuição mg/L
				1	2	1	2	3	4	5	6			
dez/24	1,5	121	> 5	0,3	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,028
jan/25	2,0	176	> 5	0,6	0,5	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	< 0,005
fev/25	3,5	149	> 5	0,59	1,12	0,02	0,02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,052

Fonte: SAEAN, registro diário do processo 2024 e 2025.

Com o início da aplicação do Permanganato em pré-oxidação, os resultados positivos iniciaram em 10 horas, tendo em vista o monitoramento ao longo da rede de distribuição. Entretanto, para normalização de todos os pontos do município, foram necessários limpeza dos Reservatórios ao longo dos pontos de distribuição, assim como descargas estratégicas na rede de abastecimento. Foi adotado a lavagem dos seis filtros uma vez por turno, ou seja, a cada 12 horas.
Não houve alteração do parâmetro Turbidez na saída dos filtros, nem na água da saída para rede de distribuição, conforma apresentado na **tabela 2**.

TABELA 2 – Resultados de Turbidez na saída dos filtros

ANÁLISES DA ÁGUA DOS FILTROS

TURBIDEZ DOS FILTROS

[1]V.M. P	dez/24	jan/25	fev/25
> 1,00 uT	694	556	620
> 0,5 e ≤ 1,0 uT	696	928	776
> 0,3 e ≤ 0,5 uT	263	299	250
≤ 0,3 uT	213	227	187
Amostras Analisadas	**1866**	**2010**	**1833**

Fonte: SAEAN, registro diário do processo 2024 e 2025.

Os parâmetros pH, Cor e Cloro Residual mantiveram os [1]valores máximos permitidos de acordo com a Portaria GM/MS nº 888 de 4 de maio de 2021. Os dados dos parâmetros físico-químicos, estão apresentados na **tabela 3.**

TABELA 3 – Análise da Água Tratada - Saída da Rede de Distribuição

pH

[1]V.M.P	dez/24	jan/25	fev/25
≥ 6,00 e ≤ 9,00	314	344	312
< 6,00	0	0	0
> 9,00	0	0	0
Total	**314**	**344**	**312**

Cor

[1]V.M.P	dez/24	jan/25	fev/25
≤ 15	220	343	310
> 15	94	1	1
Total	314	344	311

Turbidez

[1]V.M.P	dez/24	jan/25	fev/25
≤ 5	307	323	302
> 5	7	21	10
Total	314	344	312

CLORO RESIDUAL

[1]V.M.P	dez/24	jan/25	fev/25
≥ 0,2 e ≤ 2,0	304	309	295
>2,0 e ≤ 5,0	3	33	14
> 5,0	3	0	0
≤ 0,2	5	3	3
Total	**315**	**345**	**312**

Fonte: SAEAN, registro diário do processo 2024 e 2025.

CONCLUSÕES

A aplicação de Permanganato de Potássio como pré-oxidante, atendeu as expectativas, os ajustes foram realizados gradativamente, como excelente capacidade de oxidação do ferro. Além disso, notou-se diminuição na formação de subprodutos da desinfecção. A utilização associada com a intercloração, promoveu diminuição do parâmetro cor em pontos antigos da rede de distribuição, em decorrência do material da tubulação.
Nos primeiros meses a fluoretação foi suspensa, uma vez que com a aplicação de Permanganato de Potássio, até o controle e acertos dos sistemas, foi importante assegurar e prevenir quaisquer situações imprevistas, relatamos que a suspensão foi comunicada a Central de Vigilância Sanitária do Município.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1.ANA. Impacto da Mudança Climática nos Recursos Hídricos no Brasil / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Brasília: ANA, 2024. 96 p.

2.Brasil. Ministério da Saúde. **Portaria nº 888**, de 4 de maio de 2021, altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, 4 maios 2021. Seção 1, p. 27.

3.Culp/Wesner/Culp. 1986. Manual de Sistemas Públicos de Água. Van Nostrand Reinhold, Nova York, NY.

4.DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N. Tratabilidade de Água e dos Resíduos gerados em Estações de Tratamento de Água. 1. ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2011.

5.FERREIRA FILHO, S. S.; Tratamento de água: concepção, projetos e operação de estações de tratamento, 1 ed. Rio de Janeiro, Editora Nacional. Publicado pelo selo LTC, Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2020.

6.INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, Ano de 2024 é o mais quente no Brasil desde 1961
A média das temperaturas do ano no País ficou 0,79°C acima da histórica, publicado em 02/01/2025 14h48. Última modificação 02/01/2025 15h37. Acesso < https://portal.inmet.gov.br/noticias/2024-%C3%A9-o-ano-mais-quente-da-s%C3%A9rie-hist%C3%B3rica-no-brasil>.

7.IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2022: impacts,adaptation and vulnerability. Sixth Assessment Report. 2022. Disponível em:
https://report.ipcc.ch/ar6wg2/pdf/IPCC_AR6_WGII_FinalDraft_FullReport.pdf. Acesso em: 22 fev. 2024

8.Kawamura, S. 1991. Projeto Integrado de Instalações de Tratamento de Água. John Wiley & Sons, Inc., Nova York, NY.

9.KNOCKE et al. Examining the reactions between soluble iron, DOC, and alternative oxidants during conventional treatment. Journal AWWA: 1994, v.86, n.11, p.117.

10.MORUZZI, Rodrigo Braga; REALI, Marco Antônio Penalva. Oxidação e remoção de ferro e manganês em águas para fins de abastecimento público ou industrial: uma abordagem geral. 2012.

11.PIAZZA, G. A.; GROTT, S.; GOULART, J.; KAUFMANN, V. Caracterização espaço-temporal da qualidade das águas superficiais dos mananciais de abastecimento de Blumenau/SC. Revista de Gestão de Água da América Latina, Porto Alegre, v. 14. e8, jan./dez. 2017. DOI: https://doi.org/10.21168/rega.v14n1.p8-8. Disponível em: 21 jan. 2018.

12.ROEDEL, R. M.; LOPES, C. Gestão Integrada de Informações sobre Recursos Hídricos Estudo de caso: Plano de Gerenciamento de Recursos Hídricos (PGRH) do complexo Industrial de Camaçari, 2013.

13.SOUZA, M.; NASCIMENTO, V. M.; Rev. Carta Inter., Belo Horizonte, v. 19, n. 2, e1431, 2024

14.USEPA. 1990. Manual de Orientação para Conformidade com os Requisitos de Filtração e Desinfecção para Sistemas de Obras Públicas que Usam Fontes de Água de Superfície. Preparado por Malcolm Pirnie, Inc. e HDR Engineering para USEPA. Contrato nº 68-01-6989.

15.VIANNA, M R., 2019, Hidráulica aplicadas as estações de tratamento de água, 6ª Ed, Belo Horizonte, 3i editora, 756 páginas.