

**ESTAÇÃO DE CONDUTIVIDADE: GESTÃO DA SALINIDADE NA CAPTAÇÃO DA ETA REIS
MAGOS**

Ludimila Marvila Girondoli⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Engenheira Ambiental na CESAN-ES.

André Luiz Sefione

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Engenheiro Civil na CESAN-ES.

Maria Leticia de Abreu Faria Rocha

Engenheira Química pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Engenheira Química na CESAN-ES.

Saulo Machado da Silva

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Especialização em Estruturas de Concreto e Fundação pela Universidade Cidade de São Paulo (UNICID)

Endereço⁽¹⁾: Avenida Guarapari, s/n – Jardim Limoeiro - Serra – ES - CEP: 29164-120- Brasil - Tel: (27) 2127-5473 - e-mail: ludimila.girondoli@cesan.com.br

RESUMO

A captação da ETA Reis Magos é realizada no Rio Reis Magos e, na maior parte do ano, a água captada apresenta valores de cloretos menores que 10 mg/L, valor inferior ao padrão de 250 mg/L estabelecido na Portaria GM/MS nº 888/2021. Contudo, devido à topografia plana da região e pelo fato de a captação distar 15 km da foz do Rio Reis Magos, nos períodos mais secos (agosto a outubro) pode ocorrer aumento na concentração de cloretos na água devido ao avanço da cunha salina, dependendo do volume de água doce aportado pelo Rio e pelas oscilações de maré.

Sendo assim, o presente trabalho visa apresentar o procedimento que tem sido adotado na ETA Reis Magos para compatibilizar os momentos de avanço da cunha salina com a captação de água bruta dentro dos padrões de potabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Cunha salina, condutividade, cloretos, captação de água.

INTRODUÇÃO

A Estação de Tratamento de Água (ETA) Reis Magos está localizada no município da Serra/ES, na zona rural do distrito de Nova Almeida, e a captação deriva água bruta do Rio Reis Magos em um ponto localizado a 15 km de distância da foz. Por se localizar em uma região de topografia plana, no período seco do ano, dependendo do volume de água aportado pelo Rio Reis Magos e da amplitude da maré, pode ocorrer influência da cunha salina proveniente do mar. A Figura 1 apresenta a localização da captação da ETA Reis Magos.

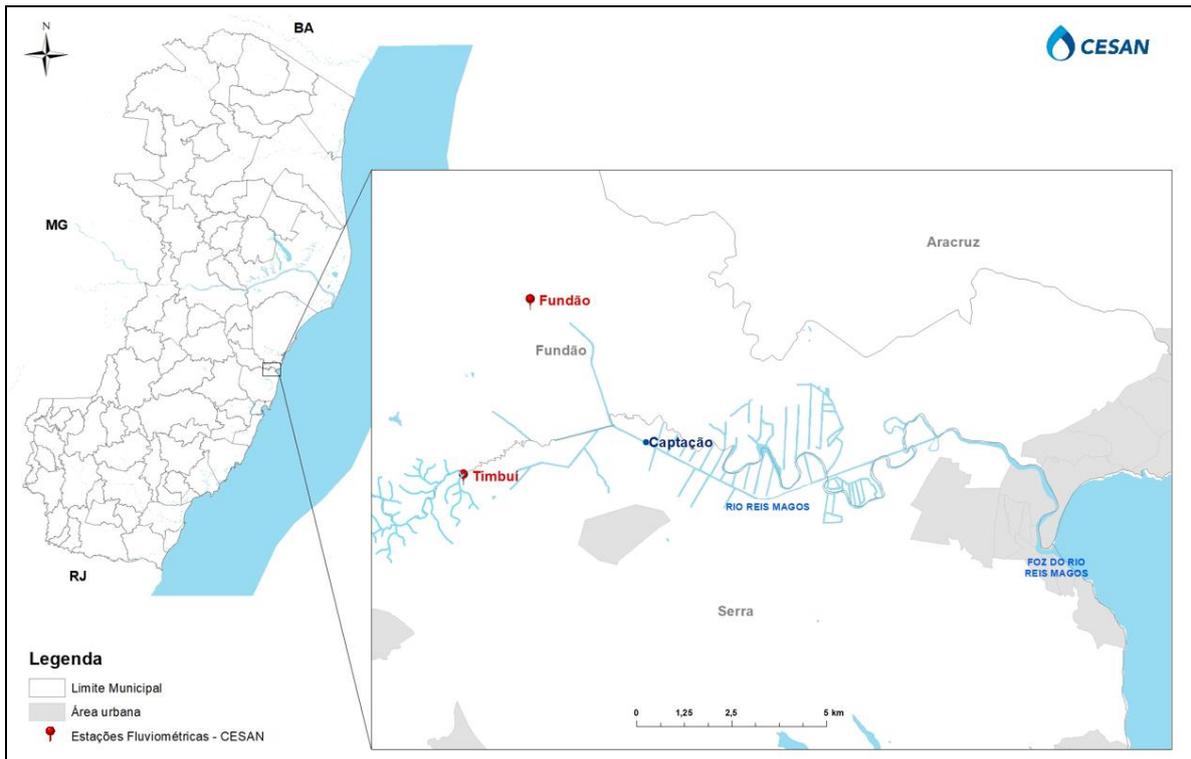


Figura 1: Localização da captação da ETA Reis Magos em relação à foz do Rio Reis Magos.

A ETA Reis Magos iniciou a operação em outubro/2017, com operação 24 horas/dia, fornecendo água dentro dos padrões de qualidade, contudo em 27/09/2019, houve entrada da cunha salina no canal de captação da ETA Reis Magos, e foi distribuída água com sabor salobro para a população abastecida pelo SAA Reis Magos. A Portaria GM/MS nº 888/2021, em relação a percepção de sabor salobro/salino, estabelece o parâmetro cloretos como indicador, sendo 250 mg/L o valor máximo permitido (VMP). Na ocorrência do dia 27/09/2019, nas amostras da rede de distribuição de água, foram identificados resultados com valores superiores ao VMP.

Devido a essa ocorrência a captação e o tratamento da água ficaram paralisados durante 19 dias e nesse período foram realizadas análises dos dados existentes (nível dos rios, horário e altura da maré, nível do poço de sucção, condutividade da água bruta) bem como geração de novos dados, de forma a compreender a hidrodinâmica da cunha salina no Rio Reis Magos, para então definir uma solução imediata para permitir que a ETA retornasse a operar. A área de abrangência do sistema de abastecimento de água (SAA) de Reis Magos pode ser abastecida por outro SAA a partir de manobras de rede e acionamento de uma estação pressurizadora de água tratada (booster). Dessa forma, no período de paralisação da ETA Reis Magos, a população foi abastecida pelo SAA Santa Maria.

A partir da análise de dados, concluiu-se que, na maré enchente, não poderia se permitir o avanço da cunha salina para o interior do Canal de Captação, pois devido ao perfil de profundidade do sistema de captação, a água salobra fica retida no Canal. A Figura 2 apresenta o perfil do sistema de captação de água, onde verifica-se que o Canal de Captação e o poço de sucção são mais profundos que o leito do Rio Reis Magos, o que dificulta a saída da água salobra na maré vazante, caso avance no sistema.

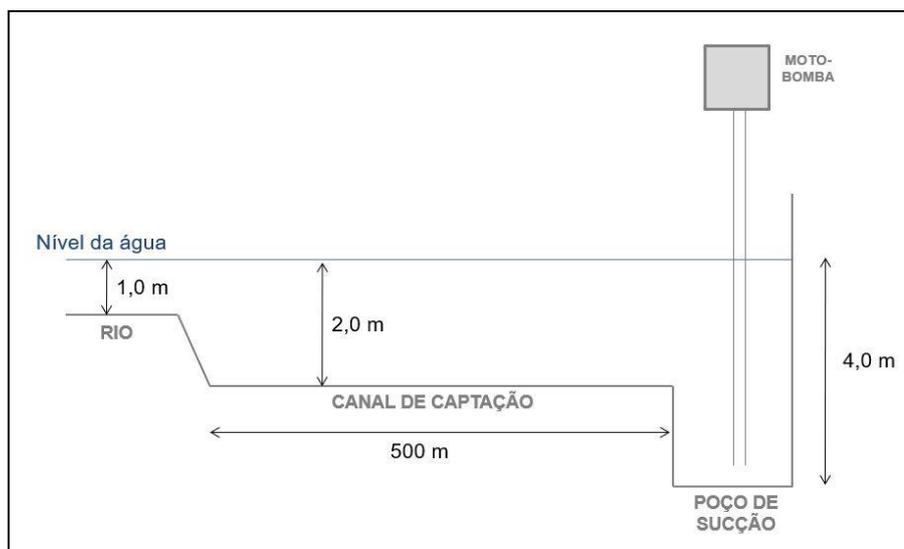


Figura 2: Perfil do canal de captação da ETA Reis Magos em relação ao Rio Reis Magos.

Definiu-se também, como solução imediata, um procedimento na qual planejava-se a paralisação da captação da água a partir de uma previsão do avanço da cunha salina baseado no nível de rio, horário e cota prevista para a maré. A lógica do procedimento é: com a paralisação da captação, o bombeamento de água é interrompido, e conseqüentemente cessa-se o movimento de entrada da água no Canal de Captação. A partir da análise dos dados, ficou estabelecido que a ETA Reis Magos, quando do avanço da cunha salina, deveria ser paralisada duas vezes ao dia por um período de 3 horas, totalizando, 6 horas/dia. Era enviado um comunicado informando as datas e horários previstos para a paralisação e o retorno da captação.

Foi um procedimento eficiente que impediu a entrada da cunha salina no Canal de Captação nos anos de 2019 e 2020, porém como tratava-se de uma extrapolação do comportamento da natureza, não era um procedimento preciso podendo incorrer em paralisações desnecessárias ou mesmo em captação de água salobra.

Portanto, a fim de precisar o momento exato que a cunha salina se aproximasse do canal de captação, adotou-se como solução, para o enfrentamento dos próximos períodos secos, a gestão da salinidade através de uma estação de condutividade que permitisse a medição instantânea do valor de condutividade no Rio Reis Magos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar a definição do procedimento de gestão da salinidade na captação da ETA Reis Magos foram executadas as seguintes etapas descritas abaixo.

1) Correlação entre condutividade e cloretos

A Portaria GM/MS nº 888/2021, em relação a percepção de sabor salobro/salino, estabelece o parâmetro cloretos como indicador, sendo 250 mg/L o valor máximo permitido (VMP). Contudo, para uma resposta eficaz sobre o comportamento da cunha salina no Rio Reis Magos, optou-se por utilizar o parâmetro condutividade, onde a partir de uma correlação linear infere-se o valor de cloretos da amostra de água a partir do valor da condutividade.

Outro fator determinante para a utilização da correlação foi que, quando da procura de fornecedores (em 2019/2020), não foi encontrado no mercado equipamento que medisse in loco e continuamente em tempo real a concentração de cloretos.

Para a elaboração da equação de correlação, foram coletadas 58 amostras de água do Rio Reis Magos em diversas situações de maré (alta e baixa) e analisadas no laboratório da ETA Reis Magos. A análise de cloretos

foi realizada conforme o Método de Mohr e a análise de condutividade, através do medidor de bancada. A partir dos resultados elaborou-se a correlação através da regressão linear simples.

2) Aquisição, instalação e operacionalização da estação de condutividade

Para compor a Estação de Condutividade foram adquiridos, o sensor de medição de condutividade com cabo de transmissão de dados, datalogger, modem, antena de transmissão, painel solar, caixa protetora e sistema online de visualização dos dados. O sensor de condutividade foi instalado diretamente no Rio Reis Magos, à jusante da entrada do Canal de Captação para possibilitar o acompanhamento da movimentação da cunha salina e paralisar/retornar a captação conforme valor de condutividade estabelecido. A Figura 3 apresenta um croqui esquemático da instalação da Estação de Condutividade e as Figura 4 uma vista geral da Estação.

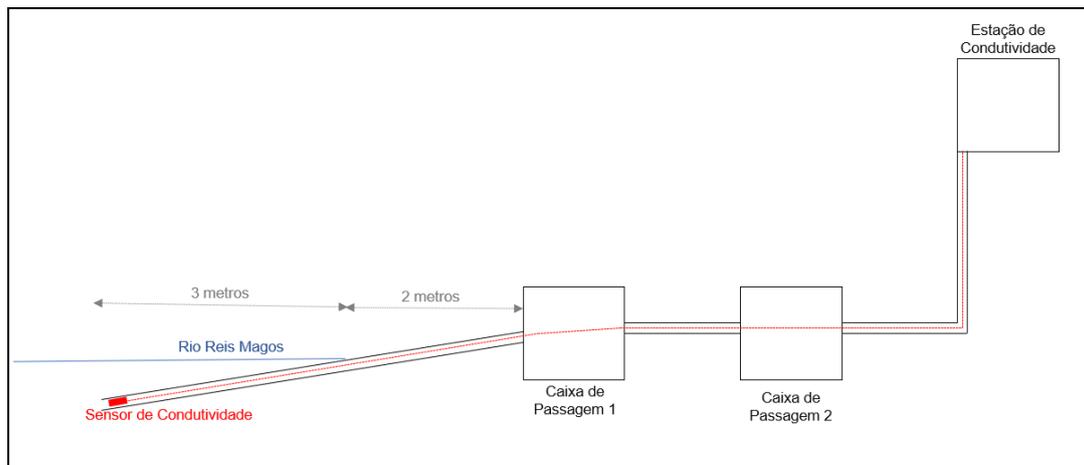


Figura 3: Croqui esquemático da Estação de Condutividade de Reis Magos

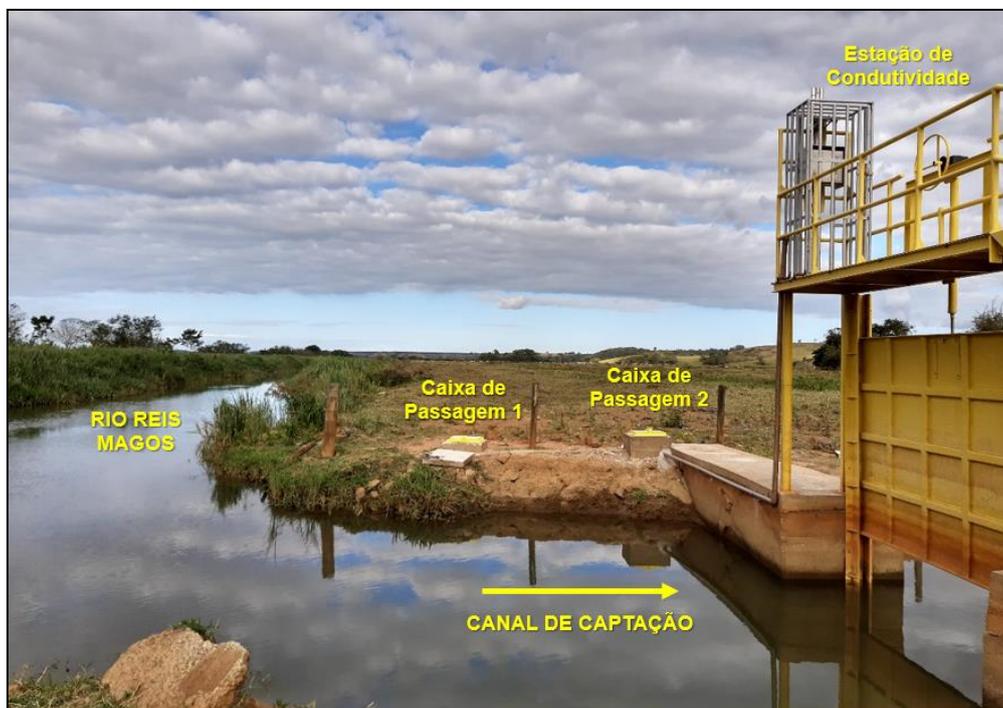


Figura 4: Foto com vista geral da Estação de condutividade

3) Definição do valor de condutividade para interromper/retornar a captação

O valor de condutividade adotado para interromper/retornar a captação foi definido a partir de testes de prova do sabor da água enquanto variavam-se os valores de condutividade. Os testes não se basearam em metodologias adequadas para análise sensorial, foram apenas teste expeditos de percepção do sabor. Os testes ocorreram em 12/11/2019, quando a ETA retornou à operação após a paralisação de 19 dias, utilizando a mesma água tratada distribuída para a população. Participaram dos testes três empregados da Companhia que acompanhavam a retomada da operação da ETA.

4) Definição dos novos procedimentos

A partir do funcionamento do sistema de monitoramento de condutividade, em 02/08/2021, o procedimento operacional de gestão da cunha salina foi revisado e aperfeiçoado resultando em dois procedimentos: um procedimento para os Analistas e um para os Operadores da ETA Reis Magos.

RESULTADOS

Os resultados estão apresentados conforme a etapalização da metodologia.

1) Correlação entre condutividade e cloretos

O Rio Reis Magos apresenta uma condutividade, sem intrusão da cunha salina, variando de 50 a 70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e com o avanço da cunha salina em 2019, obteve-se valores de condutividade de até 2700 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A Figura 5 apresenta o gráfico de correlação dos resultados das análises de condutividade e cloretos realizados em 2019, entretanto esta correlação deve ser utilizada para condutividade entre 90 e 2700 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

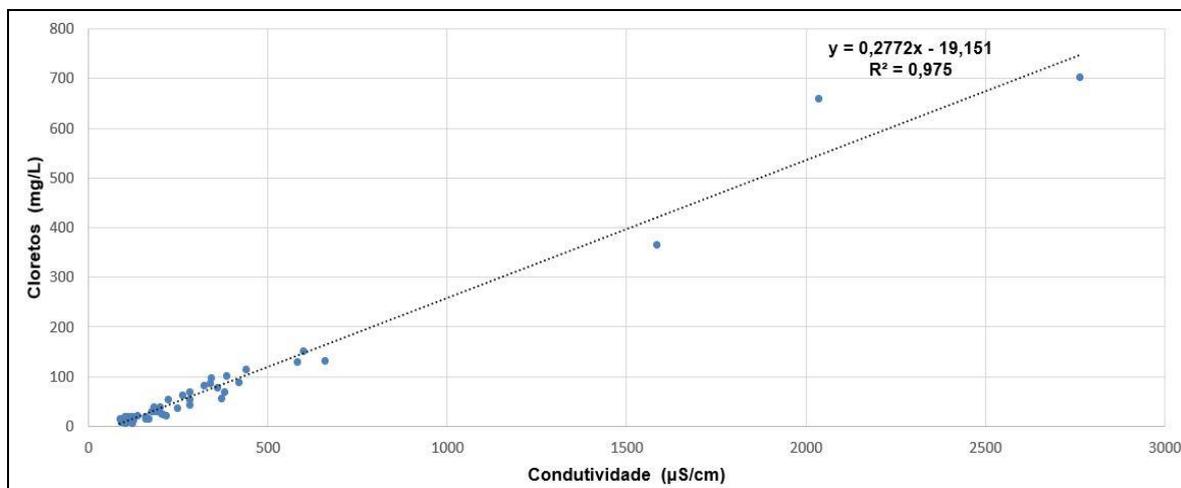


Figura 5: Correlação entre resultados de condutividade e cloretos no Rio Reis Magos.

Através dos resultados de correlação apresentados na Figura 5, verifica-se que a concentração de cloretos será cerca de 250 mg/L (VMP da Portaria GM/MS nº 888/2021), quando a condutividade estiver entre 900 e 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

2) Aquisição, instalação e operacionalização da estação de condutividade

A Figura 6 apresenta uma imagem do site onde é realizado o monitoramento da condutividade. É possível acessar o site através de qualquer aparelho (computador ou celular, por exemplo) que tenha acesso à internet, não sendo necessário estar logado na rede CESAN. Os usuários do sistema são os operadores, os técnicos, os analistas e os gestores responsáveis pela ETA Reis Magos.

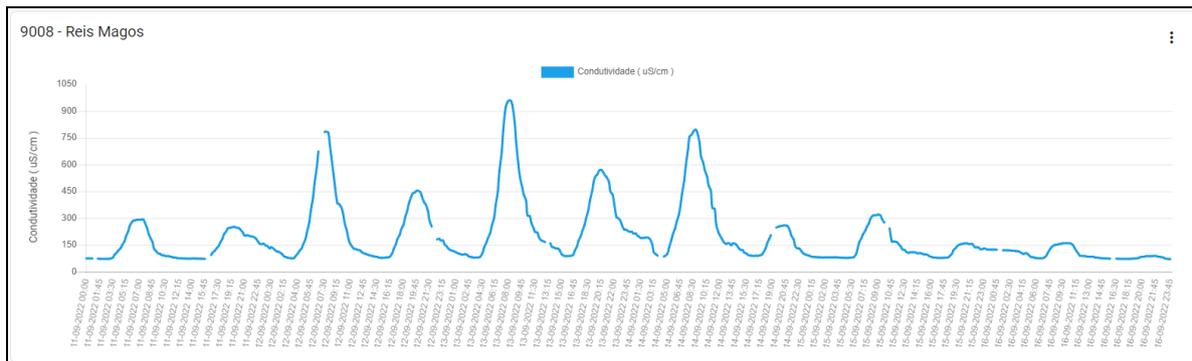


Figura 6: Imagem do site onde é realizado o acompanhamento dos valores de condutividade. Período:10 a 17/09/2022

3) Definição do valor de condutividade para interromper/retornar a captação

A Tabela 1 apresenta o resultado do teste expedito de percepção de sabor realizado na água tratada da ETA Reis Magos, em 12/11/2019, considerando o parâmetro condutividade.

Tabela 1: Resultado do teste expedito de percepção de sabor realizado na água tratada da ETA Reis Magos.

Horário	Condutividade (µS/cm)	Percepção de sabor salobro	Cloretos ¹ (mg/L)
10:55	235	não perceptível	46
11:10	263	não perceptível	54
11:40	302	não perceptível	65
12:10	476	muito pouco perceptível	113
13:25	610	pouco perceptível	150
13:55	610	pouco perceptível	150
14:50	594	pouco perceptível	146
15:50	395	não perceptível	90

¹ Resultados de cloretos a partir da curva de correlação

Como a percepção de sabor é muito variável em cada pessoa, umas são mais sensíveis que outras, então a favor da segurança a equipe da operação da ETA Reis Magos, partir dos resultados da Tabela 1, no ano de 2019, definiu como referência para a tomada de decisão o valor de 300 µS/cm. Esse valor corresponde a aproximadamente 64 mg/L de cloretos, que está significativamente abaixo do VMP pela Portaria GM/MS nº 888/2021.

Já no ano de 2022, devido à menor vazão de água doce no Rio Reis Magos, houve maior avanço da cunha salina e, portanto, foi alterado o valor de referência para paralisação/retorno da captação de forma a permitir que a ETA operasse por um tempo maior, e conseqüentemente não incorresse em desabastecimento da população. Foram definidos dois valores distintos: 400 µS/cm para paralisação e 500 µS/cm para o retorno (quando os valores de condutividade estivessem em decaimento).

A Figura 7 apresenta uma comparação entre os valores de condutividade no Rio Reis Magos (monitorados pela Estação de Condutividade) e os valores de condutividade medidos na água bruta captada. As “falhas” na série de condutividade da ETA (linha vermelha) indicam os momentos de paralisação da captação da água bruta. Verifica-se que o procedimento adotado de paralisação/retorno da captação com 400/500 µS/cm de condutividade manteve a condutividade da água captada em valores inferiores a 400 µS/cm, sendo, portanto, uma alteração que não impactou a qualidade da água, em termos de percepção de sabor, quando comparado com resultados apresentados na Tabela 1.

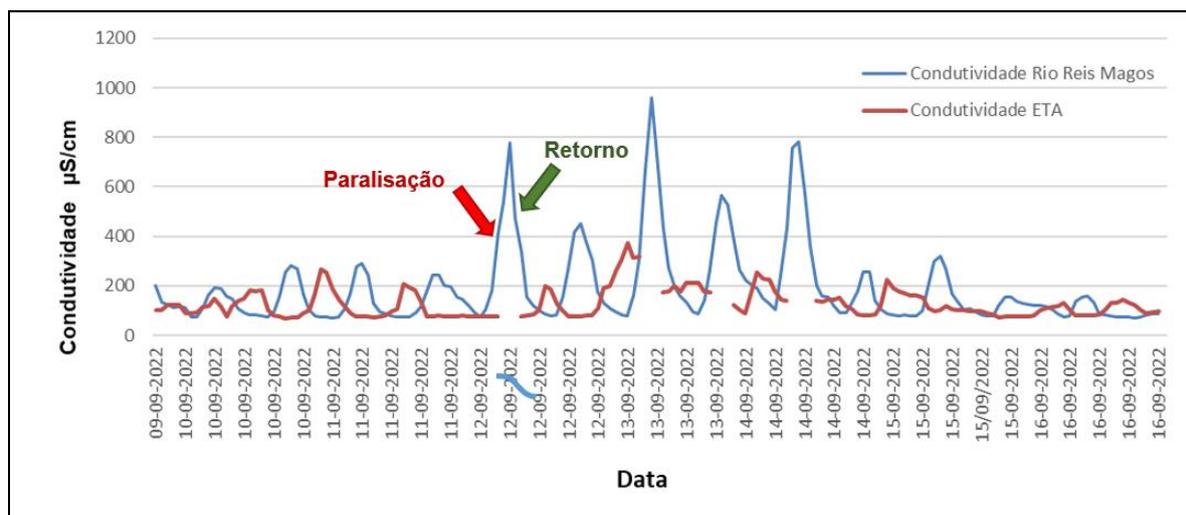


Figura 7: Comparação entre os valores de condutividade no Rio Reis Magos e na água bruta captada.

A Tabela 2 mostra, para um período crítico de avanço de cunha salina, o comparativo de tempo de paralisação da captação previsto, no procedimento antigo, e realizado com o novo procedimento a partir da instalação da Estação de Condutividade.

Tabela 2: Comparativo de tempo de paralisação da captação antes (com o procedimento antigo) e depois (com a instalação da Estação de Condutividade).

Data	Tempo de paralisação (horas)		Condutividade Máxima (µS/cm)	Condutividade de paralisação/retorno (µS/cm)
	Previsto com o procedimento anterior	Realizado com a Estação de Condutividade		
05/10/2021	3	0	227	300/300
06/10/2021	3	1	320	300/300
06/10/2021	3	0	232	300/300
07/10/2021	3	2	464	300/300
07/10/2021	3	0	238	300/300
08/10/2021	3	0	239	300/300
12/09/2022	3	2	784	300/300
12/09/2022	3	0	452	300/300
13/09/2022	3	3	957	300/300
13/09/2022	3	2	571	300/300
14/09/2022	3	3	796	300/300
14/09/2022	3	0	259	300/300
24/09/2022	3	5	728	300/300
24/09/2022	3	5	887	300/300
25/09/2022	3	3	1181	400/500
25/09/2022	3	5	1247	400/500
26/09/2022	3	7	1643	400/500
26/09/2022	3	5	1585	400/500

Verifica-se, a partir da Tabela 2, que a instalação da Estação de Condutividade trouxe segurança operacional para a captação e tratamento da água na ETA Reis Magos, tendo em vista que são evitadas tanto paralisações desnecessárias, quanto captação de água com valores altos de condutividade, como por exemplo no dia 26/09/2022 no qual a ETA ficou 7 horas sem captar água devido aos valores elevados de condutividade.

4) Definição dos novos procedimentos

Como resumo dos novos procedimentos operacionais estabelecidos tem-se:

O Analista deve:

- Classificar o nível de criticidade para o avanço da cunha salina em função dos fatores ambientais (nível do rio, amplitude e horário das marés de sizígia) e definir o período de atenção em relação ao aumento da condutividade na entrada do Canal de Captação.
- Enviar boletins informativos ao gestor operacional e aos operadores da ETA sobre a possível necessidade de paralização da captação, a partir da classificação do nível de criticidade, para que seja dada maior atenção ao acompanhamento da movimentação da cunha salina.

O Operador da ETA deve:

- Acompanhar os valores de condutividade no Rio Reis Magos através do site da Estação de Condutividade.
- Paralisar a captação quando a condutividade atingir valor de condutividade definido pela equipe técnica. Os valores vigentes, a partir de setembro/2022, são:
 - A captação deverá ser paralisada quando **condutividade $\geq 400 \mu\text{s/cm}$**
 - A captação será retornada quando **condutividade $< 500 \mu\text{s/cm}$** , quando os valores de condutividade estivessem na curva de decaimento

CONCLUSÕES

A adoção do parâmetro condutividade para o monitoramento da movimentação da cunha salina e a tomada de decisão, em relação ao abastecimento de água, foi uma decisão assertiva. A implantação da Estação de Condutividade como ferramenta para a gestão da salinidade na captação da ETA Reis Magos tem obtido resultados exitosos uma vez que, desde a sua implantação não houve captação e/ou distribuição de água com sabor salobro para a população.

Para ETAs em situações semelhantes, recomenda-se a elaboração de uma correlação entre condutividade e cloretos para cada manancial de captação, bem como a realização de teste de percepção de sabor, pois a população de cada localidade já está habituada ao um sabor da água “típico”. Entretanto, a correlação estabelecida para a ETA Reis Magos pode fornecer uma referência para outras ETAs a iniciarem o processo de gestão da cunha salina.

Para o sistema de gestão da cunha salina implantado, trabalhou-se com a compatibilização da necessidade operacional (captar água com qualidade) e com a variação dos fatores ambientais (hidrodinâmica dos rios e do mar) que não são possíveis de intervir a curto e médio prazo. Trata-se de um procedimento necessário para o fornecimento de água a uma população de aproximadamente 110 mil habitantes em conformidade com os padrões de potabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria GM/MS 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, 29 p. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em 1 nov. 2022.