

I-10 ANÁLISE DO PARÂMETRO CONDUTIVIDADE ELÉTRICA COMO FERRAMENTA AUXILIAR NO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO EM UMA ETA – UM ESTUDO DE CASO.

Geraldo Tadeu da Silva Thiesen ⁽¹⁾

Engenheiro Mecânico pelo Instituto Federal Sul-Riograndense (IFSUL), Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Especialização em Gestão de Pessoas pela Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), Formação Técnica em Química pela Fundação Liberato. Atuando há mais de 10 anos em Saneamento como Técnico em Tratamento de Água e Esgoto e atualmente como Encarregado de Tratamento de Água na COMUSA -Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo.

Aline Bauer Lacerda ⁽²⁾

Engenheira Química formada pela Universidade Luterana do Brasil (ULBRA). Química Industrial formada pela Universidade Luterana do Brasil (ULBRA). Mestre em Materiais e Processos Industriais pela Universidade FEEVALE. Formação Técnica em Química pela Fundação Liberato. Responsável Técnica pelo tratamento de água e esgoto da COMUSA – Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo.

Arlindo Soares Räder ⁽³⁾

Engenheiro Químico formado pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Mestre em Engenharia Química e Engenheiro de Segurança do Trabalho pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Responsável Técnico pelo tratamento de água e esgoto da COMUSA – Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo. Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Luciane Maria ⁽⁴⁾

Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC-RS) Mestrado em Biociências (Zoologia) e Doutorado em Zoologia pela Pontifícia Universidade Católica (PUC-RS). Professora Universitária por 9 anos no Brasil e 1 ano na Universidade de Biologia da UNTL- Timor Leste. Possui dois anos de experiência em pesquisa na Antártica. Atualmente é Coordenadora da Produção da COMUSA – Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo.

Sergio Giugno ⁽⁵⁾

Engenheiro Civil formado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tem experiência de 30 anos na CORSAN - Companhia Riograndense de Saneamento. Atuou como Secretário de Obras em Canoas-RS por um ano. Atuação em empresa de assessoria técnica por 4 anos. Atualmente Diretor Técnico na COMUSA – Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo.

Endereço⁽¹⁾: Av. Coronel Travassos, 287 - Rondônia - Novo Hamburgo - RS - CEP: 93.415-000 - Brasil –
Tel: +55 (51) 99965-8918 - e-mail: gsilva@comusa.rs.gov.br

RESUMO

A presença de efluentes industriais e sanitários nos mananciais abastecedores somada à condição de baixos índices pluviométricos pode agravar a concentração de poluentes indesejados, tais como matéria orgânica dissolvida, sólidos particulados, bem como a presença de substâncias que representam riscos à saúde humana e à vida em geral. Embora não seja monitorada na maioria das Estações de Tratamento de Água (ETA) pela não obrigatoriedade pela Portaria n.º 888/2021 do Ministério da Saúde, a condutividade elétrica pode ser considerada uma medida indireta da concentração de poluentes, pois por relacionar-se à concentração de cloretos e sólidos dissolvidos totais, torna-se um potencial indicador de eventual lançamento de efluentes. O presente estudo se dá na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, onde os principais arroios formadores drenam grandes centros urbanos. Nessa região, nota-se que as características físico-químicas e microbiológicas das águas apresentam classificação 3 e também 4, dependendo dos parâmetros considerados, conforme a Resolução CONAMA n.º 357/2005. O principal manancial da região, o Rio dos Sinos, é afetado pela escassez hídrica nos períodos de estiagem e pelos altos índices de poluição crescentes da nascente à foz. Estabelecendo os comparativos entre os períodos de chuvas regulares e os períodos de escassez hídrica, os dados coletados e analisados indicam uma interferência da condutividade elétrica da água bruta tanto na água da saída de tratamento da ETA, quanto no controle de qualidade no SAA. A condutividade fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos

vários componentes. Os agentes desinfetantes à base de cloro devem ser cuidadosamente respeitados, pois de sua reação com a matéria orgânica podem resultar subprodutos potencialmente perigosos à saúde humana, além da formação de óxidos metálicos que podem estar associados à cor na fase líquida. Quanto maiores forem os valores de condutividade elétrica observados na água bruta, maior será a demanda de cloro. Por fim, nota-se que a utilização da condutividade como ferramenta indicadora adicional ao monitoramento da qualidade das águas de mananciais abastecedores de ETA é uma alternativa interessante, a qual possibilita se extrair informações relevantes tanto do manancial quanto do processo de tratamento.

PALAVRAS-CHAVE: condutividade elétrica, monitoramento, tratamento de água, escassez hídrica, poluentes.

INTRODUÇÃO

A condutividade elétrica é a expressão numérica da tendência de uma amostra de água em conduzir a corrente elétrica devido aos sais presentes nela. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica o teor de sais existentes na coluna d'água e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados (RICHTER *et al.*, 1991), representando uma medida indireta da concentração de poluentes. Vincula-se ao teor de salinidade, sendo relevante em regiões suscetíveis a elevadas taxas de evaporação e baixa intensidade pluviométrica. Também pode ser um indicador de eventual lançamento de efluentes por relacionar-se à concentração de cloretos e sólidos dissolvidos totais - SDT - (LIBÂNIO, 2010). De acordo com ESTEVES (2011), a condutividade elétrica é um parâmetro que pode mostrar modificações na composição dos corpos d'água, mas não especifica quantidades e componentes. É um parâmetro importante para controlar e determinar o estado e a qualidade de água (PIÑEIRO DI BLASI *et al.*, 2013). Existe uma correlação estatística entre a condutividade da água e a concentração de diversos elementos e íons (TUNDISI E MATSUMURA-TUNDISI, 2008) e que depende da taxa de evaporação da água. A composição iônica de lagos salinos, varia em relação a de rios com baixa condutividade. A medida que ocorre a evaporação, há aumento na concentração dos diferentes íons. A condutividade elétrica pode mudar com a sazonalidade sendo menor no período chuvoso por causa do aumento do fator de diluição dos íons, não obstante o lançamento de efluentes industriais podem elevar os valores da condutividade elétrica independentemente da sazonalidade. Não existe um padrão de condutividade na legislação, porém, de acordo com VON SPERLING (2007), as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$, e em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar até 1000 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

O presente trabalho foi realizado na ETA da COMUSA – Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo com captação de água bruta às margens do Rio dos Sinos (vazão de captação e tratamento atual da ordem de 720L.s⁻¹, abastece 98% da população urbana de Novo Hamburgo). A Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos é atualmente formada por 30 municípios (total ou parcialmente dentro desta configuração geológica), que ocupam uma área de 3.694 km². Ocupando cerca de 1,3% do território estadual, a bacia do Rio dos Sinos é responsável pela geração de aproximadamente 21% do seu Produto Interno Bruto – PIB e abriga uma população estimada em 1.440.500 habitantes. (COMITESINOS,2022).

Segundo a Resolução CONAMA n.º 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, o Rio dos Sinos pode ser enquadrado como classe 3 e classe 4 na região da captação pela COMUSA.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à pesca amadora; d) à recreação de contato secundário; e e) à dessedentação de animais.

V - classe 4: águas que podem ser destinadas: a) à navegação; e b) à harmonia paisagística.

Na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, os principais arroios formadores drenam grandes centros urbanos, cujos despejos, associados ao baixo índice de esgoto tratado e à escassez hídrica no verão, contribuem para alterações significativas na qualidade do manancial. Essas alterações são percebidas pela oscilação da condutividade elétrica e seus impactos nos parâmetros e condições de tratamento na ETA. Esse torna-se o principal desafio, mantendo o equilíbrio nos padrões de dosagem de modo a evitar a formação de subprodutos prejudiciais à saúde e na percepção dos consumidores como no gosto, coloração e odor (SALGADO, 2008).

OBJETIVO

O objetivo geral desse estudo é apresentar resultados do monitoramento da condutividade elétrica e a sua influência no processo de tratamento da água para consumo humano da COMUSA – Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo, RS, Brasil.

Atribuindo uma abordagem específica, o objetivo geral pode ser expandido: verificar a magnitude das alterações de condutividade na água do manancial comparando épocas de escassez hídrica e de precipitação normal; avaliar a relação da condutividade elétrica da água bruta e seu efeito no decaimento do cloro residual livre (CRL) e do cloro combinado, relacionando com a formação de subprodutos da desinfecção e com os resultados do monitoramento microbiológico das amostras de água tratada e distribuída; analisar se existe relação entre a condutividade elétrica da água bruta e a formação de cor aparente na água tratada e distribuída; e também analisar se há impacto da condutividade elétrica da água bruta no consumo de agente desinfetante e no custo global de produção de água tratada.

METODOLOGIA UTILIZADA

O estudo foi elaborado a partir de dados do monitoramento da Estação de Tratamento de Água (ETA) da COMUSA, localizada em Novo Hamburgo, RS, Brasil, no período de abril de 2021 até março de 2022, em operação 24 horas por dia, com análises de hora em hora. Para elaboração do trabalho, foram coletados e analisados dados dos períodos delimitados do seguinte modo: de abril até novembro de 2021 foi considerado período típico de operação, e de dezembro de 2021 até março de 2022 foi considerado período de escassez hídrica.

Nesses períodos foram comparados os dados de condutividade elétrica da água bruta, recebida na ETA para tratamento, a qual é captada no trecho baixo do Rio dos Sinos. A condutividade elétrica da água bruta foi relacionada às alterações que impactaram nos parâmetros de controle na ETA. Um dos principais parâmetros de controle é o decaimento do CRL devido à sua reação com materiais orgânicos e/ou inorgânicos oxidáveis presentes na água, em maior ou menor extensão, conforme a capacidade reativa destes, gerando o cloro combinado. Também buscou-se verificar a ocorrência de decaimento simultâneo de CRL e cloro combinado, sua relação com o residual de manganês na água bruta, e avaliação da incidência de cor aparente na água tratada. Adicionalmente, foram avaliados os dados de controle microbiológico no Sistema de Abastecimento de Água (SAA). Nesse sentido, foram utilizados dados coletados pelas equipes do Laboratório de Produção de Água Tratada e do Laboratório de Controle de Qualidade da autarquia COMUSA. Paralelamente, foram coletados dados históricos de precipitação pluviométrica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da Estação Meteorológica de Campo Bom, RS, Brasil, localizada próxima ao município onde se localiza a ETA e o Sistema de Abastecimento de Água (SAA) em questão.

RESULTADOS OBTIDOS OU ESPERADOS

Com uso de dados do Instituto Nacional de Meteorologia, o período de escassez hídrica analisado apresentou média de precipitação pluviométrica maior que no período típico de operação da ETA (abril a novembro/2021), porém quase 30 horas com registro de precipitação a menos em média, o que indica grandes precipitações em pequenos intervalos de tempo. A Tabela 1 correlaciona dados pluviométricos, nível do rio e condutividade elétrica da água bruta para o período em estudo. Nota-se uma relação direta entre o nível do rio e horas de precipitação, com menores níveis do manancial quanto menos horas de precipitação.

Tabela 1: Dados pluviométricos, nível do Rio dos Sinos e condutividade elétrica da água bruta de abril/2021 até março/2022

Mês/ano	Precipitação acumulada (mm)	Horas de precipitação (h)	Nível médio do rio (m)	Condutividade elétrica da água bruta ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
abr/21	22,2	26	2,39	100,4
mai/21	199	50	3,21	96,3
jun/21	157,6	81	4,50	69,5
jul/21	32,6	44	3,73	79,6
ago/21	154,2	89	3,36	90,1
set/21	186,4	103	5,26	66,2
out/21	127,4	57	4,52	71,5

Mês/ano	Precipitação acumulada (mm)	Horas de precipitação (h)	Nível médio do rio (m)	Condutividade elétrica da água bruta (µS/cm)
nov/21	127,4	54	2,67	90,3
dez/21	70,8	23	2,58	90,2
jan/22	189,4	58	3,16	96,4
fev/22	74,8	24	2,16	115,8
mar/22	230,4	102	3,28	104,6

A Figura 1 apresenta as informações de precipitação acumulada e nível do rio. Percebe-se que não há relação direta do acúmulo de precipitação com aumento do nível do rio.

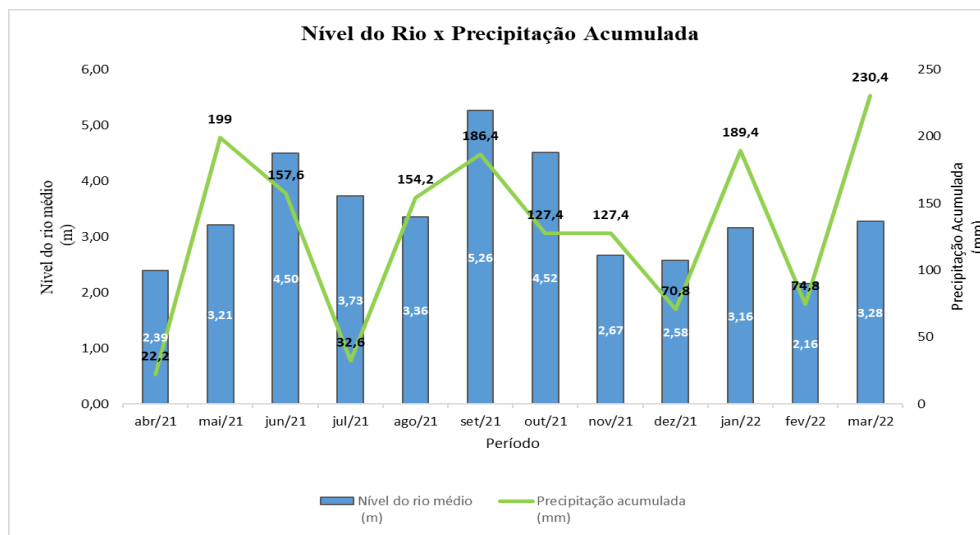


Figura 1: Relação entre nível do rio e precipitação acumulada.

A Figura 2 evidencia de forma gráfica a relação entre as médias do nível do rio e as horas de precipitação durante os meses de operação típica e de escassez hídrica. No mês de março de 2022, os valores sofreram alteração significativa com maior incidência pluviométrica a partir do dia 10, com 77 horas de precipitação. Até então, a média do nível do rio no mês era de 2,28 metros.

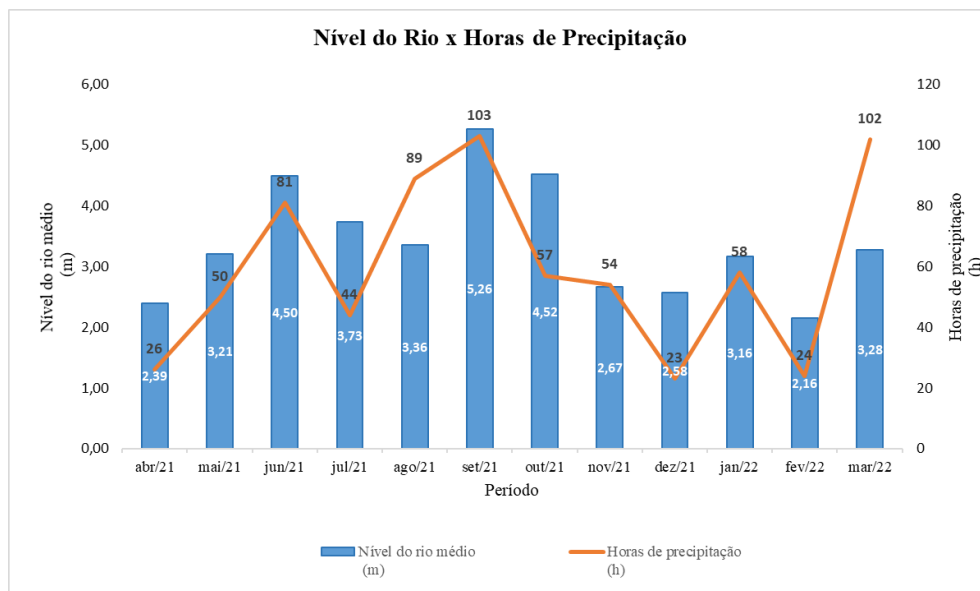


Figura 2: Relação entre nível do rio e horas de precipitação.

A condutividade elétrica da água bruta no período típico apresentou valor médio de $83,28 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ contra $101,27 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ na escassez hídrica. A Figura 3 apresenta uma relação direta do nível do rio com o valor de condutividade elétrica da água bruta. Via de regra, conforme o decréscimo dos valores médios de nível do rio, a condutividade elétrica apresenta incremento em seu valor. Durante o pico de escassez hídrica (fevereiro/2022), a condutividade chegou a apresentar valores superiores a $176 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ na água bruta.

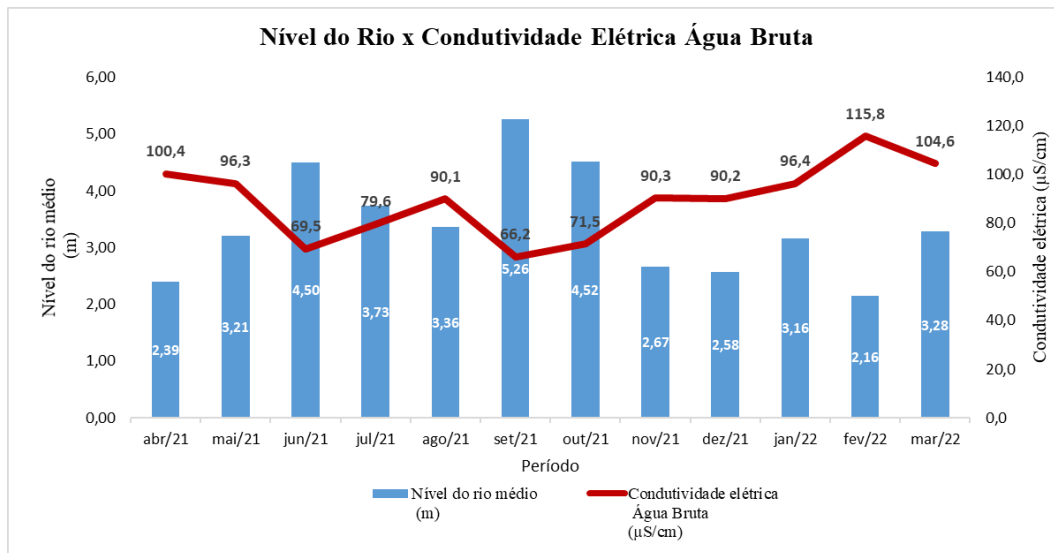


Figura 3: Relação entre nível do rio e condutividade elétrica da água bruta.

A Figura 4 faz a relação entre horas de precipitação e o valor de condutividade elétrica na água bruta. Nela pode-se perceber aumento da condutividade elétrica, quando do baixo número de horas de precipitação.

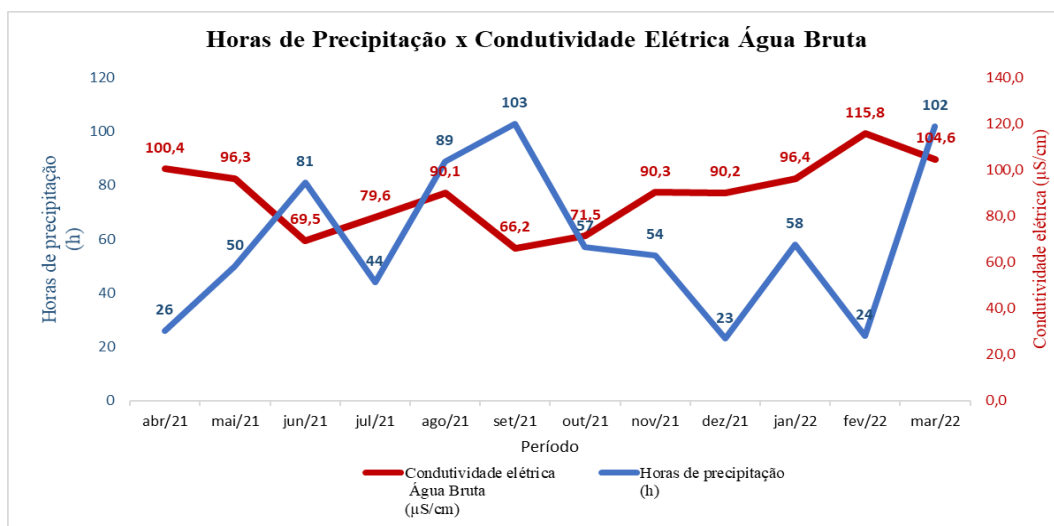


Figura 4: Relação entre horas de precipitação e condutividade elétrica da água bruta.

No período típico de operação, o CRL no SAA apresentou valores médios de $1,20 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, contra $0,80 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ no período de escassez hídrica ((pico de valor da condutividade elétrica no manancial), para uma faixa similar de dosagem. O cloro combinado também apresentou diferenças expressivas nos períodos referidos. No período de escassez hídrica, o valor médio chegou a $0,92 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, contra $0,18 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ em condições típicas. Num universo de 2.700 amostras analisadas, 88 apresentaram na saída do tratamento valores de CRL inferior a $0,20 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e cloro combinado inferior a $2,00 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. O controle microbiológico também sofreu impacto no período, subindo do valor médio de 2,0% de presença de coliformes totais nas amostras analisadas para 3,0% no período de escassez. A formação de cor aparente também apresentou relação com o aumento de condutividade na água bruta.

A Tabela 2 apresenta os dados comparativos dos parâmetros de produção entre os dois períodos analisados. No período típico, a média de cor aparente na saída do tratamento ficou na faixa de 0,36 uH, enquanto na escassez hídrica observou-se valor médio de 0,90 uH (saída da ETA). No controle de qualidade, o valor médio típico passou de 1,52 uH para 4,76 uH no período de escassez hídrica.

Tabela 2: Comparativo entre a condutividade elétrica da água bruta e demais parâmetros de controle.

Período		CRL da água tratada (mg.L ⁻¹)	Cloro total da água tratada (mg.L ⁻¹)	Cloro combinado da água tratada (mg.L ⁻¹)	Condutividade elétrica da água bruta (µS/cm)	Cor aparente na água tratada (uH)	Cor aparente água distribuída (uH)
Período Típico	Médio	1,51	1,64	0,40	83,28	0,36	1,52
	Máximo	2,57	3,60	2,69	144,57	12,00	8,00
	Mínimo	0,05	0,40	0,00	42,38	0,00	0,00
Escassez Hídrica	Médio	1,43	1,91	0,66	101,27	0,90	4,76
	Máximo	2,55	4,40	3,79	176,30	18,00	29,00
	Mínimo	0,09	0,53	0,00	51,50	0,00	0,00

No período crítico supracitado, foram contabilizados episódios combinando cor aparente superior a 2 uH, CRL inferior a 1,00 mg.L⁻¹ e cloro combinado inferior a 2,00 mg.L⁻¹ em um total de 146 amostras, representando 5,4% das amostras. Nesses casos, a condutividade elétrica da água bruta apresentou valor médio de 123,1 µS.cm⁻¹. O resultado mais expressivo foi no mês de fevereiro/2022, onde cerca de 9% das amostras apresentaram valor superior a 15 uH no SAA (água distribuída). Nesse período, o valor médio de condutividade elétrica da água bruta foi de 115,79 µS.cm⁻¹ e o cloro combinado médio foi de 1,23 mg.L⁻¹, valores mais altos do período. A Figura 5 apresenta o valor de CRL do SAA em relação à condutividade elétrica da água bruta do Rio dos Sinos. Pode-se observar a diminuição do cloro residual, em função do aumento da condutividade elétrica.

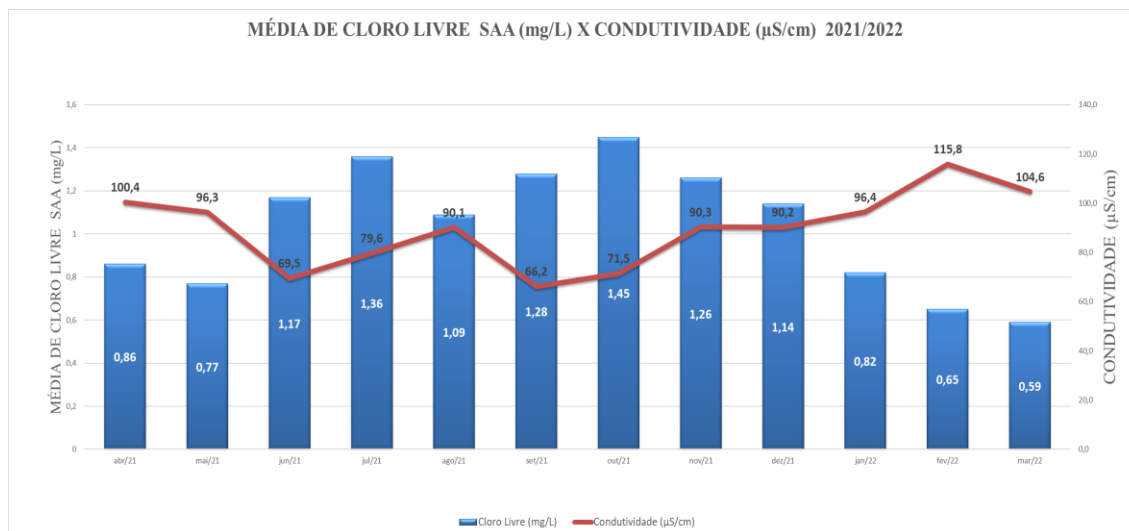


Figura 5: Relação entre cloro livre médio mensal do SAA e condutividade elétrica da água bruta.

O residual de manganês na água bruta no período de escassez hídrica foi de 0,17 mg.L⁻¹, valor elevado em relação à média de 0,06 mg.L⁻¹ no período típico de operação. O manganês quando presente na água de abastecimento público, gera inconvenientes quanto à qualidade da água e também quanto à conservação das redes de distribuição. Nas adutoras e nas redes de distribuição pode formar incrustações nas paredes das tubulações, diminuindo a capacidade de escoamento. Referente à água distribuída, devido ao seu potencial de gerar presença de cor e sabor desagradáveis na água, pode provocar rejeição por parte dos consumidores. A

Figura 6 apresenta os valores de cor aparente no SAA e sua relação com os valores de condutividade elétrica no manancial, mostrando aumento nos valores médios de cor em função do aumento da condutividade.

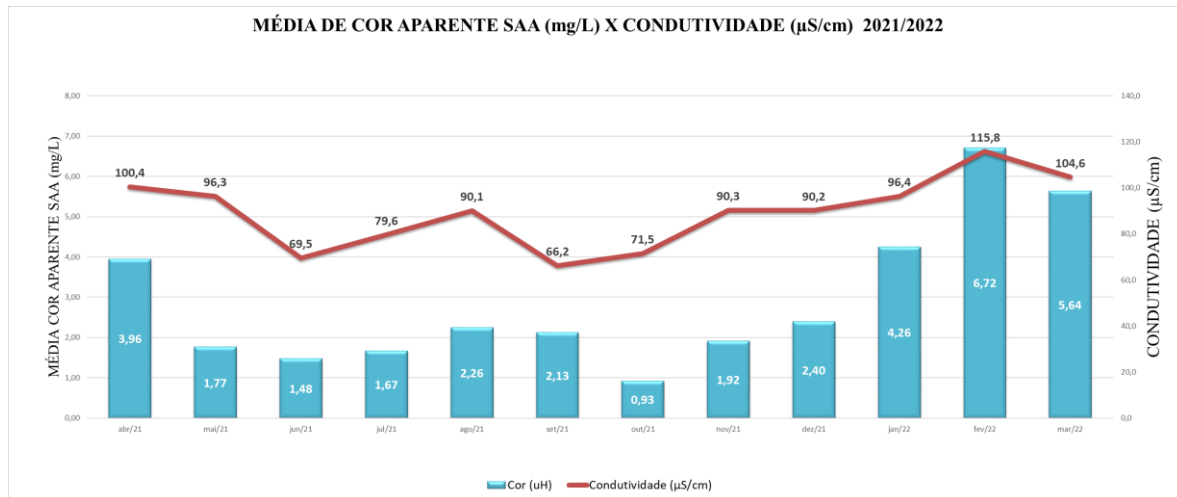


Figura 6: Relação entre cor aparente média mensal do SAA e condutividade elétrica da água bruta.

Referente ao processo de tratamento de água, o consumo de agente desinfetante (solução de hipoclorito de sódio 12% em massa) apresentou aumento de 31% no período de escassez, passando da média típica mensal de 41,7 para 54,8 toneladas, implicando fortemente no custo de tratamento.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os dados coletados e analisados indicam uma interferência da condutividade elétrica da água bruta tanto na água da saída de tratamento da ETA, quanto no controle de qualidade no SAA. A condutividade fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade específica da água aumenta e altos valores podem indicar cargas poluidoras da água. O Rio dos Sinos apresenta aumento dos valores de condutividade da nascente em direção à foz, destacando a presença de alguns íons metálicos, como ferro e manganês, oriundos de despejos industriais. Como foi demonstrado nos gráficos anteriormente, é notória a relação entre aumento de condutividade elétrica com os baixos níveis do rio e baixo número de horas de precipitação. A concentração de poluentes nos baixos níveis do rio, potencializado pelas fontes de poluição difusa, relacionadas a eventos climáticos como precipitações, condições que podem variar bruscamente de lugar para lugar ou de ano para ano (CAMPBELL, 2004) contribuem nessa combinação de fatores. Ainda com precipitações de curta duração, o manancial sofre, baseado no conceito de BAPTISTA *et al.* (2005) com o efeito de carga de lavagem (“*first flush effect*”). A hipótese associada a este conceito é de que os escoamentos de origem pluvial seriam muito mais poluídos no início do evento, onde as primeiras águas de escoamento superficial mobilizam e transportam poluentes acumulados à superfície da bacia hidrográfica durante o período seco que antecede as precipitações. Isso faz com que haja um aumento abrupto de condutividade no manancial, sendo que uma pequena precipitação ou longos intervalos entre precipitações faz com que não haja elevação significativa de nível no rio, e a condutividade retome um patamar ainda elevado após a passagem do efeito *first flush*, acarretando impactos importantes na ETA. Na observação dos resultados, nota-se valores de precipitação acumulada por vezes maiores nos meses de escassez hídrica, porém com menor número de horas com precipitação efetiva, o que não garante aumento e manutenção em maiores valores do nível do rio. Analisando os gráficos, sugere-se que para manutenção de níveis mais elevados no manancial, e consequente redução da condutividade elétrica, é necessário um maior número de horas de precipitação.

O aumento do cloro combinado está relacionado com a reação das substâncias presentes na água que interagem com o CRL. O cloro é uma substância com elevado potencial reativo. Quando adicionado à água, reage com materiais ou partículas dissolvidas, e a sua concentração irá diminuir ao longo do tempo. Com o aumento de condutividade elétrica na água bruta, decorrente do aumento da maior presença de materiais orgânicos e/ou

inorgânicos na água, implicam na reação do cloro em maior ou menor intensidade. De forma geral, os materiais inorgânicos como ferro, manganês e amônia são facilmente oxidáveis, tornando-se relevantes no estudo de decaimento do cloro. A matéria orgânica, embora menos reativa, pode também ser um fator importante. As reações que envolvem o CRL e os compostos orgânicos naturais presentes na água são extremamente complexas, uma vez que estes apresentam uma elevada diversidade de grupos funcionais, corroborando que a condutividade elétrica possa ser o instrumento adequado para previsão das estratégias de tratamento na ETA. O decaimento de cloro pode ser caracterizado por diversas formas. Vários modelos têm sido desenvolvidos para prever o decaimento de cloro na água potável, cuja complexidade está apoiada em um conjunto complexo de reações. Modelos cinéticos simples inferem que a velocidade da reação é proporcional à concentração do cloro. E que esta decai exponencialmente ao longo do tempo. Outros modelos, consideram as diferentes taxas de decaimento em diferentes intervalos de tempo. Tais assuntos não foram aprofundados nesse trabalho e serão considerados a posteriori.

Além dos efeitos de decaimento de cloro e formação de cor na água tratada, o manganês na forma bivalente (Mn^{2+}) pode gerar compostos solúveis, mas ao entrar em contato com ambiente oxidante, se precipita na forma tetravalente (Mn^{4+}) originando compostos insolúveis precipitados que conferem à água tonalidade marrom escura, além de deixá-la com aspecto turvo amarelado. Estas reações, em função da liberação de gás carbônico, podem levar até quarenta e oito horas para se processarem totalmente, e irão ocorrer principalmente nas redes de abastecimento, onde a velocidade da água é baixa. O efeito de aumento do manganês associado ao aumento da condutividade e seu impacto no tratamento é facilmente observado nos gráficos apresentados anteriormente, oriundos de dados no monitoramento interno na ETA, quando em baixos níveis do manancial e condutividade elevada. A utilização do peróxido de hidrogênio como agente pré-oxidante na água bruta na ETA tem minimizado os efeitos de cor aparente, gerados anteriormente quando a água em condutividade elétrica elevada era exposta ao agente desinfetante a base de cloro.

O aumento no consumo de agente desinfetante é associado diretamente à necessidade de aumento de dosagem para compensação ao decaimento do CLR, ocasionado pela reação do cloro com as substâncias presentes no manancial, as quais provocam o aumento de condutividade durante o período de escassez hídrica.

Mesmo com todas as condições adversas impostas, o controle rigoroso no processo de tratamento gerou baixo impacto na qualidade da água tratada, conferindo atendimento à portaria de potabilidade na quase totalidade dos resultados. O controle microbiológico, apesar de afetado no período em função da alteração na condutividade e teores de cloro, apresentou valores dentro dos limites estabelecidos pela legislação.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Pode-se observar que o nível baixo do manancial no período de escassez hídrica é vinculado a poucas horas de precipitação mais do que ao volume acumulado de precipitação. Grandes precipitações em pequenos intervalos de tempo não elevaram o nível do manancial e ocasionaram aumento dos valores médios de condutividade elétrica e residuais de manganês na água bruta. Aliado à escassez hídrica, o baixo volume de esgoto doméstico tratado na região, somado aos despejos industriais, contribuiu para elevação da condutividade no manancial. Os limites residuais de agentes desinfetantes à base de cloro devem ser cuidadosamente respeitados, pois de sua reação com a matéria orgânica podem resultar subprodutos potencialmente perigosos à saúde humana. O cloro, ao reagir com determinados compostos orgânicos (oxidação química), tende a reduzir as suas concentrações na fase líquida, fazendo-se necessário controle rígido para que se mantenham concentrações o mais estáveis possíveis de CRL nessa fase. Como a caracterização dos componentes presentes em águas naturais é bastante complexa, é muito difícil a previsão do CRL em meio aquoso, bem como a previsão da formação de subprodutos da desinfecção. Desse modo, a avaliação da condutividade elétrica no tratamento oferece uma alternativa ao controle do processo e a observação de suas flutuações contribuem diretamente ao tratamento. Assim sendo, em via de regra, quanto maiores forem os valores de condutividade elétrica observados na água bruta, maior será a demanda de cloro. Consequentemente, maiores tenderão a ser as concentrações de subprodutos da desinfecção, com destaque para os óxidos metálicos que podem estar associados à cor aparente na fase líquida. Uma das potenciais substâncias que pode estar relacionada à formação de cor aparente na água é o manganês (o CRL oxida compostos de manganês, formando precipitados). Trata-se de uma reação lenta (2 a 4 horas até estar completada). Se o manganês estiver na forma de composto orgânico, a velocidade de reação é ainda menor. Esse impacto é percebido na rede de distribuição (elevação da cor aparente). Por

fim, nota-se que a utilização da condutividade como ferramenta indicadora adicional ao monitoramento da qualidade das águas de mananciais abastecedores de ETA é uma alternativa interessante, a qual possibilita se extrair informações relevantes tanto do manancial quanto do processo de tratamento. É uma alternativa de fácil implantação e operacionalização, sendo uma análise simples e pouco onerosa. Os equipamentos para medição do parâmetro condutividade elétrica são facilmente encontrados no mercado e não representam custos expressivos ao tratamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Resolução n.º 357, de 17 de março de 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. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, 2005. ARORA, M.L., BARTH, E., UMPHRES, M.B. *Technology evaluation of sequencing batch reactors. Journal Water Pollution Control Federation*, v.57, n.8, p. 867-875, ago. 1985.
2. Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos – COMITESINOS. Disponível em <http://www.comitesinos.com.br/bacia-hidrografica-do-rio-dos-sinos>. Acesso em 24/08/2022.
3. CAMPBELL, N; D'ARCY, B.; FROST, A.; NOVOTNY, V.; SANSOM, A. *Diffuse pollution: An introduction to the problems and solutions. London: IWA Publishing. 2004.*
4. DI BERNARDO, L., DANTAS, A. Seleção de tecnologias de tratamento de água. São Carlos: LDiBe. 878 p. (Vol. I). 2008.
5. DI BERNARDO, L.; SABOGAL PAZ, L. P. Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água. 1. ed. São Carlos: Editora LDiBe Ltda, 2008. v. 1 e 2.
6. PIÑEIRO DI BLASI, J. I.; MARTÍNEZ TORRES, J.; GARCÍA NIETO, P. J.; ALONSO FERNÁNDEZ, J. R.; DÍAZ MUÑIZ, C.; TABOADA, J. *Analysis and detection of outliers in water quality parameters from 'different automated monitoring stations in the Miño river basin (NW Spain). Ecological Engineering*, v. 60, p. 60–66, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.07.054>
7. ESTEVES, F. Fundamentos de limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.
8. Filho S. S. F. , Sakaguti M. Comportamento cinético do cloro livre em meio aquoso e formação de subprodutos da desinfecção. *Engenharia Sanitária e Ambiental* Vol.13 - Nº 2 - abr/jun 2008, 198-206.
9. <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>, Acesso em 14/09/2022.
10. LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Campinas: Átomo, 2010.
11. LIBÂNIO, M., Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água. Campinas, SP. Editora Átomo, 2ª Edição, 2008.
12. MACÊDO, J. A. B., ÁGUAS & ÁGUAS. Belo Horizonte, MG. CRQ-MG, 3ª Edição, 2007.
13. MORAES L. F. Disponibilização dos dados de qualidade de água de uma bacia hidrográfica do Rio Grande do Sul, Brasil: uma plataforma *online*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre, 2018.
14. MORUZZI, R. B., REALI, M. A. P. Oxidação e remoção de ferro e manganês em águas para fins de abastecimento público ou industrial - uma abordagem geral, *Revista de Engenharia e Tecnologia*, V. 4, No. 1, Abr/2012.
15. RICHTER, C. A., NETTO, J. M. A., Tratamento de água: tecnologia atualizada. São Paulo, SP, Editora Edgard Blücher Ltda, 1991.
16. RICHTER, C. A. Água: métodos e tecnologia de tratamento. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2009.



17. SALGADO, S. R. T. Estudo dos parâmetros do decaimento do cloro residual em sistema de distribuição de água tratada considerando vazamento. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2008.
18. [SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA](https://sema.rs.gov.br/g020-bh-sinos) <https://sema.rs.gov.br/g020-bh-sinos>
[Acesso em 13/09/2022.](#)
19. TUNDISI, J. G.; MATSUMURA TUNDISI, T. Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 632 p.
20. VON SPERLING M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. - 3ed. - Belo Horizonte: Departamento de Engenharia sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 2005.
21. Vieira, P.; Coelho, S.T.; Loureiro, D. (2004), *Accounting for the influence of initial chlorine concentration, TOC, iron and temperature when modelling chlorine decay in water supply*. *Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA*, 53, 7, 453– 467.
22. WALHROOS, Gosta; FERREIRA; Wanderlei. Experiência em remoção de manganês através da coagulação com sulfato férrico. In. Anais 20o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, 1999.