

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Jonathan Peres Abreu

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA ADOÇÃO DA RECIRCULAÇÃO À CABECEIRA DE
PLANTA, DA ÁGUA DE LAVAGEM DE FILTROS RÁPIDOS DE AREIA EM
ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Porto Alegre
Outubro de 2022

JONATHAN PERES ABREU

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA ADOÇÃO DA RECIRCULAÇÃO À CABECEIRA DE
PLANTA, DA ÁGUA DE LAVAGEM DE FILTROS RÁPIDOS DE AREIA EM
ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Comissão de Graduação do
Curso de Engenharia Civil da Escola de
Engenharia da Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Gino Roberto Gehling

Porto Alegre
Outubro de 2022

CIP - Catalogação na Publicação

Abreu, Jonathan Peres

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA ADOÇÃO DA RECIRCULAÇÃO À CABECEIRA DE PLANTA, DA ÁGUA DE LAVAGEM DE FILTROS RÁPIDOS DE AREIA EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA / Jonathan Peres Abreu. -- 2022.

83 f.

Orientador: Gino Roberto Gehling.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Curso de Engenharia Civil, Porto Alegre, BR-RS, 2022.

1. Filtros rápidos. 2. CORSAN. 3. Estação de tratamento de água. 4. Recirculação de água. 5. Resíduos do tratamento de água. I. Gehling, Gino Roberto, orient. II. Título.

JONATHAN PERES ABREU

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA ADOÇÃO DA RECIRCULAÇÃO À CABECEIRA DE
PLANTA, DA ÁGUA DE LAVAGEM DE FILTROS RÁPIDOS DE AREIA EM
ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelo Professor Orientador e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 14 de outubro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Gino Roberto Gehling - UFRGS

Dr. pela Universitat Politècnica de Catalunya

Orientador

Engenheiro Bruno Ciria Saul – UFRGS

Engenheiro Sanitarista e Ambiental

Dr. Renato Machado - CORSAN

Dr. pela Escola de Engenharia de São Carlos - USP

Dedico este trabalho a minha mãe, Roselaine Cabral Peres (*in memoriam*), que sempre me deu apoio incondicional, porém, não estará do meu lado nesta última etapa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha esposa e filha, Renata Pereira Marques e Manuella Marques Abreu, por todo amor e admiração.

Agradeço aos meus pais, Armando Abreu e Roselaine Cabral Peres, por me ensinarem a importância do conhecimento.

Agradeço ao Prof. Gino Roberto Gehling, orientador deste trabalho, pela dedicação.

Agradeço a equipe da CORSAN, que sempre esteve disposta e solícita a esclarecer minhas dúvidas, e que, sem a qual, a elaboração desse trabalho não seria possível, em especial ao químico Matheus Nunes.

Agradeço a Caroline Machado Martins, por me ajudar em todos os momentos do curso de engenharia civil.

“Eu sou o que me cerca. Se eu não preservar o que me cerca, eu não me preservo.”

José Ortega y Gasset

RESUMO

Este trabalho aborda a análise das vantagens da recirculação da água de lavagem dos filtros na Estação de Tratamento de Água da Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) no município de Santa Maria – RS. Para esse estudo, comparou-se um ano sem a utilização desse sistema e outro ano utilizando essa tecnologia. Para a comparação entre esses períodos, utilizou-se os resultados do controle do processo realizado pela própria CORSAN, considerando-se dois períodos distintos: o primeiro, de agosto de 2013 a julho de 2014, período sem a recirculação da água de lavagem dos filtros, e o segundo, de agosto de 2014 a julho de 2015, período operando com esse sistema. Esse tema é de extrema relevância, visto que a água é um recurso limitado, sendo assim, deve-se otimizar todas as etapas do processo de tratamento para que haja o mínimo desperdício. Ademais, o controle dos resíduos gerados durante o tratamento na ETA deve ser eficaz, destinando os mesmos ao descarte adequado. O trabalho comparou o volume de água bruta aduzida, o volume de água utilizado durante o processo do tratamento da água e o volume de água tratada produzido pela ETA. Também se comparou as dosagens dos produtos químicos e seu consumo no tratamento da água na ETA. A análise desses dados mostrou um aumento na produção de água tratada, além de uma economia significativa no consumo dos produtos químicos.

Palavras-chave: Filtros rápidos. CORSAN. Estação de tratamento de água. Recirculação de água. Resíduos do tratamento de água.

ABSTRACT

This work approaches the analysis of the advantages of the recirculation of the washing water of the filters in the Water Treatment Plant of the Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) in the city of Santa Maria - RS. For this study, a year was compared without using this system and another year using this technology. For the comparison between these periods, the results of the process control carried out by CORSAN were used, considering two different periods: the first, from August 2013 to July 2014, period without the recirculation of water for washing the filters, and the second, from August 2014 to July 2015, period operating with this system. This topic is extremely relevant, since water is a limited resource, so all stages of the treatment process must be optimized so all stages of the treatment process must be optimized to avoid the waste. Furthermore, the control of waste generated during treatment at the WTP must be effective, directing them to proper disposal. The work compared the volume of raw water added, the volume of water used during the water treatment process and the volume of treated water produced by the WTP. It was also compared to the dosages of chemical products and their consumption in the treatment of water in the WTP. The analysis of these data showed an increase in the production of treated water, in addition to significant savings in the consumption of chemical products.

Keywords: Fast filters. CORSAN. Water treatment plant. Water recirculation. Waste from water treatment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representação esquemática das etapas do trabalho	17
Figura 2 - Pintura de Richard Bates 1820 – Aqueduto da Carioca	20
Figura 3 - Concepção clássica de estações de tratamento de águas (ETA) convencionais	22
Figura 4 - Esquema das etapas do tratamento de água	27
Figura 5 - Fluxograma de ETA de ciclo convencional e origem de resíduos (LETA)	31
Figura 6 - Localização do município de Santa Maria – RS	35
Figura 7 - Vista aérea da ETA Santa Maria	36
Figura 8 - Filtro rápido de fluxo descendente.	37
Figura 9 - Representação das camadas do filtro da ETA de Santa Maria	38
Figura 10 - Imagem do monitoramento do abastecimento da cidade	39
Figura 11 - Detalhe do ponto de entrada da água de recirculação da ETA – Santa Maria/RS	43
Figura 12 - Detalhe dos pontos de entrada da água bruta e da água recirculada da ETA – Santa Maria/RS	44
Figura 13 - Reservatório da água da lavagem dos filtros ETA – Santa Maria/RS	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Definições das etapas do tratamento de água.	26
Quadro 2 – Reservas de Santa Maria / RS	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de águas naturais para abastecimento público	24
Tabela 2 - ETA Santa Maria – agosto a outubro / 2013	46
Tabela 3 - ETA Santa Maria – novembro / 2013 a janeiro / 2014	47
Tabela 4 - ETA Santa Maria – fevereiro a abril / 2014	47
Tabela 5 - ETA Santa Maria – maio a julho / 2014	48
Tabela 6 - ETA Santa Maria – agosto a outubro / 2014	50
Tabela 7 - ETA Santa Maria – novembro/2014 a janeiro/2015	50
Tabela 8 - ETA Santa Maria – fevereiro a abril/2015	51
Tabela 9 - ETA Santa Maria – maio a julho/2015	51
Tabela 10 - Comparativo do somatório de doze meses de operação da ETA sem recirculação (agosto/2013 a julho/2014) e com recirculação de água (agosto/2014 a julho/2015)	53
Tabela 11 - Comparativo de dez meses – outubro/2013 a julho/2014 sem recirculação e outubro/2014 a julho/2015 com recirculação	54
Tabela 12 - Sulfato de alumínio – agosto/2013 a julho/2014 sem recirculação	59
Tabela 13 - Sulfato de alumínio – agosto/2014 a julho/2015 com recirculação	59
Tabela 14 - Cloro líquido – agosto/2013 a julho/2014 sem recirculação de água	62
Tabela 15 - Cloro líquido – agosto/2014 a julho/2015 com recirculação de água	63
Tabela 16 - Carvão ativado – agosto/2013 a julho/2014 sem recirculação de água	66
Tabela 17 - Carvão ativado – agosto/2014 a julho/2015 com recirculação de água	66
Tabela 18 - Cal hidratada – agosto/2013 a julho/2014 sem recirculação de água	68
Tabela 19 - Cal hidratada – agosto/2014 a julho/2015 com recirculação de água	68
Tabela 20 - Ácido fluossilícico – agosto/2013 a julho/2014 sem recirculação de água	71
Tabela 21 - Ácido fluossilícico – agosto/2014 a julho/2015 com recirculação de água	71
Tabela 22 - Polieletrólito – agosto/2013 a julho/2014 sem recirculação de água	74
Tabela 23 - Polieletrólito – agosto/2014 a julho/2015 com recirculação de água	74
Tabela 24 - Comparativo do consumo dos produtos químicos	76

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparativo de água bruta aduzida e água tratada produzida na ETA, no período agosto de 2013 a julho de 2014 – sem recirculação da água de lavagem dos filtros	49
Gráfico 2 - Comparativo de água bruta aduzida e água tratada produzida na ETA, no período de agosto de 2014 a julho de 2015 – com recirculação da água de lavagem dos filtros	52
Gráfico 3 - Comparativo do volume total de água bruta aduzida e volume total de água recirculada – outubro/2014 a julho/2015	55
Gráfico 4 - Comparativo do volume de água utilizada para a lavagem de filtros e volume de água tratada produzida	56
Gráfico 5 - Comparativo do volume de água aduzido – agosto/2013 a julho/2015	58
Gráfico 6 - Sulfato de alumínio líquido – dosagem média (ppm)	60
Gráfico 7 - Sulfato de alumínio líquido – comparativo do consumo	61
Gráfico 8 - Cloro líquido – dosagem média (ppm)	63
Gráfico 9 - Cloro líquido - comparativo de consumo	65
Gráfico 10 - Carvão ativado – dosagem média (ppm)	67
Gráfico 11 - Cal hidratada – dosagem média (ppm)	69
Gráfico 12 - Cal hidratada – comparativo do consumo	70
Gráfico 13 - Ácido fluossilícico – dosagem média (ppm)	72
Gráfico 14 - Ácido fluossilícico – comparativo do consumo	73
Gráfico 15 - Polieletrólito não iônico – dosagem média (ppm)	75

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ALAF	Água de lavagem de filtros
CORSAN	Companhia Riograndense de Saneamento
ETA	Estação de Tratamento de Água
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> (Organização Internacional de Normalização)
IPLAN	Instituto de Planejamento de Santa Maria
LETA	Lodo de estação de tratamento de água
NBR	Norma Técnica Brasileira
ONU	Organização das Nações Unidas
TCA	Termo de Compromisso Ambiental
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	16
1.2	OBJETIVO	16
1.3	HIPÓTESE	16
1.4	METODOLOGIA	16
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1	CONTEXTO GERAL	19
2.1.1	Saneamento básico	19
2.1.2	Contexto histórico	19
2.2	RECURSOS HÍDRICOS	20
2.2.1	Água para consumo humano	21
2.3	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA	22
2.3.1	Produtos químicos utilizados na ETA	28
2.3.2	Resíduos gerados nas ETA	30
3	METODOLOGIA	34
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO	34
3.1.1	Caracterização do sistema de abastecimento de água existente	39
3.2	COLETA DE DADOS	40
4	DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	41
4.1	INFORMAÇÕES PERTINENTES À IMPLANTAÇÃO DO CIRCUITO DE RECIRCULAÇÃO DA ÁGUA DE LAVAGEM DOS FILTROS	41
4.1.1	Descrição do circuito de recirculação da água de lavagem dos filtros	42
4.2	APRESENTAÇÃO DOS DADOS COLETADOS	46
4.3	ANÁLISE DOS PRODUTOS QUÍMICOS	58
4.3.1	Sulfato de alumínio	58

4.3.2	Cloro líquido	62
4.3.3	Carvão ativado	65
4.3.4	Cal hidratada	68
4.3.5	Ácido fluossilícico	70
4.3.6	Polieletrólito	73
4.3.7	Considerações finais sobre produtos químicos	75
5	CONCLUSÕES	77
	REFERÊNCIAS.....	79

1 INTRODUÇÃO

A manutenção da vida humana, ecossistemas e crescimento humano está atrelada aos recursos hídricos que mantêm o desenvolvimento de alimentos, processos, saúde e qualidade de vida (XAVIER, 2022) (OLIVEIRA, 2017). Por volta de 1832, na Inglaterra, a necessidade de distribuir água de maneira segura à população foi percebida em consequência ao aumento de problemas à saúde. A partir de então as regulamentações passaram a surgir, ordenando que o abastecimento ocorresse com medidas sanitárias seguras (CASTRO et al; 2019).

A acentuação do êxodo rural atrelado à crescente da industrialização faz do Brasil, hoje, um país urbano-industrial. O aumento populacional gera um aumento na necessidade de produção de água tratada, sendo um desafio a adequação do processo, restrição de instalação e entrega de um volume aceitável para o abastecimento (IBGE, 2022; MIERZWA, 2008).

O fornecimento de água - abastecimento público - se dá em decorrência das estações de tratamento de água que transformam a água bruta em água adequada ao nível de potabilidade exigido pela legislação (CHAVES, 2012). Estação de Tratamento de Água (ETA) é um conjunto de operações unitárias que processam a água bruta gerando água tratada.

A avaliação da potabilidade da água é determinada por um conjunto de ensaios - análises físico-químicas e microbiológicas. Os limites estabelecidos estão descritos nas Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 430/2011 (BRASIL, 2011) 396/2008 (BRASIL, 2008) e a 357/2005 (BRASIL, 2005), e também conforme a Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, do Ministério da Saúde (MS) (BRASIL, 2021).

Entregar água no padrão de potabilidade em menos tempo e com um custo associado menor é objetivo de empresas públicas e privadas de saneamento. A Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) alterou o processo da ETA localizada na cidade de Santa Maria-RS, utilizando a recirculação da água de lavagem dos filtros.

Com isso, o presente trabalho visa avaliar os impactos financeiros a respeito do processo de obtenção de água tratada - com a recirculação da água de lavagem

dos filtros - comparando os resultados obtidos antes da alteração e posterior a modificação do processo.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Segundo May (2008) apud Felix (2016), os projetos de saneamento estão sendo concebidos visando uma preocupação maior no interesse ambiental, focando não apenas na saúde do homem, mas com foco na conservação dos meios físicos e bióticos também.

Otimizar o processo de obtenção de água tratada por meio de novas técnicas e ajustando operações é uma realidade (KONRADT-MORAES, 2009) e fonte de estudo do presente trabalho, destacando a etapa de recirculação da água de lavagem dos filtros.

1.2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é comparar - economicamente - dados da ETA localizada na cidade de Santa Maria - RS operando com a recirculação de água dos filtros de lavagem e sem a recirculação, e com isso avaliar se a alteração traz benefícios ou não ao processo de obtenção de água tratada.

1.3 HIPÓTESE

A implementação do processo de recirculação da água de lavagem dos filtros mostra-se viável e contribui para um ganho de desempenho.

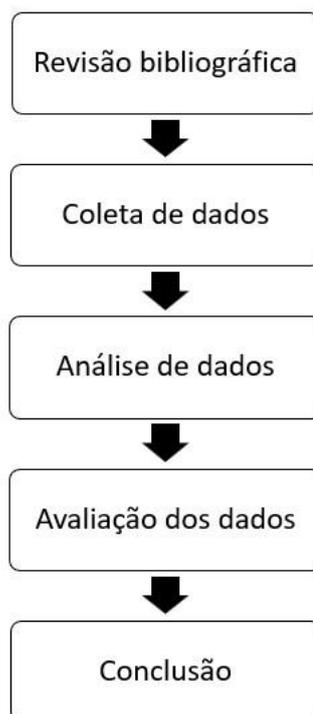
1.4 METODOLOGIA

Avaliar estatisticamente os dados coletados na ETA, considerando um período anterior à implantação do processo de recirculação da água de lavagem dos filtros (agosto de 2013 a julho de 2014) e um período posterior após a implantação e funcionamento do processo de recirculação (agosto de 2014 a julho de 2015). Apontar relevantes mudanças e aspectos positivos na comparação entre os dois períodos.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

As principais etapas do trabalho estão presentes na figura 1 e descritas a seguir.

Figura 1 - Representação esquemática das etapas do trabalho



Fonte: O autor, 2022.

A revisão bibliográfica é a etapa inicial do trabalho. A partir da revisão bibliográfica são apresentados conceitos e definições pertinentes à recursos hídricos e estação de tratamento de água, bem como tomar conhecimento sobre o que outros autores falam sobre o tema, como o assunto é tratado e as oportunidades futuras de outros trabalhos.

O recolhimento dos dados se deu na segunda etapa do trabalho. Os dados de todo o processo do tratamento (análises químicas e físicas, dosagens dos produtos químicos, entre outros) são registrados em software específico, pelos operadores da ETA, com o objetivo de ter rastreabilidade e facilitar o acesso dessa informação aos setores envolvidos dentro da empresa. Assim, solicitou-se à Superintendência de

Tratamento da CORSAN a obtenção das informações da ETA localizada na cidade de Santa Maria - RS.

Na terceira etapa, os resultados coletados foram organizados e submetidos à etapa de análise de dados para o entendimento do impacto da mudança no processo de obtenção de água tratada.

Com os dados analisados e auxílio da literatura pertinente, avaliou-se os resultados obtidos.

O trabalho é finalizado num capítulo em que são apresentados, sumariamente, as principais observações e conclusões decorrentes dos processos investigados descritos nos capítulos anteriores.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segue uma descrição sumária sobre recursos hídricos e estação de tratamento de água.

2.1 CONTEXTO GERAL

A Constituição Federal, por meio da Lei nº. 11.445/2007, garante que o saneamento é um direito básico e fundamental ao cidadão. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019), 85,5% dos domicílios do Brasil contam com rede geral como principal forma de abastecimento de água, 68,3% dos domicílios com esgotamento sanitário (rede geral ou fossa séptica ligada à rede) e 99,6% (IBGE, 2015) das residências contam com energia elétrica.

A qualidade de vida está diretamente ligada a bons índices de saneamento básico, ou seja, melhores índices trazem melhores condições de vida ao ser humano.

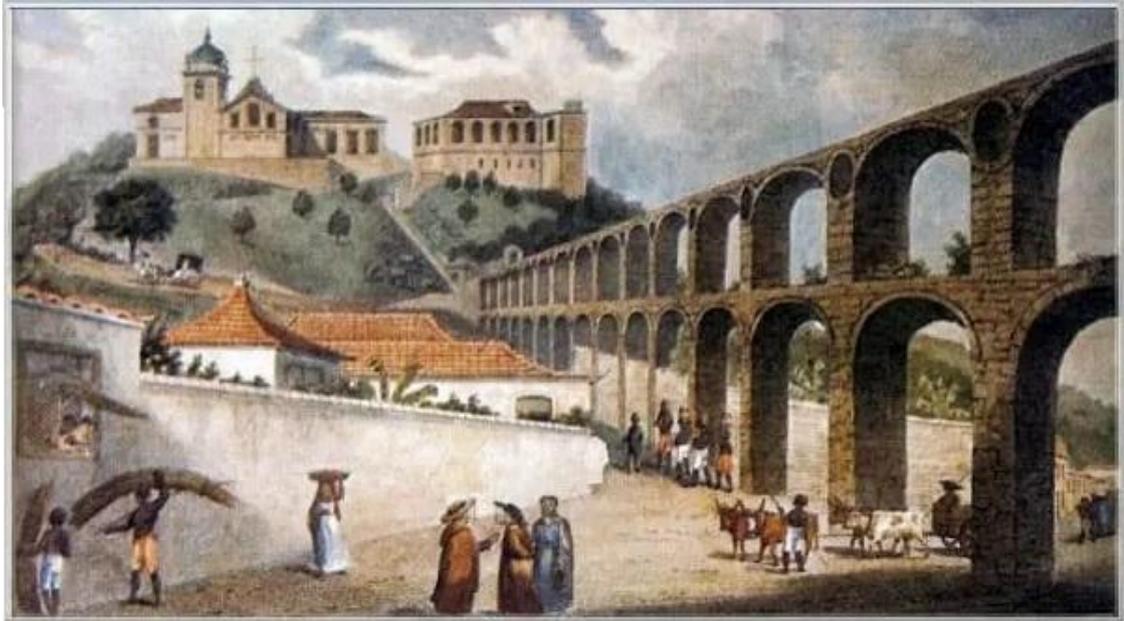
2.1.1 Saneamento básico

A Organização Mundial da Saúde (OMS) define saneamento básico como ações socioeconômicas que visam a salubridade ambiental. Sanear é controlar ações juntamente com uma infraestrutura física, educacional, legal e institucional que forneçam abastecimento de água, coleta de esgotos e destino adequado de resíduos dentre outros controles (SILVA C, 2007).

2.1.2 Contexto histórico

Segundo o Instituto Trata Brasil, em 1561, Estácio de Sá realizava a escavação do primeiro poço para abastecimento público no Rio de Janeiro. Sendo assim, é considerado o pioneiro em obras de saneamento. Em 1620, iniciaram-se as obras do aqueduto do Rio Carioca para abastecimento do estado. A obra foi iniciativa de Aires Saldanha e tinha 270 metros de comprimento e 18 metros de altura (figura 2). Em 1723 ela foi entregue à população, demorando mais de cem anos para sua conclusão, ela é considerada o primeiro sistema de abastecimento de água no país.

Figura 2 - Pintura de Richard Bates 1820 – Aqueduto da Carioca



Fonte: Google Imagens, 2022.

No período colonial, ações de saneamento eram feitas de forma individual, resumindo-se à drenagem de terrenos e instalação de chafarizes. A partir dos anos 1940, se iniciou o comércio dos serviços de saneamento no Brasil.

Hoje temos leis específicas e órgãos dedicados a essa demanda da sociedade. A gestão das águas no Brasil, instituída pela Lei Federal nº 9.433/1997, está fundamentada no atendimento ao uso múltiplo das águas, na gestão descentralizada por bacia hidrográfica, garantindo a participação de forma integrada entre os usuários e a comunidade com o Poder Público (ANA, 2021).

2.2 RECURSOS HÍDRICOS

O planeta Terra é composto majoritariamente por água, atingindo cerca de dois terços de sua superfície, distribuídos em oceanos e mares da seguinte maneira: 2,6% de água doce e 97,4% de água salgada. Do total de água doce, 99,7% não está disponível para consumo, pois formam as calotas polares nos hemisférios norte e sul. Com isso, somente 0,3% do total de água existente na Terra encontram-se em áreas alagadas, rios, lagos e represas e está disponível para o uso (BITTENCOURT E PAULA, 2014).

Os recursos hídricos, que são a parcela de água doce disponível para seus diversos usos, são recursos naturais limitados. A disponibilidade da água vem sendo ameaçada devido ao crescimento populacional e aumento da demanda de água para uso doméstico, agrícola, mineração, produção industrial, geração de energia e silvicultura. O uso inapropriado deste recurso pode tanto reduzir sua disponibilidade quanto piorar a sua qualidade (BITTENCOURT E PAULA, 2014). A ABNT NBR ISO 24512:2012 diz que:

A água constitui um desafio mundial para o século XXI, tanto em termos da gestão dos recursos hídricos disponíveis quanto em termos de acesso ao fornecimento de água potável e ao esgotamento sanitário para a população mundial. Em 2000, as Nações Unidas (ONU) reconheceram que o acesso à água é um direito humano essencial e, em conjunto com os governos nacionais, estabeleceram objetivos ambiciosos (os “Objetivos de Desenvolvimento do Milênio”) para aumentar o acesso os serviços de abastecimento de água potável e de esgoto, incluindo destinação segura ou reúso de resíduos, particularmente nos países em desenvolvimento.

Em particular, trataremos da água destinada para consumo humano, abordado no tópico a seguir.

2.2.1 Água para consumo humano

O abastecimento de água para consumo humano, ou seja, água potável destinada à ingestão, preparação de alimentos e à higiene pessoal, requer diversas intervenções para cumprir os padrões de potabilidade mínimos determinados, desde a sua extração *in natura*. O processo de tratamento de água pode ser visto como um conjunto de manipulações da água em suas mais diferentes apresentações, de modo que esta possa ser considerada apta para o abastecimento público. Isso significa afirmar que a qualidade físico-química e microbiológica da água atende a determinados padrões de qualidade definidos por agências reguladoras (SECKLER, 2017).

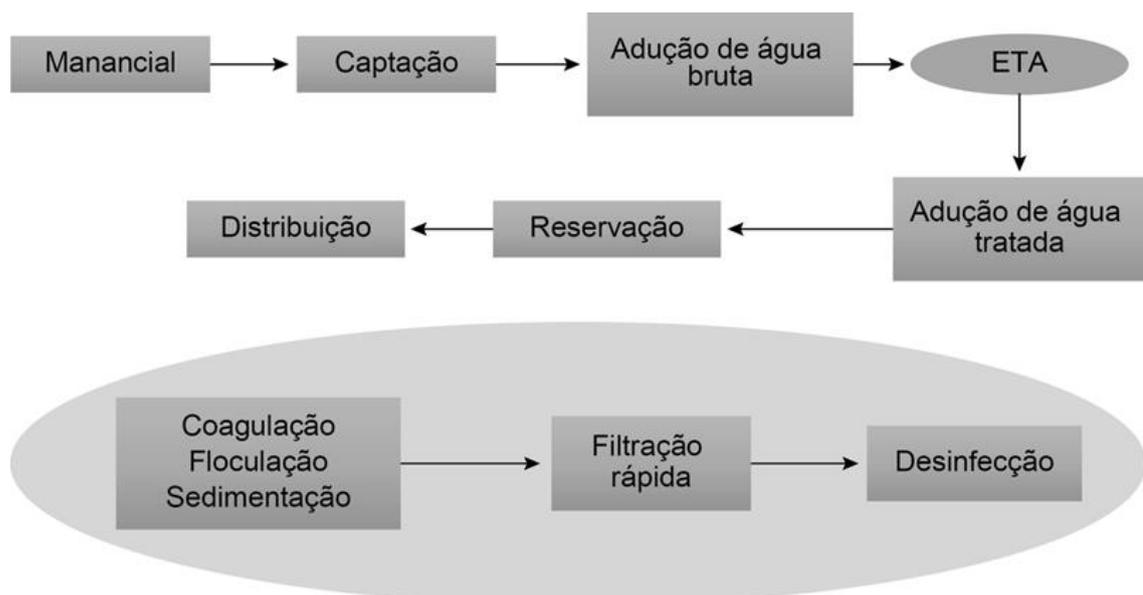
A portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021 (BRASIL, 2021), dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo

humano e seu padrão de potabilidade - conjunto de valores permitidos para os parâmetros da qualidade da água para consumo humano.

2.3 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA

O sistema de abastecimento de água é o conjunto de infraestruturas, equipamentos e serviços com objetivo de distribuir água potável para o consumo humano, industrial, comercial, dentre outros usos. Contempla desde a captação da água bruta no manancial até a distribuição às unidades consumidoras. O sistema de abastecimento de água é representado na figura 3.

Figura 3 - Concepção clássica de ETA convencionais



Fonte: Seckler, 2017.

A transição da água bruta para a tratada, no que se refere à qualidade, ocorre na ETA, que é um sistema de operações unitárias que processa a água *in natura* em água tratada. A ABNT NBR 12216/92 refere-se a projetos de ETA para abastecimento público e define que uma ETA é um conjunto de unidades que objetivam adequar as características da água aos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação.

A portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021 (BRASIL, 2021), na Seção V, define as atribuições do responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano, conforme as competências abaixo:

Art. 14 Compete ao responsável por SAA ou SAC:

I - exercer o controle da qualidade da água para consumo humano;

II - operar e manter as instalações destinadas ao abastecimento de água potável em conformidade com as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e demais normas pertinentes;

III - fornecer água para consumo humano;

IV - encaminhar à autoridade de saúde pública, anualmente e sempre que solicitado, o plano de amostragem de cada SAA e SAC, elaborado conforme Art. 44 deste Anexo, para avaliação da vigilância;

V - realizar o monitoramento da qualidade da água, conforme plano de amostragem definido para cada sistema e solução alternativa coletiva de abastecimento de água;

VI - promover capacitação e atualização técnica dos profissionais que atuam na produção, distribuição, armazenamento, transporte e controle da qualidade da água para consumo humano;

VII - exigir dos fornecedores na aquisição, comprovação de que os materiais utilizados na produção, armazenamento e distribuição não alteram a qualidade da água e não ofereçam risco à saúde, segundo critérios da ANSI/NSF 61 ou certificação do material por um Organismo de Certificação de Produto (OCP) reconhecido pelo INMETRO;

VIII - exigir dos fornecedores, laudo de atendimento dos requisitos de saúde (LARS) e da comprovação de baixo risco a saúde (CBRS), para o controle de qualidade dos produtos químicos utilizados no tratamento da água, considerando a norma técnica da ABNT NBR 15.784;

IX - manter à disposição da autoridade de saúde dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios as informações sobre os produtos químicos utilizados no tratamento de água para consumo humano e sobre os materiais que tenham contato com a água para consumo humano durante sua produção, armazenamento e distribuição;

Para o correto tratamento da água natural usa-se a seguinte classificação do manancial que será captado. A ABNT NBR 12216/92, (1992, p.3) classifica como:

Tipo A - águas subterrâneas ou superficiais, provenientes de bacias sanitariamente protegidas, com características básicas definidas na Tabela seguinte, e as demais satisfazendo aos padrões de potabilidade;

Tipo B - águas subterrâneas ou superficiais, provenientes de bacias não-protegidas, com características básicas definidas na Tabela seguinte, e que possam enquadrar-se nos padrões de potabilidade, mediante processo de tratamento que não exija coagulação;

Tipo C - águas superficiais provenientes de bacias não-protegidas, com características básicas definidas na Tabela seguinte, e que exija coagulação para enquadrar-se nos padrões de potabilidade;

Tipo D - águas superficiais provenientes de bacias não-protegidas, sujeitas a fontes de poluição, com características básicas definidas na Tabela seguinte, e que exijam processos especiais de tratamento para que possam enquadrar-se nos padrões de potabilidade. (NBR 12216/1992, p.3).

A Resolução CONAMA 357/2005 (alterada pela Resolução CONAMA 430/2011) classifica as águas naturais quanto ao abastecimento público. Abaixo segue a tabela 1, com a classificação de águas naturais.

Tabela 1 - Classificação de águas naturais para abastecimento público

Tipos	A	B	C	D
DBO 5 dias (mg/L):				
- média	Até 1,5	1,5 - 2,4	2,5 - 4,0	> 4,0
- máxima, em qualquer amostra	1 - 3	3 - 4	4 - 6	> 6
Coliformes (NMP/100 mL)				
- média mensal em qualquer mês	50 - 100	100 - 5000	5000 - 20000	>20000
- máximo	> 100 cm menos de 5% das amostras	> 5000 cm menos de 20% das amostras	> 20000 cm menos de 5% das amostras	-
pH	5 - 9	5 - 9	5 - 9	3,8 - 10,3
Cloretos	< 50	50 - 250	250 - 600	> 600
Fluoretos	< 1,5	1,5 - 3,0	> 3,0	-

NPM – Número mais provável

Fonte: Adaptado ABNT NBR 12216/92, 1992.

A demanda bioquímica de oxigênio de 5 dias (DBO₅) de uma água, é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. Este parâmetro é representado pela quantidade de oxigênio consumido em um tempo determinado com temperatura controlada (CETESB, 2020b).

A contagem de coliformes totais serve para indicar a contaminação fecal e a presença de organismos patogênicos. (CETESB, 2020b; DARIVA et al., 2004).

O potencial hidrogeniônico (pH) é um parâmetro importante para caracterização da água bruta, ele influencia na solubilidade de vários elementos, inclusive metais

pesados que são nocivos para os seres vivos, e ainda, pode alterar a solubilidade dos nutrientes presentes na água (CETESB, 2020b).

O conhecimento do teor de cloretos das águas tem por finalidade obter informações sobre o seu grau de mineralização ou indícios de poluição. Dejetos humanos e de animais possuem teor elevado de cloreto, em decorrência da dieta, e essa substância passa inalterada pelo sistema digestivo. Nas ETA, a presença de concentrações anormais de cloreto é um indicio possível desse tipo de poluição, além disso, água com concentração muito elevada de cloreto causa danos em superfícies metálicas, em estruturas de construção e muitas espécies de plantas. Por isso a importância do seu controle (CORTEZ, 2018).

Segundo a Fundação Nacional da Saúde, é de suma importância a presença do flúor na água tratada para evitar a cárie dentária, sendo assim, para a correta dosagem dessa substância, é fundamental saber sua concentração nos corpos hídricos.

Denomina-se ETA convencional de ciclo completo as estações compostas por unidades de: coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção, sendo dita convencional por terem sido concebidas e estarem em operação desde o início do século XX (SECKLER, 2017).

O quadro 1 sintetiza definições importantes relacionadas ao tratamento de água, segundo SECKLER (2017).

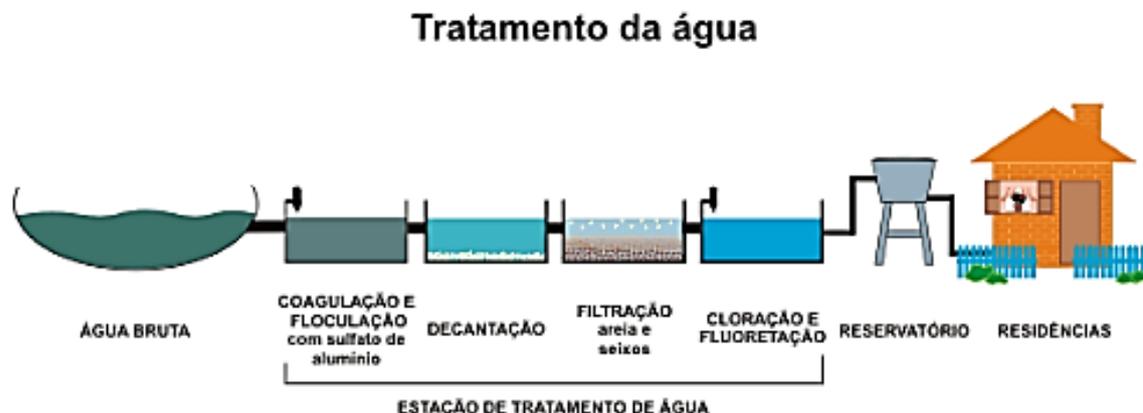
Quadro 1 - Definições das etapas do tratamento de água.

COAGULAÇÃO	Operação unitária responsável pela desestabilização das partículas coloidais em um sistema aquoso, preparando-as para sua remoção nas etapas subsequentes do processo de tratamento.
FLOCULAÇÃO	Processo físico no qual as partículas coloidais são postas em contato umas com as outras, de modo a viabilizar o aumento de seu tamanho físico, alternado, assim, sua distribuição granulométrica.
SEDIMENTAÇÃO	Processo físico no qual as partículas coloidais são removidas da fase líquida por meio de processos de sedimentação gravitacional.
FILTRAÇÃO	Processo físico-químico no qual as partículas coloidais são removidas da fase líquida mediante sua percolação por meio granular, garantindo-se a produção de água filtrada com características estéticas adequadas aos fins de potabilidade.
DESINFECÇÃO	Processo físico-químico que objetiva eliminar, de modo econômico, os microrganismos patogênicos, presentes na fase líquida.

Fonte: Adaptado SECKLER,2017.

A figura 4 ilustra as etapas do tratamento da água. Primeiro se capta a água bruta de mananciais ou reservatórios hídricos, passando por um sistema de gradeamento que visa reter sólidos grosseiros. Após, a água é bombeada para a ETA e, em seguida, é adicionado o coagulante, ocorrendo a etapa de coagulação, e em seguida vai para o floculador onde ocorre a formação dos flocos. Após o processo de coagulação e floculação, a água é encaminhada para o decantador para sedimentação dos sólidos. A água decantada é encaminhada para os filtros e, por fim, é realizada a adição de cloro e flúor. A água é armazenada em reservatórios e distribuída para os consumidores (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2012).

Figura 4 - Esquema das etapas do tratamento de água



Fonte: SANEP, 2022

Visto o objeto do presente trabalho ser a etapa de filtração, detalharemos esse processo a seguir:

Segundo Zortéa (2019), o princípio de funcionamento da filtração é permitir a passagem da água clarificada por um leito de areia, com granulometria selecionada e uma vazão pré-fixada, com a finalidade de reter partículas suspensas, que são geralmente flocos de pequenas dimensões que não decantaram da etapa anterior a esse processo. Grande parte dessas partículas são retidas pelo leito de areia, pois seu diâmetro é maior que os poros existentes no leito. Este material retido acarreta diminuição dos espaços de passagem da água, permitindo que partículas menores ainda sejam retidas. Com isso, temos cada vez menos espaço livre entre os grãos de areia, que compõem o filtro, gerando menos caminhos para a passagem de água, acarretando um aumento da perda de carga gerada pela camada filtrante. Quando a camada filtrante está bastante colmatada as partículas podem ser arrastadas pela água filtrada o que acaba diminuindo drasticamente sua funcionalidade. Quando isto ocorre, indica que o filtro está saturado e é o momento da lavagem.

Os filtros do presente estudo são do tipo rápido e por gravidade, sendo uma técnica amplamente difundida. Segundo Di Bernardo (2008) sua estrutura é composta pelos seguintes componentes:

- Canal de alimentação;
- Entrada de água com comporta para isolamento;
- Leito filtrante de camada simples ou dupla;
- Camada suporte de pedregulho;

- Sistema de drenagem (fundo de filtro);
- Calhas coletoras de água de lavagem;
- Caixa de saída de água filtrada com vertedor;
- Canal geral de água filtrada;
- Tubulação de água filtrada;
- Tubulação de água para lavagem;
- Mesa de comando.

Os filtros devem ter dimensões compatíveis com o porte da ETA e com a demanda de água necessária para o abastecimento da população.

2.3.1 Produtos químicos utilizados na ETA

Durante o tratamento da água são necessários vários produtos químicos com objetivos específicos. Os principais produtos utilizados nas ETA são:

- Ácido fluossilícico;
- Cal hidratada;
- Carvão ativado;
- Cloro;
- Polieletrólito;
- Sulfato de alumínio;

A seguir detalharemos esses produtos, descrevendo suas funções no tratamento da água.

Segundo a Portaria Estadual n.º 10/99, da Secretária da Saúde, publicada em 16 de agosto de 1999, no uso de suas atribuições:

- considerando os benefícios que a fluoretação da água para consumo humano representa na prevenção da cárie dentária da população;
- considerando a Legislação Federal (Lei n.º 6050 de 24/05/74 e Portaria 635/Bsb de 26/12/75) e Legislação Estadual (Lei 3125, de 18/06/57, Lei 5909, de 27/12/69 e Portaria 15/89 – SSMA, de 30/06/89);
- considerando a obrigatoriedade do controle da qualidade da água fornecida pelos Sistemas Públicos de abastecimento de acordo com parâmetros fixados;

– considerando a necessidade da adequada definição de parâmetros fixados para atuação da vigilância Sanitária da Qualidade da Água para consumo humano;

– considerando a necessidade de padronização que permita ações institucionais a partir dos parâmetros estabelecidos; – considerando que, de acordo com o 8º Distrito de meteorologia do Ministério da Agricultura, a média das temperaturas máximas diárias do ar na totalidade das estações do Estado do Rio Grande do Sul encontra-se na faixa de 21,5 a 32,5 °C (graus Celsius),

RESOLVE

Artigo 1º - Fica estabelecido que o teor de concentração ideal do íon fluoreto na água destinada ao consumo humano é de 0,8 mg/L no Estado do Rio Grande do Sul.

Parágrafo único – Serão considerados dentro do Padrão de Potabilidade as águas que apresentarem a concentração de íon fluoreto dentro da faixa de 0,6 a 0,9 mg/L.

Artigo 2º - Esta portaria entrará em vigor na data de sua publicação.

Sendo assim, a utilização do ácido fluossilícico garante a fluoretação na água para o consumo da população, e garante o cumprimento da legislação.

Utiliza-se a cal hidratada, no processo de tratamento como alcalinizante, agente de correção do pH final e agente de precipitação de sais. A cal fornece à água suplementação de alcalinidade necessária à coagulação, sendo em alguns casos fundamental para que ocorra uma coagulação eficiente. Ela também é comumente utilizada para adequar o pH final da água tratada, conforme legislação vigente, (Horst Ottstetter; Massao Nobuti; Opázia Chaim Fares, REVISTA DAE, pag 315, 1971);

O carvão ativado possui um papel relevante na purificação de águas. Elimina cor, odor, mau gosto e remove substâncias orgânicas dissolvidas através do mecanismo de adsorção. Além disso, o carvão ativado remove compostos orgânicos, fenólicos e substâncias que diminuem a qualidade da água, como pesticidas, micropoluentes, podendo atuar como barreira a bactérias e vírus. (MUCCIACITO, 2009).

O cloro tem a função de garantir a desinfecção da água para o consumo humano. Mesmo após todo o processo de tratamento, precisamos garantir que ocorra a destruição de microorganismos patogênicos (bactérias, protozoários e vírus) que podem persistir após a etapa da filtração. O cloro é uma substância altamente solúvel em água, o que facilita sua aplicação e também garante um residual em solução, de concentração facilmente determinável, que, não sendo perigoso à população, mantém sua ação até a torneira do consumidor (RICHTER, 1991). Contudo, o cloro não é eficiente na remoção de algumas espécies, em especial alguns protozoários, a *Giardia* spp e o *Cryptosporidium* spp, eles são retidos na etapa da filtração, impedindo que estejam presentes na água tratada.

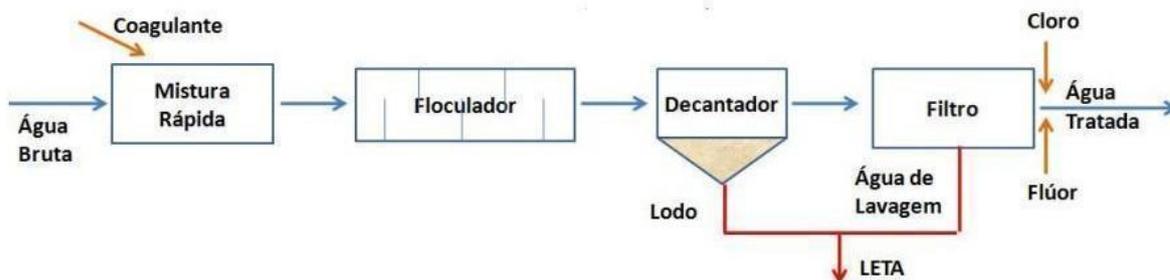
O polieletrólito tem a função de otimizar a etapa de floculação da água durante o tratamento nas ETA. Ele aumenta o tamanho do floco e, conseqüentemente, melhora sua sedimentação, beneficiando o resultado final no tratamento da água. Com sua utilização temos também a redução do volume de lodo nos decantadores, em vista dos flocos serem mais compactos e utilizamos uma menor quantidade de coagulante (AMIRTHARAJAH e O'MELIA, 1990).

O sulfato de alumínio por sua vez é um coagulante químico, e o seu propósito no tratamento da água é condicionar a matéria suspensa, coloidal e dissolvida para posterior processamento por floculação. O coagulante age desestabilizando a matéria particulada suspensa e coloidal. Após isso ocorre a adsorção dessas partículas e assim começa a formação dos flocos (HOWE; HAND; CRITTENDEN; TRUSSELL; TCHOBANOGLOUS, 2016).

2.3.2 Resíduos gerados nas ETA

Os principais resíduos produzidos em ETA do tipo convencionais de ciclo completo são o lodo gerado nas unidades de separação sólido-líquido (decantadores e floculadores) e a água de lavagem dos filtros (figura 5).

Figura 5 - Fluxograma de ETA de ciclo convencional e origem de resíduos (LETA)



Fonte: SOARES, SILVA e ARAÚJO (2018)

Os resíduos da ETA são considerados resíduos sólidos e, portanto, sua destinação deve ser compatível com as diretrizes da Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010). A ABNT NBR 10.004:2004, classifica como resíduos II-A e segundo o IBAMA, com código IBAMA 19 09 02., e em sua Instrução Normativa nº 13, de 18 de dezembro de 2012, define que:

[...] resíduo sólido: é todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

Estes resíduos contêm sólidos grosseiros e subprodutos químicos resultantes do processo de tratamento da água. Constituem-se na maior parte de areia, silte, argila, hidróxidos de alumínio e de ferro. Entretanto, distinguem-se em suas características. Em geral, o lodo descarregado pelas unidades de sedimentação ou por flotação por ar dissolvido apresenta baixa vazão e alta concentração de sólidos (concentração média de sólidos de 0,1 a 2%), ao passo que a água de lavagem dos filtros tem elevada vazão e baixa concentração de sólidos (concentração média de sólidos de 0,02 a 0,06%) (SECKLER, 2017).

O tratamento e destinação destes resíduos apresentam características distintas, contemplando a segregação entre a água de lavagem dos filtros e a descarga de lodos dos decantadores. Para a água de lavagem dos filtros, a tendência

é que seja efetuado seu reaproveitamento integral, retornando ao início do processo de tratamento. Sobre o reaproveitamento da água de lavagem dos filtros, Seckler (2017, p.406), refere:

Em razão de sua baixa concentração de sólidos em suspensão totais e considerando que seu consumo se situa entre 2% e 5% do volume de água bruta aduzido por dia, justifica-se, sempre que possível, o reaproveitamento da água de lavagem dos filtros pelo processo de tratamento (KAWAMURA, 2000; QASIM; MOTLEY; ZHU, 2000). Inclusive, este tem sido um dos maiores motivos de a implantação de sistemas de tratamento da água de lavagem dos filtros ter recebido grande atenção nos últimos tempos.

A recuperação da água de lavagem dos filtros, além de evitar um dano ambiental, constitui-se em uma alternativa para o aumento da produção de água tratada, que é especialmente importante em situações de escassez hídrica, devido ao contínuo aumento na demanda de água potável.

A segregação dos resíduos sedimentados no fundo do decantador e na superfície dos filtros é realizada pelos processos de jateamento e retro lavagem ascensional, respectivamente, usando água pressurizada. Estas operações são realizadas pela manobra de válvulas, bombas, mangueiras e mangotes localizados no lado externo destas unidades. Caso necessário, os funcionários entram no decantador e filtros para auxiliar na remoção usando ferramentas manuais (pás, rastelos, enxadas, etc).

A remoção e transporte externo são realizados concomitantemente com a segregação destes resíduos dos decantadores e filtros. O transporte externo é realizado pela tubulação enterrada da ETA, tendo a destinação final para o corpo receptor, localizada à jusante do ponto de captação.

O resíduo lodo é o que apresenta maior potencial para tornar-se um passivo ambiental devido a caracterização físico-química e a quantidade gerada ser significativamente maior, em relação aos demais resíduos. Para que não se torne um passivo, as atividades de segregação, acondicionamento, estocagem, remoção, transporte, destinação e ações preventivas/corretivas devem ser realizadas pelos funcionários da companhia e pelas empresas terceirizadas. Os resíduos devem ser destinados à disposição final licenciada.

A maior meta para redução de geração de resíduos sempre será realizar conscientização ambiental da população visando reduzir as perdas e o consumo excessivo de água tratada, pois a quantidade de todos os resíduos gerados na ETA é diretamente proporcional ao volume de água tratada.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho trata de uma pesquisa descritiva quantitativa, apresentada sob o formato de estudo de caso, embasada por revisão bibliográfica. Visando contemplar as peculiaridades pertinentes à operação da ETA de Santa Maria, o estudo de caso propõe um comparativo do volume de água aduzido durante o período analisado, entre o período anterior a implantação do sistema de recirculação da água de lavagem dos filtros em relação ao período posterior. Também é objeto do presente estudo um comparativo do consumo dos principais produtos químicos envolvidos no processo durante o período analisado.

Este estudo partiu, em um primeiro momento, de uma pesquisa de natureza quantitativa com finalidade exploratória, pois busca demonstrar uma explicação abrangente sobre o objeto de estudo, envolvendo levantamento bibliográfico, dados existentes do local de estudo e entrevistas.

Como estratégia de pesquisa, optou-se por utilizar o método de estudo de caso, pois o intuito foi aprofundar em relação ao objeto de pesquisa investigado, sendo um método que permite um conhecimento mais amplo do objeto.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado na ETA Santa Maria, localizada na rua Elízio Dorneles, 465, bairro Vila Vitória, município de Santa Maria/RS, que se encontra na região central do estado do Rio Grande do Sul à aproximadamente 250 km da capital Porto Alegre (figura 6).

Figura 6 - Localização do município de Santa Maria – RS



Fonte: Google imagens (2022)

Em 29 de janeiro de 1974, foi inaugurada em Santa Maria a ampliação do sistema de água, com a construção da presente ETA. Na época, a rede de distribuição atingia 221.865 metros de extensão para atendimento de 111.380 habitantes, o que correspondia, na situação, a 75% da população do município (CORSAN, 2022).

Em meados dos anos 2000, viu-se a necessidade de ampliação da ETA devido ao intenso aumento do consumo de água tratada. Assim, em 2010 iniciou-se a ampliação, que após essa etapa a ETA passou a ter cinco blocos hidráulicos. Esse projeto de ampliação foi realizado pelas empresas Magna Engenharia Ltda, e Bourscheid Engenharia e Meio Ambiente S.A. para a CORSAN, tendo como responsável técnico o engenheiro Adejalmo Figueiredo Gazen (IPLAN, 2014).

Na figura 7 é apresentada vista atual (aérea) da ETA Santa Maria/RS.

Figura 7 - Vista aérea da ETA Santa Maria



Fonte: GOOGLE MAPS (2022)

A ETA Santa Maria, em operação, é do tipo convencional, operando 24 horas por dia, com vazão entre 900 L/s a 1050 L/s. A variação ocorre em função da demanda de consumo e operação dos bombeamentos nas captações de água bruta. A Estação de Tratamento de Água possui as seguintes características:

- Calha Parshall com garganta igual a 91,5 cm, para a medição de vazão e a mistura do coagulante (solução de sulfato de alumínio);
- Quinze floculadores mecânicos com 26,80 m² de área por unidade e área superficial de 402,0 m²;
- Cinco decantadores retangulares com área total de 1051,17 m² e volume total de 3036,67 m³;
- Quinze filtros rápidos de fluxo descendente com 28,20 m² cada um, área total de filtração de 423,00 m².

A figura 8 mostra um dos filtros da ETA de Santa Maria.

Figura 8 - Filtro rápido de fluxo descendente.



Fonte: O autor, 2022.

Os filtros da ETA de Santa Maria são compostos por camadas intercaladas de granulometria variada. As camadas mais finas encontram-se em cima e conforme aumenta a profundidade, tem-se material com maiores dimensões.

A figura 9, apresenta uma maquete com o material utilizado para a construção dos filtros, representando essas camadas.

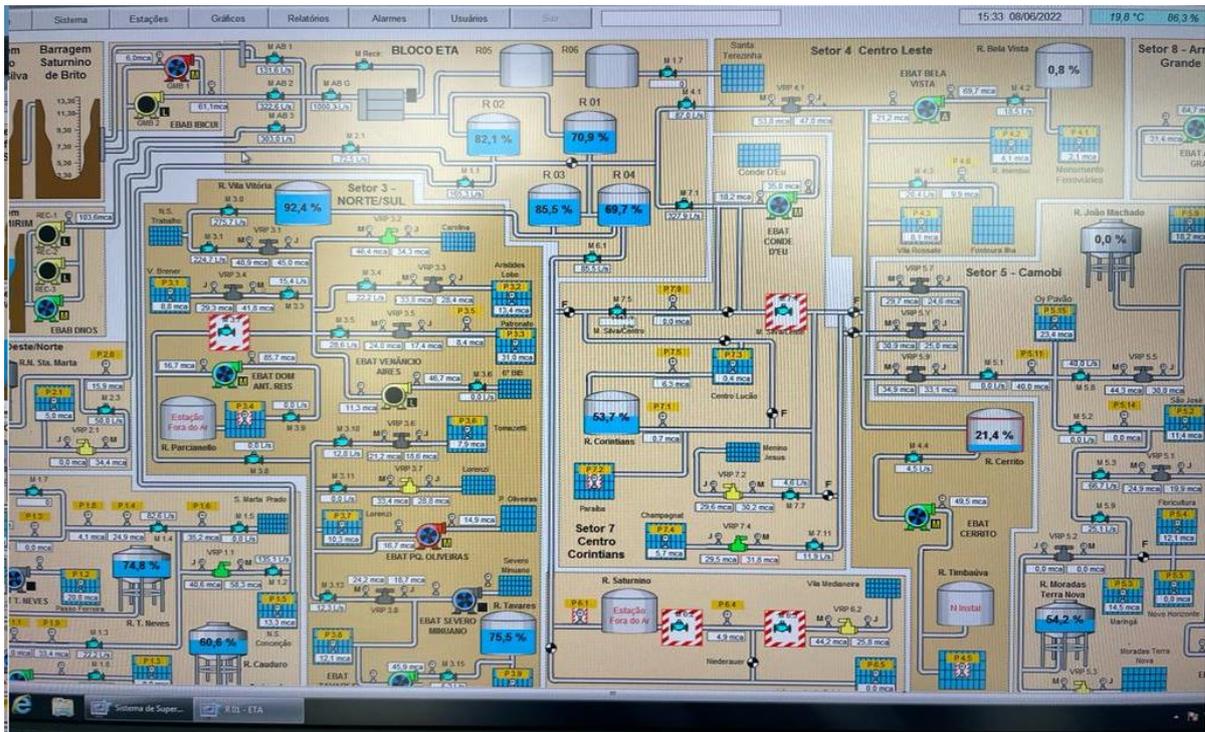
Figura 9 - Representação das camadas do filtro da ETA de Santa Maria



Fonte: O autor, 2022.

O monitoramento da reservação da cidade e das condições gerais do sistema é feito todo com monitoramento constante e em tempo real, com o auxílio de recursos computacionais, conforme mostrado na figura 10.

Figura 10 - Imagem do monitoramento do abastecimento da cidade



Fonte: O autor, 2022.

3.1.1 Caracterização do sistema de abastecimento de água existente

Segundo o Instituto de Planejamento de Santa Maria - IPLAN, o sistema de abastecimento é composto de duas captações superficiais, uma no rio Ibicuí-Mirim e outra no rio Vacacaí-Mirim. A água do rio Ibicuí-Mirim é aduzida de duas formas, por gravidade e bombeamento através de um Booster para a ETA, enquanto a água bruta do rio Vacacaí-Mirim é aduzida somente através de uma estação elevatória. Após o tratamento a água é bombeada para reservatórios de grande capacidade de armazenagem. Posteriormente faz-se a distribuição a outros reservatórios e a estações de bombeamentos espalhados pelo município e, por fim, a água tratada chega aos consumidores, através da rede de distribuição e suas ligações domiciliares.

O sistema conta com três barragens/reservatórios com uma capacidade total de 28.250.000 m³. Abaixo temos o quadro 2, indicando as reserações:

Quadro 2 – Reservasões de Santa Maria / RS

Barragens / Reservatórios	Capacidade (m ³)	Volume máximo (m ³)
Saturino de Brito	450.000	315.000
Rodolfo Costa e Silva (Val de Serra)	24.000.000	23.100.000
Vacacaí-Mirim	3.800.000	3.500.000
Total	28.250.000	26.915.000

Fonte: IPLAN, 2014

A água bruta que chega na ETA desagua diretamente na calha Parshall, onde é aplicado o coagulante, no caso sulfato de alumínio. A água segue então por um canal até chegar em uma câmara de separação, onde ela é separada hidraulicamente para os blocos da ETA ocorrendo todas as etapas do tratamento.

3.2 COLETA DE DADOS

Para realizar esse trabalho partiu-se de dados coletados junto ao banco de dados e sistema interno da CORSAN, visita técnica nas instalações da ETA e entrevista com o químico responsável pelo sistema da cidade. Toda a referência para este estudo baseia-se em 24 meses de operação da ETA de Santa Maria, abrangendo o período de agosto de 2013 a julho de 2015, sendo os primeiros doze meses sem o sistema de recirculação de água e os doze meses seguintes com o sistema de recirculação em operação. Assim, pode-se fazer um estudo onde as sazonalidades não terão influência relevante nos cálculos. Cabe destacar que a ETA de Santa Maria opera com mananciais represados (barragens Saturino de Brito, Val de Serra e Vacacaí-Mirim), essa condição ajuda em manter uma menor variação das características da água bruta ao longo do tempo.

Todas as informações relacionadas à ETA foram fornecidas pela CORSAN. Primeiro serão apresentadas as tabelas contendo todo o volume de água bruta aduzida para a ETA, o volume de água consumido durante o processo e o volume final de água tratada produzida. Após, serão apresentados os dados referentes às dosagens dos produtos químicos utilizados no tratamento e seu consumo.

4 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Neste capítulo serão apresentados os dados coletados junto à CORSAN, referente à ETA Santa Maria/RS, no período de agosto de 2013 a julho de 2015.

Estes dados serão analisados e seus resultados apresentados no decorrer do capítulo.

4.1 INFORMAÇÕES PERTINENTES À IMPLANTAÇÃO DO CIRCUITO DE RECIRCULAÇÃO DA ÁGUA DE LAVAGEM DOS FILTROS

Em 2006 a FEPAM firmou com a CORSAN um Termo de Compromisso Ambiental (TCA) visando buscar a correta destinação do resíduo/lodo resultante do adensamento, estabilização, decantação dos sólidos e organismos em suspensão, que a água bruta traz na sua composição, assim como produtos químicos utilizados neste processo, como coagulantes e alcalinizantes.

Como o TCA firmado em 2006 não possuía metas claras nem prazos para cumprimento, foi aberto novo processo (16029-0567/13-0) que depois de 3 anos de discussões envolvendo a CORSAN e o Ministério Público Estadual (Promotoria Especializada de Meio Ambiente de Porto Alegre), resultou na assinatura de um novo TCA (pág. 175 daquele processo) que estabeleceu metas de destinação por superintendência. Desta maneira a companhia realiza melhorias e implementa procedimentos conforme os recursos disponíveis, priorizando as superintendências com maior geração. Em 2016, ocorreu a última atualização desse TCA, ressaltando bastante o compromisso que a CORSAN deve ter com a geração dos resíduos provenientes do tratamento da água.

Este TCA é acompanhado através de relatórios anuais de destinação. Desta forma a gestão deste resíduo é tratada em processo específico (9350-05.67/06-9), e não nas licenças individuais de cada sistema.

A ETA de Santa Maria renovou sua licença de operação esse ano (2022), com período de validade de 23/05/2022 à 23/05/2027 - Licença de Operação nº 01562/2022, através do processo nº 150-05.67/22.9.

A FEPAM tem como orientação que: os efluentes líquidos provenientes do tratamento (a água de lavagem dos filtros) deverão ser recirculados no processo. Tratando-se de situação de emergência ou situação que comprometa os padrões de

qualidade da água e do abastecimento, fica autorizado o lançamento no corpo receptor. Cabe destacar que o lançamento de resíduos de ETA em manancial sem autorização ou fora dos padrões é crime ambiental (Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998).

A ETA Santa Maria começou a operar com esse sistema de recirculação de água dos filtros de lavagem em agosto de 2014, operando continuamente até 16 de abril de 2020, sendo posteriormente desligado em virtude das solicitações da Vigilância Sanitária. No entanto, em função da estiagem neste verão, o sistema foi reativado em 22 de fevereiro de 2022.

Para a implementação desse sistema deve-se ter instalações específicas, como um tanque com capacidade adequada para armazenar essa água, e tubulações e bombas dimensionadas para esse fim. É fundamental um projeto que englobe todas essas questões. Outro fator de igual relevância, é que os funcionários tenham treinamento adequado

Após visita na ETA, observou-se toda a instalação e, em detalhe, o sistema de recirculação da água de lavagem dos filtros, constatando que está operando com sucesso.

4.1.1 Descrição do circuito de recirculação da água de lavagem dos filtros

Após a lavagem dos filtros, a água é direcionada para um tanque de acumulação, sendo recalado para o canal de chegada da água vinda do manancial, misturando-se a essa água antes de passar pela calha Parshall. A água recirculada não pode ultrapassar 10% do volume da água bruta, assim, garante-se que não terá alteração significativa nas características físico-químicas da água bruta, e não será necessário ajustar as dosagens dos produtos químicos no instante em que a água está recirculando ao início do processo

A figura 11, mostra o ponto em que a água de lavagem dos filtros retorna ao sistema.

Figura 11 - Detalhe do ponto de entrada da água de recirculação da ETA – Santa Maria/RS



Fonte: O autor, 2022.

A figura 12, mostra a entrada da água bruta e a água recirculada no início do tratamento, logo antes da calha Parshal.

Figura 12 - Detalhe dos pontos de entrada da água bruta e da água recirculada da ETA – Santa Maria/RS



Fonte: O autor, 2022.

Abaixo, na figura 13, temos a imagem do reservatório destinado ao armazenamento da água de lavagem dos filtros da ETA, e o reservatório destinado ao armazenamento da purga da água dos decantadores. Esses tanques foram dimensionados com capacidades adequadas para armazenar o volume de água descartado desses processos.

Figura 13 - Reservatório de armazenamento da água da lavagem dos filtros ETA – Santa Maria/RS



Fonte: O autor, 2022.

Esses dois reservatórios encontram-se dentro dos limites do terreno na ETA de Santa Maria.

O reservatório de acumulação da água de lavagem dos filtros tem capacidade de 500 m³. Ele possui sistema de boias para acionamento automático da bomba de recalque, recirculando essa água direto ao início do tratamento, conforme apresentado na figura 12. São duas bombas, sendo uma reserva, com capacidade de 30 CV e aproximadamente 70 L/s. Esse tanque não possui sistema de homogeneização, porém, essa água está em constante movimento, devido a frequência de lavagem dos filtros. A ETA possui 15 filtros e eles possuem uma carga de operação de no máximo 24 horas, esse fato faz com que a água do reservatório esteja em constante renovação.

Em relação à lavagem dos decantadores, todo o processo é separado. O volume da lavagem deles é acumulado em tanque independente, com 1500 m³ de capacidade. Esse tanque está ligado a uma linha de alimentação direcionando a uma centrífuga, para desidratação de lodo. O líquido drenado é direcionado para canal de expurgo da ETA e deságua no corpo hídrico receptor.

4.2 APRESENTAÇÃO DOS DADOS COLETADOS

Neste capítulo apresentar-se-ão os dados coletados junto a CORSAN referentes à ETA de Santa Maria no período objeto do presente estudo, de agosto de 2013 a julho de 2015, encontrando-se informações sobre os quantitativos de água bruta aduzida, volume de água consumida durante o processo do tratamento de água e volume de água tratada produzido pela ETA.

Para análise dos dados considerou-se dois períodos distintos: primeiro, de agosto de 2013 a julho de 2014, período em que não havia recirculação da água de lavagem dos filtros, e segundo, de agosto de 2014 a julho de 2015, período pós-implantação e operação da recirculação da água de lavagem dos filtros.

Nas tabelas 2, 3, 4 e 5, apresentam-se os dados coletados junto à ETA de Santa Maria durante o período de agosto de 2013 a julho de 2014, no qual não havia recirculação da água de lavagem dos filtros.

Tabela 2 - ETA Santa Maria – agosto a outubro / 2013

Período	Agosto/2013	Setembro/2013	Outubro/2013
Volume de Água Bruta Aduzido			
Total água bruta (m ³)	2.087.417	2.051.208	2.142.943
Total água recirculada (m ³)	-	-	-
Total bombeado (m ³)	2.087.417	2.051.208	2.142.943
Horas de Recalque (h)	744	720	744
Volume de Processo			
Lavagem de filtros (m ³)	48.012	49.162	45.516
Canal de expurgo (m ³)	-	-	-
Pré-filtração (m ³)	-	-	-
Lavagem de decantadores (m ³)	7.500	-	-
Lavagem de floculadores (m ³)	-	-	-
Vazamentos (m ³)	-	-	208.431
Outros (m ³)	515	500	500
Total gasto do processo (m ³)	56.027	49.662	254.447
Volume produzido na ETA (m³)	2.031.390	2.001.546	1.888.496

Fonte: Adaptado de CORSAN, 2013.

Tabela 3 - ETA Santa Maria – novembro / 2013 a janeiro / 2014

Período	Novembro/2013	Dezembro/2013	Janeiro/2014
Volume de Água Bruta Aduzido			
Total água bruta (m ³)	2.037.168	2.233.517	2.256.377
Total água recirculada (m ³)	-	-	-
Total bombeado (m ³)	2.037.168	2.233.517	2.256.377
Horas de Recalque (h)	720	744	744
Volume de Processo			
Lavagem de filtros (m ³)	52.924	54.594	47.658
Canal de expurgo (m ³)	-	-	-
Pré-filtração (m ³)	-	-	2.500
Lavagem de decantadores (m ³)	10.000	-	10.000
Lavagem de floculadores (m ³)	-	-	-
Vazamentos (m ³)	100	-	-
Outros (m ³)	500	2.000	500
Total gasto do processo (m ³)	63.524	56.594	60.658
Volume produzido na ETA (m³)	1.973.644	2.176.923	2.195.719

Fonte: Adaptado de CORSAN, 2013.

Tabela 4 - ETA Santa Maria – fevereiro a abril / 2014

Período	Fevereiro/2014	Março/2014	Abril/2014
Volume de Água Bruta Aduzido			
Total água bruta (m ³)	2.062.496	2.180.484	2.043.172
Total água recirculada (m ³)	-	-	-
Total bombeado (m ³)	2.062.496	2.180.484	2.043.172
Horas de Recalque (h)	672	744	720
Volume de Processo			
Lavagem de filtros (m ³)	44.597	54.399	44.496
Canal de expurgo (m ³)	2.500	2.500	2.500
Pré-filtração (m ³)	-	-	-
Lavagem de decantadores (m ³)	-	11.000	-
Lavagem de floculadores (m ³)	-	-	-
Vazamentos (m ³)	1.000	-	10.000
Outros (m ³)	500	500	500
Total gasto do processo (m ³)	48.597	68.399	57.496
Volume produzido na ETA (m³)	2.013.899	2.112.085	1.985.676

Fonte: Adaptado de CORSAN, 2014.

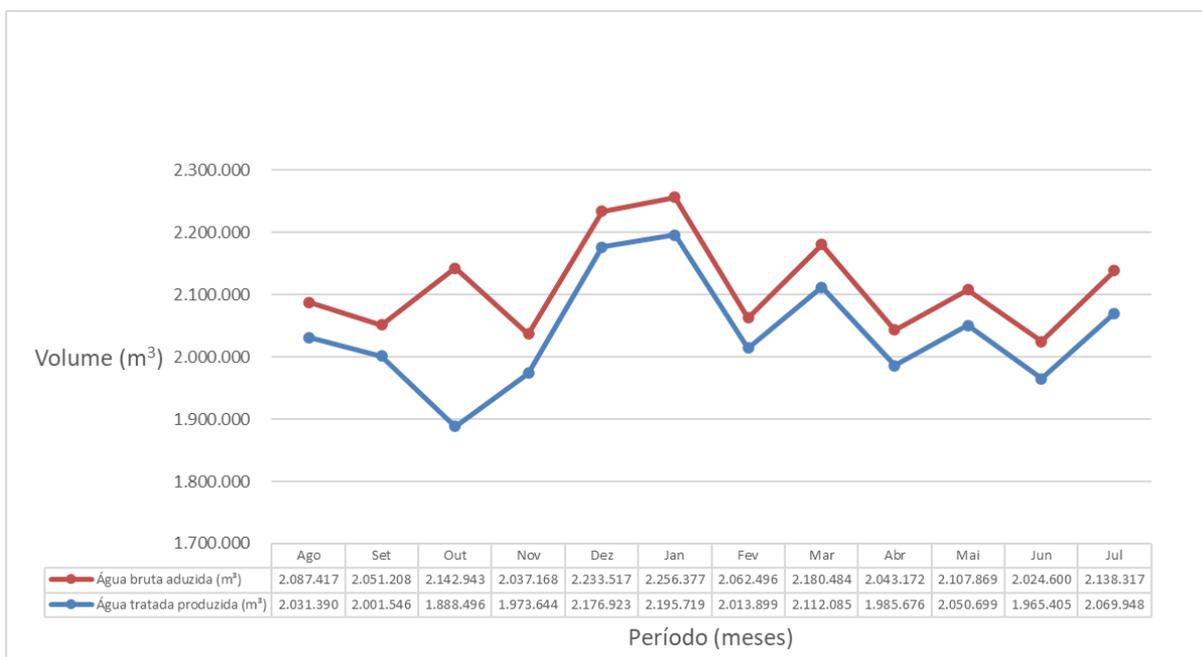
Tabela 5 - ETA Santa Maria – maio a julho / 2014

Período	Maio/2014	Junho/2014	Julho/2014
Volume de Água Bruta Aduzido			
Total água bruta (m ³)	2.107.869	2.024.600	2.138.317
Total água recirculada (m ³)	-	-	-
Total bombeado (m ³)	2.107.869	2.024.600	2.138.317
Horas de Recalque (h)	744	720	744
Volume de Processo			
Lavagem de filtros (m ³)	44.170	45.995	55.369
Canal de expurgo (m ³)	2.500	2.500	2.500
Pré-filtração (m ³)		-	-
Lavagem de decantadores (m ³)		10.000	-
Lavagem de floculadores (m ³)		-	-
Vazamentos (m ³)	10.000	200	-
Outros (m ³)	500	500	10.500
Total gasto do processo (m ³)	57.170	59.195	68.369
Volume produzido na ETA (m³)	2.050.699	1.965.405	2.069.948

Fonte: Adaptado de CORSAN, 2014.

No gráfico 1, a seguir, estão representados os volumes totais de água bruta aduzida e o volume de água tratada produzida na ETA, durante o período de agosto de 2013 a julho de 2014, no qual a ETA não utilizou a recirculação da água de lavagem dos filtros.

Gráfico 1 – Comparativo de água bruta aduzida e água tratada produzida na ETA, no período agosto de 2013 a julho de 2014 – sem recirculação da água de lavagem dos filtros



Fonte: O autor, 2022.

No gráfico acima, no eixo vertical, temos o total de água bruta aduzida (série em vermelho) e o total de água tratada produzida na ETA de Santa Maria (série em azul), volumes apresentados em metros cúbicos. No eixo horizontal, temos o período apresentado em meses.

Observou-se uma discrepância no mês de outubro, quando o volume produzido na ETA ficou abaixo do esperado. Isso ocorreu devido a um grande vazamento, cerca de 208.000 m³, conforme registrado na tabela 2. Devido a esse fato a produção apresentou um volume inferior em relação aos outros meses.

Abaixo, as tabelas 6, 7, 8 e 9, apresentam os dados coletados junto à ETA de Santa Maria durante o período de agosto de 2014 a julho de 2015, no qual a recirculação da água de lavagem dos filtros estava em operação.

Tabela 6 - ETA Santa Maria – agosto a outubro / 2014

Período	Agosto/2014	Setembro/2014	Outubro/2014
Volume de Água Bruta Aduzido			
Total água bruta (m ³)	2.168.725	2.103.949	2.194.777
Total água recirculada (m ³)	1.008	1.281	83.698
Total bombeado (m ³)	2.169.733	2.105.230	2.278.475
Horas de Recalque (h)	744	720	744
Volume de Processo			
Lavagem de filtros (m ³)	46.288	46.371	49.918
Canal de expurgo (m ³)	2.500	-	2.500
Pré-filtração (m ³)	-	-	-
Lavagem de decantadores (m ³)	-	5.000	1.500
Lavagem de floculadores (m ³)	-	-	-
Vazamentos (m ³)	70.000	70.000	70.000
Outros (m ³)	500	500	500
Total gasto do processo (m ³)	119.288	121.871	124.418
Volume produzido na ETA (m³)	2.050.445	1.983.359	2.154.057

Fonte: Adaptado de CORSAN, 2014.

Tabela 7 - ETA Santa Maria – novembro/2014 a janeiro/2015

Período	Novembro/2014	Dezembro/2014	Janeiro/2015
Volume de Água Bruta Aduzido			
Total água bruta (m ³)	2.194.762	2.246.287	2.235.509
Total água recirculada (m ³)	126.756	93.883	89.199
Total bombeado (m ³)	2.321.518	2.340.170	2.324.708
Horas de Recalque (h)	720	744	744
Volume de Processo			
Lavagem de filtros (m ³)	53.756	56.383	58.464
Canal de expurgo (m ³)	2.500	2.500	-
Pré-filtração (m ³)	-	-	-
Lavagem de decantadores (m ³)	-	7.000	11.500
Lavagem de floculadores (m ³)	-	-	-
Vazamentos (m ³)	70.000	35.000	35.000
Outros (m ³)	500	500	500
Total gasto do processo (m ³)	126.756	101.383	105.464
Volume produzido na ETA (m³)	2.194.762	2.238.787	2.219.244

Fonte: Adaptado de CORSAN, 2014.

Tabela 8 - ETA Santa Maria – fevereiro a abril/2015

Período	Fevereiro/2015	Março/2015	Abril/2015
Volume de Água Bruta Aduzido			
Total água bruta (m ³)	2.036.564	2.275.725	2.062.833
Total água recirculada (m ³)	52.853	67.085	60.102
Total bombeado (m ³)	2.089.417	2.342.810	2.122.935
Horas de Recalque (h)	672	744	720
Volume de Processo			
Lavagem de filtros (m ³)	52.353	64.085	57.602
Canal de expurgo (m ³)	-	2.500	2.500
Pré-filtração (m ³)	-	-	-
Lavagem de decantadores (m ³)	-	3.500	2.500
Lavagem de floculadores (m ³)	-	-	-
Vazamentos (m ³)	-	-	-
Outros (m ³)	500	500	500
Total gasto do processo (m ³)	52.853	70.585	63.102
Volume produzido na ETA (m³)	2.036.564	2.272.225	2.059.833

Fonte: Adaptado de CORSAN, 2015.

Tabela 9 - ETA Santa Maria – maio a julho/2015

Período	Mai/2015	Junho/2015	Julho/2015
Volume de Água Bruta Aduzido			
Total água bruta (m ³)	2.076.339	2.013.373	2.056.722
Total água recirculada (m ³)	60.617	53.005	54.903
Total bombeado (m ³)	2.136.956	2.066.378	2.111.625
Horas de Recalque (h)	744	720	744
Volume de Processo			
Lavagem de filtros (m ³)	53.117	53.005	54.403
Canal de expurgo (m ³)	2.500	-	-
Pré-filtração (m ³)	-	-	-
Lavagem de decantadores (m ³)	-	-	2.000
Lavagem de floculadores (m ³)	400	-	-
Vazamentos (m ³)	4.500	-	-
Outros (m ³)	500	3.000	500
Total gasto do processo (m ³)	61.017	56.005	56.903
Volume produzido na ETA (m³)	2.075.939	2.010.373	2.054.722

Fonte: Adaptado de CORSAN, 2015.

No gráfico 2, a seguir, estão representados os volumes totais de água bruta aduzida e o volume de água tratada produzida na ETA de Santa Maria, durante o período de agosto de 2014 a julho de 2015 no qual operava com o sistema de recirculação da água de lavagem dos filtros.

Gráfico 2 - Comparativo de água bruta aduzida e água tratada produzida na ETA, no período de agosto de 2014 a julho de 2015 – com recirculação da água de lavagem dos filtros



Fonte: O autor, 2022.

No gráfico acima, no eixo vertical, temos o volume total de água bruta aduzida (série em vermelho) e o volume total de água tratada produzida na ETA de Santa Maria (série em azul), com seus valores apresentados em metros cúbicos, e no eixo horizontal, temos o período analisado apresentado em meses.

Com o objetivo de visualizar o somatório dos períodos e comparar entre os momentos em que a ETA trabalhou sem e com a recirculação da água de lavagem dos filtros sintetizaram-se essas informações na tabela 10.

Tabela 10 - Comparativo do somatório de doze meses de operação da ETA sem recirculação (agosto/2013 a julho/2014) e com recirculação de água (agosto/2014 a julho/2015)

Comparativo - 12 meses	Sem Recirculação de água	Com Recirculação de água
Volume de Água Bruta Aduzido		
Total água bruta (m ³)	25.365.568	25.665.565
Total água recirculada (m ³)	-	744.390
Total bombeado (m ³)	25.365.568	26.409.955
	-	-
Horas de Recalque (h)	8.760	8.760
Volume de Processo		
Lavagem de filtros (m ³)	586.892	645.745
Canal de expurgo (m ³)	15.000	17.500
Pré-filtração (m ³)	2.500	-
Lavagem de decantadores (m ³)	48.500	33.000
Lavagem de floculadores (m ³)	-	400
Vazamentos (m ³)	229.731	354.500
Outros (m ³)	17.515	8.500
Total gasto no processo (m ³)	900.138	1.059.645
Volume produzido na ETA (m³)	24.465.430	25.350.310

Fonte: Adaptado de CORSAN, 2022

Comparando os períodos da tabela acima, pôde-se inferir que a produção de água tratada e o volume de água bruta aduzida se mantêm estáveis. Isso se deve ao fato de ser uma ETA completamente operante e com uma demanda de consumo conhecida durante os meses do ano.

Todavia, analisando as tabelas 6, 7, 8 e 9 constatou-se que nos meses de agosto e setembro de 2014, os volumes de água recirculada (1.008 m³ e 1.281 m³, respectivamente) ficaram muito inferiores aos meses posteriores. Como foram os primeiros meses operando com essa tecnologia, era esperada certa variação, e isso significa que o sistema ainda não estava operando em sua capacidade adequada. Por esse motivo optou-se por desconsiderar esses dados das avaliações finais. Sendo assim, retirou-se esses meses e para comparar intervalos de tempo iguais retirou-se também os meses de agosto de 2013 e setembro de 2013. O comparativo entre os períodos em que a ETA operou com recirculação (outubro/2013 a julho/2014) e sem

recirculação (outubro/2014 a julho/2015) da água de lavagem dos filtros, é apresentado na tabela 11.

Tabela 11 - Comparativo de dez meses – outubro/2013 a julho/2014 sem recirculação e outubro/2014 a julho/2015 com recirculação

Comparativo - 10 meses	Sem Recirculação de água	Com Recirculação de água
Volume de Água Bruta Aduzido		
Total aduzido do manancial	21.226.943	21.392.891
Total de água recirculado	-	742.101
Total bombeado para a ETA	21.226.943	22.134.992
	-	-
Horas de Recalque (h)	7.296	7.296
Volume de Processo		
Lavagem de filtros (m ³)	489.718	553.086
Canal de expurgo (m ³)	15.000	15.000
Pré-filtração (m ³)	2.500	-
Lavagem de decantadores (m ³)	41.000	28.000
Lavagem de floculadores (m ³)	-	400
Vazamentos (m ³)	229.731	214.500
Outros (m ³)	16.500	7.500
Total gasto no processo (m ³)	794.449	818.486
	-	-
Volume produzido na ETA (m ³)	20.432.494	21.316.506

Fonte: Adaptado de CORSAN, 2022

Visto que a ETA trabalha com sua capacidade total, 24 horas por dia, a fim de atender a demanda da população, o comparativo de horas de recalque, referente ao tempo de adução da água dos mananciais permanece o mesmo. O total de água bruta aduzida teve um acréscimo de 0,78% em relação ao período sem recirculação (outubro de 2013 a julho de 2014). A variação ocorre devido a operação dos bombeamentos nas captações de água bruta, conforme a demanda de produção.

No período de dez meses em que existiu a recirculação de água, 3,35% (742.101 m³) do total transportado para o início do tratamento refere-se a essa água reaproveitada, obteve-se 22.134.992 m³ de água aduzida para a ETA. Isso representa um ganho de 4,28% de aumento da adução total em relação ao período sem a recirculação. Esse acréscimo é equivalente a dez dias e meio, em média, aduzindo água bruta do manancial.

O gráfico abaixo, ilustra a relação do volume de água bruta aduzida dos mananciais e o volume de água recirculada da lavagem dos filtros, no período de outubro de 2014 a julho de 2015.

Gráfico 3 - Comparativo do volume total de água bruta aduzida e volume total de água recirculada – outubro/2014 a julho/2015



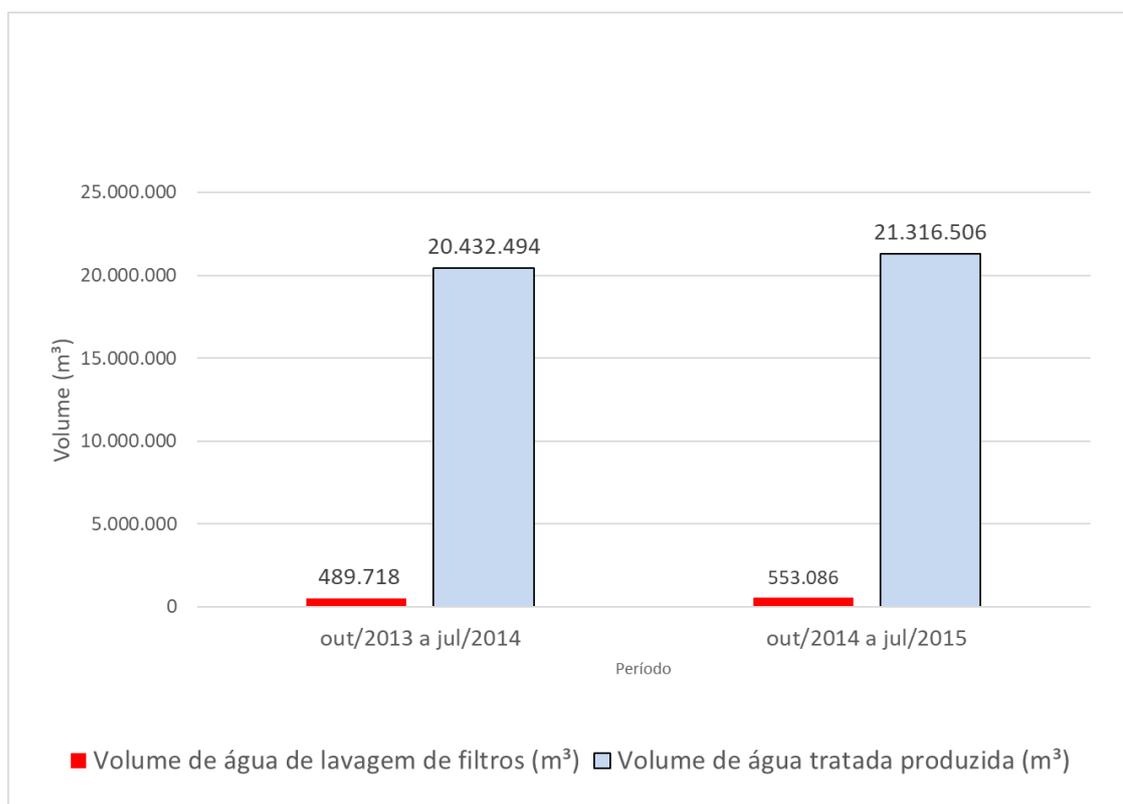
Fonte: O autor, 2022.

A partir do gráfico acima, constatou-se que 3% do total de água introduzida no tratamento, é proveniente da recirculação. Esse ganho de volume no processo é de grande valia, visto que a ETA opera com capacidade total. Além disso, temos um gasto energético menor, em relação à um volume semelhante bombeado do manancial, pois essa água fica armazenada em reservatório dentro dos limites da ETA de Santa Maria. Essa água possui características muito melhores que a vinda direto do manancial, sendo outro fator a se levar em consideração. Com isso, fica claro o ganho na produção devido à recirculação de água.

Em relação aos volumes de água utilizados durante o processo, pôde-se destacar o aumento de água gasta com a lavagem dos filtros, pois a recirculação acaba trazendo junto flocos de impurezas que passam pela decantação e se acumulam nos filtros. Esse gasto extra representa 12,9 % de aumento em relação ao período de outubro de 2013 a julho de 2014, sem a recirculação da água de lavagem

dos filtros, porém, levando em consideração ao total produzido no mesmo período fica um volume irrelevante, conforme apresentado no gráfico abaixo:

Gráfico 4 - Comparativo do volume de água utilizada para a lavagem de filtros e volume de água tratada produzida



Fonte: O autor, 2022.

O volume de água utilizado com a lavagem dos filtros no período em que a ETA operou sem a recirculação (agosto/2013 a julho/2014) equivale a 2,4% do volume produzido pela ETA, e no período em que operou com o sistema de recirculação (agosto/2014 a julho/2015), tem-se um percentual de 2,6%, em relação ao total de água tratada, gasto com essa finalidade. Com esses valores, vê-se que a proporção de gasto com a lavagem permanece constante. Verifica-se que a recirculação não tem impacto significativo com o volume gasto para esse processo rotineiro na ETA.

Os volumes gastos com a lavagem dos decantadores e a lavagem dos floculadores, nos dois períodos do estudo, não possuem relação direta com a recirculação da água de lavagem dos filtros. A lavagem dessas partes do bloco hidráulico é realizada dependendo do acúmulo de lodo decantado neles. Analisa-se todo o processo, avaliando a interferência desse acúmulo na produção da água

tratada. Observa-se a existência de arraste dos flocos para os filtros além do normal, e se o intervalo entre as lavagens dos filtros está aumentando. A experiência do operador da ETA é fundamental para a tomada dessa decisão. Mesmo sendo uma informação de difícil interpretação, observa-se que tem um gasto irrisório em relação ao todo produzido. Essa quantidade de água gasta é de 0,1 % e 0,2 %, para os períodos com e sem recirculação, respectivamente.

O volume utilizado na pré-filtração, também é pouco relevante nesse estudo, visto que foi utilizado apenas em janeiro de 2014, em um breve momento, não utilizando-se a pré-filtração novamente, e por consequência não tendo mais esse gasto no processo.

As informações de volumes desperdiçados com vazamentos e outras perdas, são de difícil análise. Elas não estão ligadas diretamente ao processo de tratamento da água; possuem maior relação com a distribuição propriamente dita. As perdas correspondem à diferença entre o volume total de água produzido na ETA e a soma dos volumes medidos nos hidrômetros dos clientes.

Segundo a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP, podemos classificar essas perdas em dois tipos:

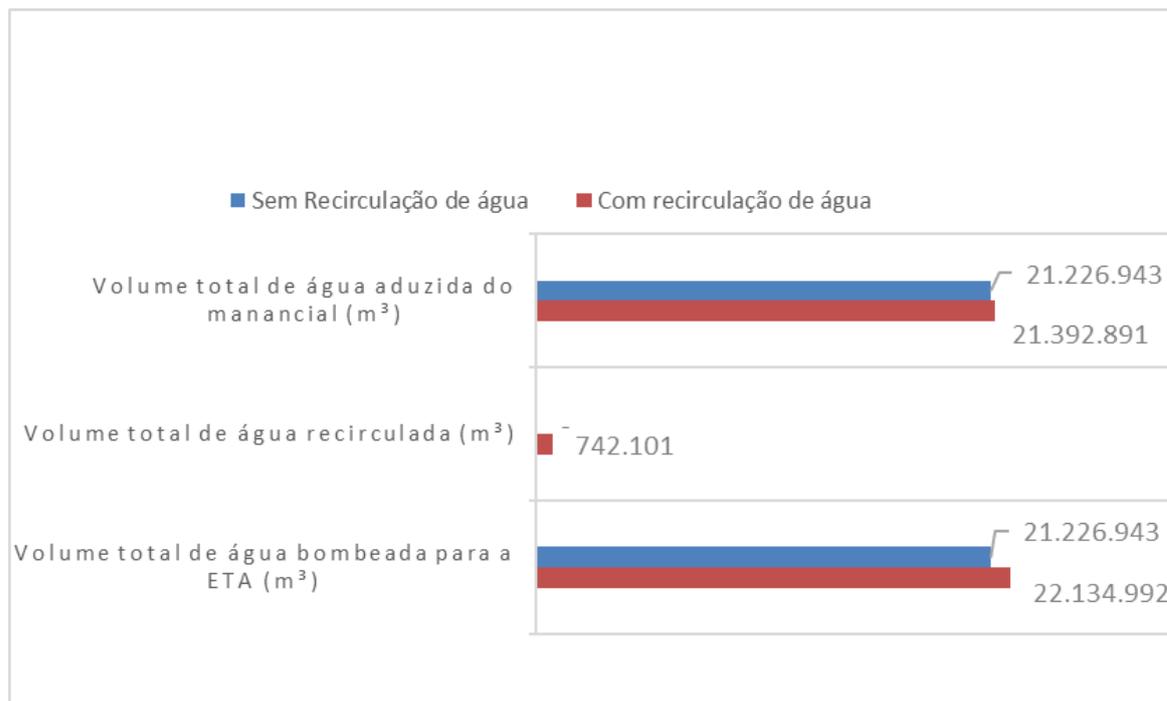
- Perdas reais que correspondem ao volume de água que não é consumido pelo usuário, pois é perdido devido a vazamentos em seu percurso. Esse tipo de vazamento ocorre, geralmente, devido ao desgaste das tubulações com seu envelhecimento e as elevadas pressões, causando rupturas. Além disso existe dois tipos de vazamento, os que a água percola até a superfície, sendo rapidamente observados e reparados, e os vazamentos não visíveis, que não afloram na superfície e cuja localização depende de equipamentos específicos para sua investigação.
- Perdas aparentes que correspondem ao volume de água que são consumidos, mas não são contabilizados pela empresa, principalmente devido às ligações clandestinas, e também a falhas nas medições dos hidrômetros. Assim, essa parcela de perdas representa uma água consumida, porém não faturada.

As perdas de água no sistema de abastecimento estão ligadas às boas condições de sua distribuição, sendo necessária manutenção constante para mitigar

esse problema. Sempre existirão perdas e deve-se trabalhar com a cultura de melhoria contínua, ou seja, melhorar a qualidade da distribuição sempre.

No gráfico 5 apresenta-se o comparativo dos volumes de água aduzida pela ETA, de água recirculada e o total de água aduzido durante o período do estudo.

Gráfico 5 - Comparativo do volume de água aduzido (m³) – outubro/2013 a julho/2014 (sem recirculação) e outubro/2014 a julho/2015 (com recirculação)



Fonte: O autor, 2022.

4.3 ANÁLISE DOS PRODUTOS QUÍMICOS

A seguir serão apresentadas as tabelas e gráficos referentes às dosagens dos produtos químicos e seu consumo no tratamento da água na ETA de Santa Maria, durante o período em questão.

4.3.1 Sulfato de alumínio

O sulfato de alumínio é o produto químico utilizado na ETA de Santa Maria, responsável pela floculação da água bruta. Sua dosagem está ligada à vazão de água bruta aduzida. Nas duas tabelas que seguem observa-se o consumo de sulfato de

alumínio durante o período estudado, em que a tabela 12 apresenta o período de agosto de 2013 a julho de 2014 (sem recirculação) e a tabela 13 apresenta o período de agosto de 2014 a julho de 2015 (com recirculação).

Tabela 12 - Sulfato de alumínio – agosto/2013 a julho/2014 sem recirculação

Sulfato de Alumínio Líquido						
Mês / Ano	Consumo (kg)			Dosagem (ppm)		
	Máximo	Mínimo	Médio	Máxima	Mínima	Média
ago/13	1426	936	1162	23	15	17
set/13	1404	917	1122	18	15	16
out/13	1443	1029	1184	22	15	17
nov/13	1878	1067	1323	27	16	20
dez/13	1659	1191	1405	23	17	19
jan/14	1742	1306	1498	23	19	21
fev/14	1728	1383	1597	24	20	22
mar/14	1958	1244	1423	29	17	20
abr/14	1599	1007	1233	23	15	18
mai/14	1427	965	1201	21	14	18
jun/14	1873	1064	1278	28	16	19
jul/14	1788	894	1280	26	14	18

Fonte: Adaptado de CORSAN, 2013.

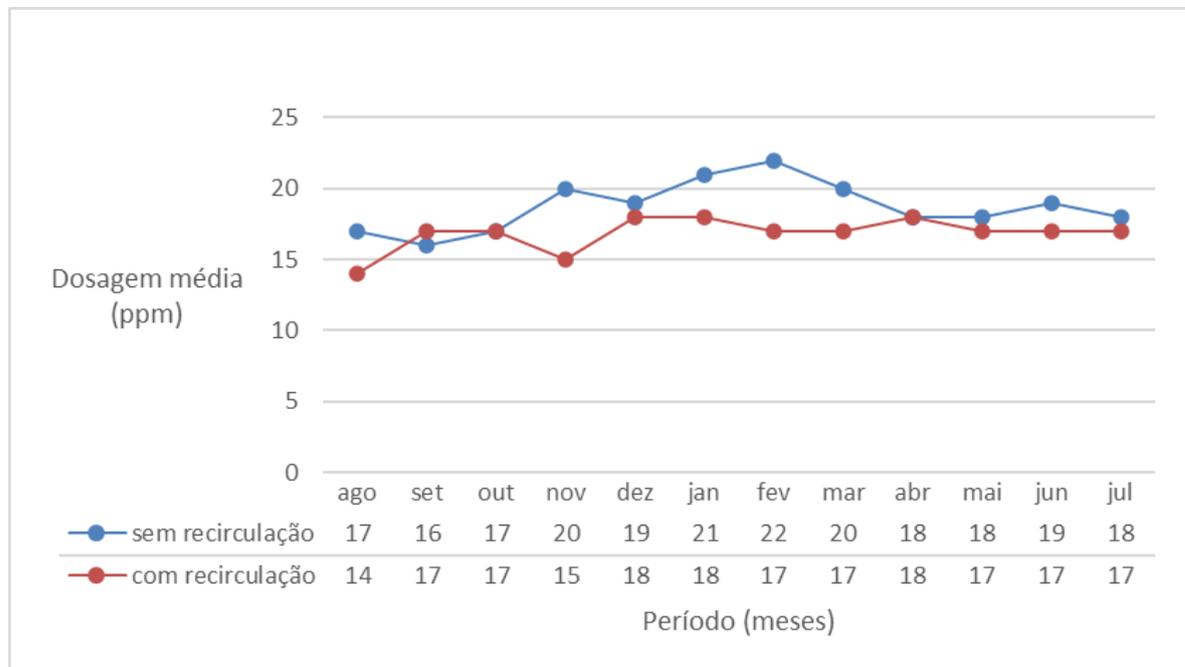
Tabela 13 - Sulfato de alumínio – agosto/2014 a julho/2015 com recirculação

Sulfato de Alumínio Líquido						
Mês / Ano	Consumo (kg)			Dosagem (ppm)		
	Máximo	Mínimo	Médio	Máxima	Mínima	Média
ago/14	1110	888	1016	16	13	14
set/14	1861	724	1215	26	11	17
out/14	1480	1072	1222	22	16	17
nov/14	1715	891	1096	25	12	15
dez/14	1873	888	1275	25	13	18
jan/15	1469	1158	1310	21	17	18
fev/15	1400	1061	1229	19	15	17
mar/15	1415	1146	1260	18	15	17
abr/15	1494	1103	1268	20	16	18
mai/15	1372	900	1141	19	14	17
jun/15	1286	986	1132	20	14	17
jul/15	1277	976	1117	22	17	17

Fonte: Adaptado de CORSAN, 2014.

No gráfico 6, tem-se um comparativo da dosagem média do sulfato de alumínio na ETA de Santa Maria, durante o período de agosto de 2013 a julho de 2014, no qual não havia recirculação, com o período de agosto de 2014 a julho de 2015, onde existiu recirculação da água de lavagem dos filtros.

Gráfico 6 - Sulfato de alumínio líquido – dosagem média (ppm)



Fonte: O autor, 2022.

No eixo vertical apresenta-se a dosagem média do sulfato de alumínio em partes por milhão (ppm). No eixo horizontal, tem-se o mês dessa dosagem. Na série em azul o período de agosto de 2013 a julho de 2014 (sem recirculação da água de lavagem dos filtros) e na série em vermelho o período de agosto de 2014 a julho de 2015 (com recirculação da água de lavagem dos filtros).

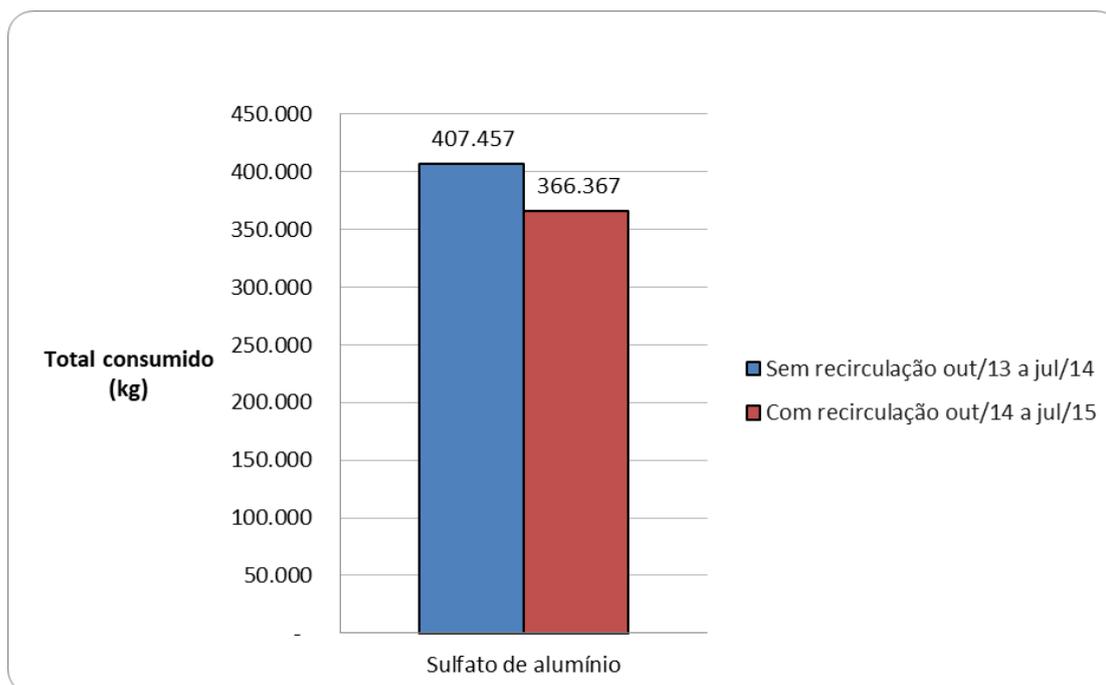
Nesse gráfico, observou-se a tendência de queda no consumo do sulfato de alumínio, no período em que há a recirculação da água de lavagem dos filtros.

No caso desse produto, não é desejável que ele esteja presente na água tratada, porém, a água de lavagem dos filtros carrega todas as partículas retidas no filtro, como flocos do tratamento que, porventura, não sedimentaram no decantador. Esses flocos ainda possuem sulfato de alumínio, e como essa água volta ao início do tratamento, a presença desse produto ajuda na floculação, e possibilita uma dosagem menor sem prejudicar a qualidade da água tratada.

Conforme relatado no capítulo 4.3, foram descartados das análises os meses de agosto e setembro de 2013, e agosto e setembro de 2014. Dessa forma, não faz sentido usar os dados para análises dos produtos químicos nos referidos meses.

Com o objetivo de facilitar a análise, multiplicou-se o consumo médio do mês (tabelas 12 e tabela 13) pelos números dos dias desse mesmo mês, e após somou-se todos os valores do período, tendo como resultado o total consumido no intervalo de interesse. O gráfico a seguir mostra o comparativo dos resultados obtidos:

Gráfico 7 - Sulfato de alumínio líquido – comparativo do consumo



Fonte: O autor, 2022.

No eixo vertical temos o total consumido do sulfato de alumínio, em quilogramas. A coluna azul representa o consumo no intervalo de tempo de outubro de 2013 a julho de 2014 (sem recirculação da água de lavagem dos filtros), a coluna vermelha representa o período de outubro de 2014 a julho de 2015 (com recirculação da água de lavagem dos filtros).

Comparando os períodos, verifica-se uma economia de 10,1% (41.090 kg) na dosagem do sulfato de alumínio, sendo uma quantidade muito expressiva, considerando ainda que no período em que ocorreu a recirculação da água de lavagem, teve-se um aumento na produção de água tratada.

4.3.2 Cloro líquido

Segundo a BRK Ambiental, a cloração pode ocorrer em diferentes etapas durante o tratamento da água. Pode-se dosar no início do tratamento para fins de oxidação da matéria orgânica, diminuir a cor da água bruta, diminuir a turbidez, juntamente com a desinfecção por meio do tempo de contato ao longo de todo o processo. A cloração também ocorre na última etapa do tratamento, a adição de cloro na saída da ETA assegura que a água chegue ao consumidor desinfetada.

Em Santa Maria usa-se o cloro líquido, dosado na etapa final do tratamento, logo após a filtração.

Nas tabelas seguintes observa-se o consumo de cloro líquido durante o período estudado, em que a tabela 14 apresenta o período de agosto de 2013 a julho de 2014 (sem recirculação) e a tabela 15 apresenta o período de agosto de 2014 a julho de 2015 (com recirculação).

Tabela 14 - Cloro líquido – agosto/2013 a julho/2014 sem recirculação de água

Cloro Líquido						
Mês / Ano	Consumo (kg)			Dosagem (ppm)		
	Máximo	Mínimo	Médio	Máxima	Mínima	Média
ago/13	192	144	167	2,80	1,94	2,49
set/13	190	120	151	2,65	1,79	2,20
out/13	168	130	143	2,36	1,89	2,07
nov/13	192	130	159	2,97	1,98	2,35
dez/13	264	160	203	3,43	2,16	2,81
jan/14	336	102	267	4,47	1,38	3,67
fev/14	412	241	340	5,69	3,44	4,62
mar/14	418	262	342	6,05	3,61	4,87
abr/14	392	202	298	5,88	3,31	4,37
mai/14	249	189	220	3,62	2,77	3,24
jun/14	205	141	166	3,07	2,15	2,47
jul/14	168	137	158	2,48	1,98	2,28

Fonte: Adaptado de CORSAN, 2013.

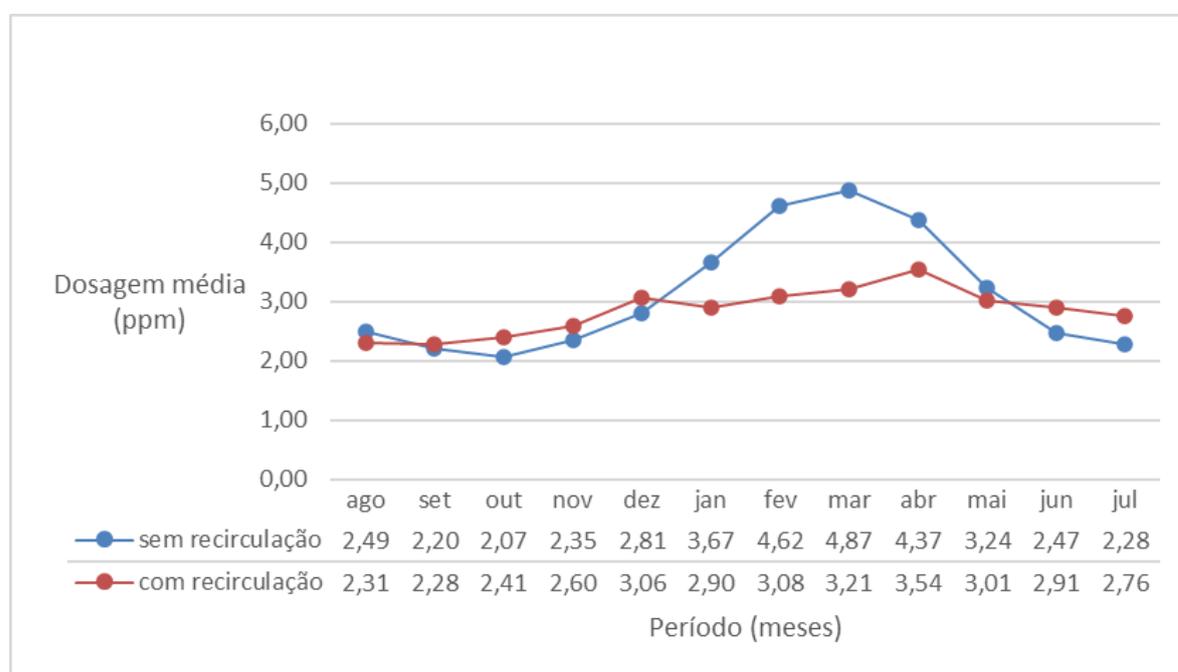
Tabela 15 - Cloro líquido – agosto/2014 a julho/2015 com recirculação de água

Cloro Líquido						
Mês / Ano	Consumo (kg)			Dosagem (ppm)		
	Máximo	Mínimo	Médio	Máxima	Mínima	Média
ago/14	168	148	162	2,52	2,14	2,31
set/14	168	140	160	2,46	2,06	2,28
out/14	200	138	171	2,75	1,99	2,41
nov/14	216	162	190	2,95	2,24	2,60
dez/14	240	184	222	3,54	2,55	3,06
jan/15	216	183	209	3,14	2,66	2,90
fev/15	240	204	224	3,37	2,79	3,08
mar/15	240	213	236	3,40	2,95	3,21
abr/15	267	222	243	3,92	3,27	3,54
mai/15	238	166	202	3,44	2,60	3,01
jun/15	216	168	195	3,06	2,61	2,91
jul/15	208	152	183	3,02	2,36	2,76

Fonte: Adaptado de CORSAN, 2014.

No gráfico 8, tem-se um comparativo da dosagem média do cloro líquido na ETA de Santa Maria, durante o período sob análise.

Gráfico 8 - Cloro líquido – dosagem média (ppm)



Fonte: O autor, 2022.

No gráfico acima, no eixo vertical apresenta-se a dosagem média do cloro líquido em partes por milhão (ppm). No eixo horizontal, tem-se o mês dessa dosagem.

Na série em azul, o período de agosto de 2013 a julho de 2014 (sem recirculação da água de lavagem dos filtros). Na série em vermelho, o período de agosto de 2014 a julho de 2015 (com recirculação da água de lavagem dos filtros).

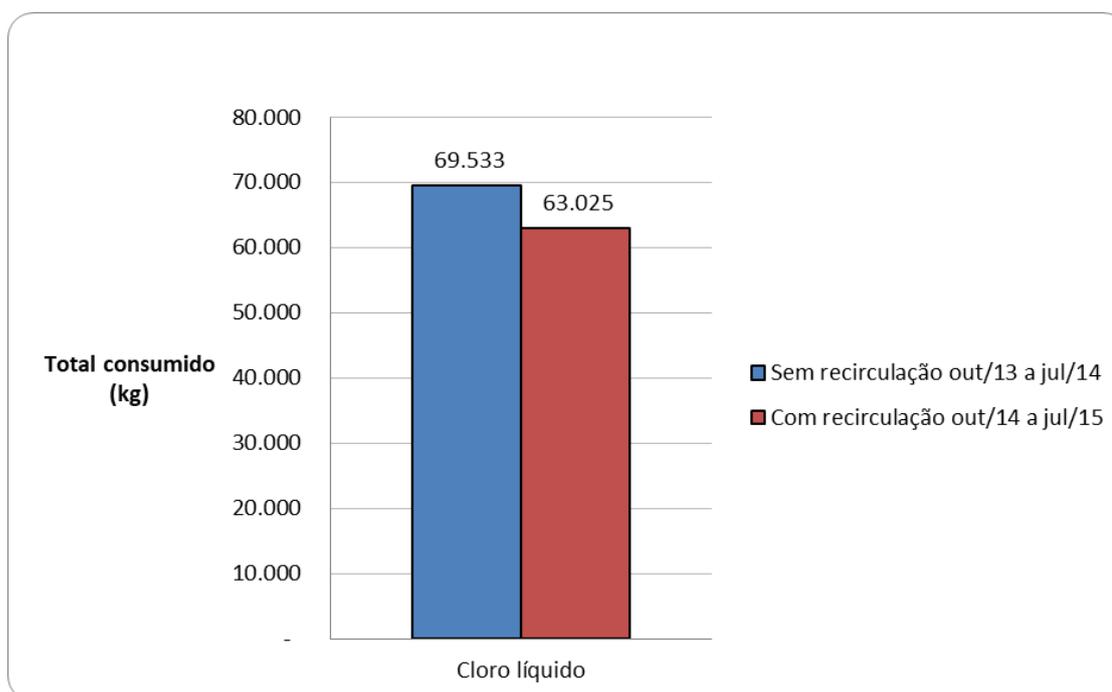
A dosagem de cloro na água tratada tem por objetivo garantir sua desinfecção até o consumidor final. De acordo com o gráfico 8, verifica-se que sua dosagem é semelhante durante boa parte do ano, porém, em janeiro, fevereiro, março e abril, obteve-se uma economia mais expressiva

Deve-se destacar que para a lavagem dos filtros utiliza-se água tratada, que possui cloro residual. Sendo assim, quando essa água é recirculada, está sendo adicionado cloro no início do tratamento. Com isso agrega-se cloro na água bruta e no final do processo consegue-se adicionar uma menor quantidade desse produto. Sempre com o objetivo de atender a legislação garantindo a quantidade adequada de cloro residual livre.

Igualmente, como na análise do sulfato de alumínio, iremos desconsiderar os meses de agosto e setembro de 2013, e agosto e setembro de 2014 dos cálculos seguintes.

Com o objetivo de facilitar a análise, multiplicou-se o consumo médio do mês (tabelas 14 e tabela 15) pelos números dos dias desse mesmo mês, e após somou-se todos os valores do período, assim temos o total consumido no intervalo de interesse. O gráfico abaixo mostra o resultado desses cálculos:

Gráfico 9 - Cloro líquido - comparativo de consumo



Fonte: O autor, 2022.

No eixo vertical temos o total consumido do cloro líquido, em quilogramas. A coluna azul representa o consumo no intervalo de tempo de outubro de 2013 a julho de 2014 (sem recirculação da água de lavagem dos filtros), a coluna vermelha representa o período de outubro de 2014 a julho de 2015 (com recirculação da água de lavagem dos filtros).

Assim como no caso do sulfato de alumínio, consegue-se observar uma economia desse produto. No período em que houve a recirculação da água de lavagem dos filtros, economizou-se 6.508 kg (9,4 %) em relação ao período sem a recirculação, o que equivale a 7,2 cilindros de 900 kg de cloro.

4.3.3 Carvão ativado

O carvão ativado é utilizado na ETA de Santa Maria, geralmente em momentos que existe grande concentração de algas nas barragens, pois elas acabam causando gosto e odor muito desagradáveis no produto final. As propriedades de adsorção do carvão ativado auxiliam na solução desse problema. As tabelas 16 e 17 mostram as quantidades utilizadas durante os períodos de interesse.

Tabela 16 - Carvão ativado – agosto/2013 a julho/2014 sem recirculação de água

Carvão Ativado						
Mês / Ano	Consumo (kg)			Dosagem (ppm)		
	Máximo	Mínimo	Médio	Máxima	Mínima	Média
ago/13	-	-	-	-	-	-
set/13	-	-	-	-	-	-
out/13	-	-	-	-	-	-
nov/13	752	150	445	10,9	2	6,3
dez/13	1128	496	756	17	6,6	10,3
jan/14	752	434	645	11,3	6,2	8,8
fev/14	752	252	630	10,7	3,3	8,6
mar/14	-	-	-	-	-	-
abr/14	-	-	-	-	-	-
mai/14	-	-	-	-	-	-
jun/14	-	-	-	-	-	-
jul/14	-	-	-	-	-	-

Fonte: Adaptado de CORSAN, 2013.

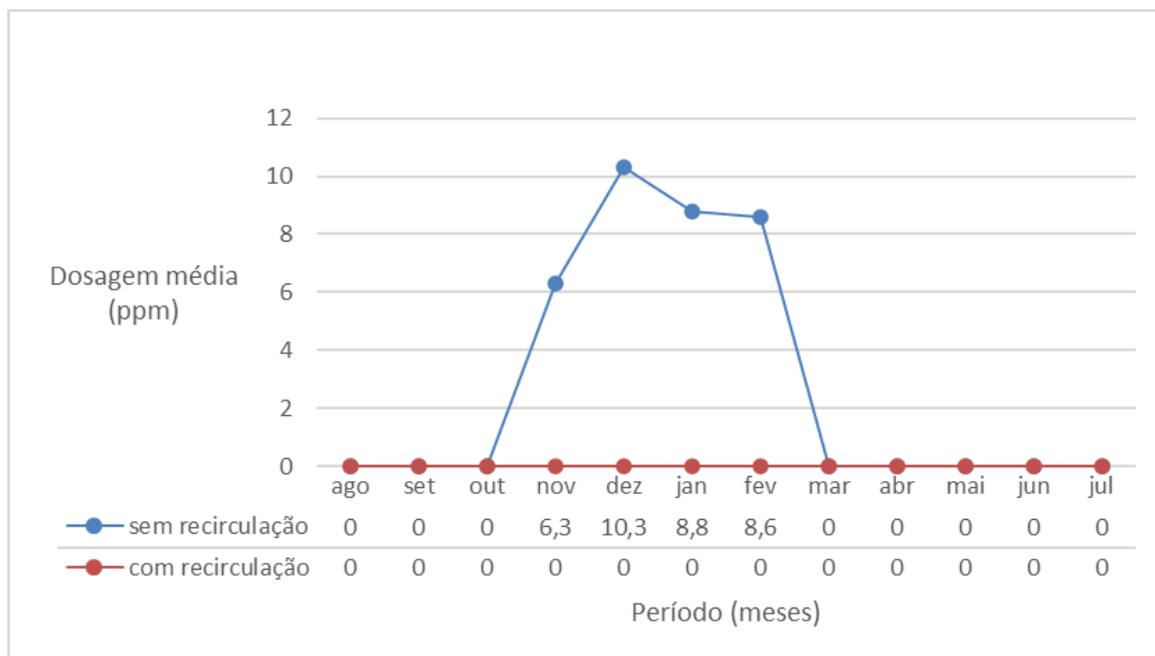
Tabela 17 - Carvão ativado – agosto/2014 a julho/2015 com recirculação de água

Carvão Ativado						
Mês / Ano	Consumo (kg)			Dosagem (ppm)		
	Máximo	Mínimo	Médio	Máxima	Mínima	Média
ago/14	-	-	-	-	-	-
set/14	-	-	-	-	-	-
out/14	-	-	-	-	-	-
nov/14	-	-	-	-	-	-
dez/14	-	-	-	-	-	-
jan/15	-	-	-	-	-	-
fev/15	-	-	-	-	-	-
mar/15	-	-	-	-	-	-
abr/15	-	-	-	-	-	-
mai/15	-	-	-	-	-	-
jun/15	-	-	-	-	-	-
jul/15	-	-	-	-	-	-

Fonte: Adaptado de CORSAN, 2014.

No gráfico 10, tem-se o comparativo da dosagem média de carvão ativado na ETA de Santa Maria, durante o período de agosto de 2013 a julho de 2014, no qual não havia recirculação, com o período de agosto de 2014 a julho de 2015, onde existiu recirculação da água de lavagem dos filtros.

Gráfico 10 - Carvão ativado – dosagem média (ppm)



Fonte: O autor, 2022.

No eixo vertical apresenta-se a dosagem média do carvão ativado em partes por milhão (ppm). No eixo horizontal, tem-se o mês dessa dosagem. A série em azul o período de agosto de 2013 a julho de 2014 (sem recirculação da água de lavagem dos filtros). A série em vermelho o período de agosto de 2014 a julho de 2015 (com recirculação da água de lavagem dos filtros).

Nesse gráfico, observa-se que o carvão ativado é pouco usado na ETA de Santa Maria. Utilizou-se esse produto em meses mais quentes, quando ocorre uma maior floração de algas nas barragens.

O carvão ativado, sendo um insumo secundário no tratamento da água, não foi dosado durante todo o período em que teve a recirculação da água de lavagem dos filtros. A falta de uso desse produto não tem ligação com o implemento da recirculação da água. A decisão de utilizar o carvão ativado na ETA tem relação com especificidades do manancial, como a presença de algas, quanto maior a dosagem mais eficiente ele será na eliminação de odor e gosto indesejados na água tratada. Sendo assim, não existe relação direta da utilização do carvão ativado com a água recirculada.

4.3.4 Cal hidratada

Conforme visto no capítulo 2.3.1 a cal hidratada é utilizada para a correção do pH, importante em várias etapas do processo. Porém a sua utilização não é obrigatória se o pH estiver adequado. Uma vez ajustado o pH, ele só irá sofrer alteração significativa com a adição de algum agente externo. A água de lavagem, voltando ao início do tratamento, ajudará nesse ajuste, resultando em uma menor quantidade a ser dosada para alcançar o pH ideal. Nas tabelas 18 e 19 temos as dosagens desse produto na ETA de Santa Maria.

Tabela 18 - Cal hidratada – agosto/2013 a julho/2014 sem recirculação de água

Cal Hidratada						
Mês / Ano	Consumo (kg)			Dosagem (ppm)		
	Máximo	Mínimo	Médio	Máxima	Mínima	Média
ago/13	73	33	46	1,2	0,5	0,7
set/13	-	-	-	-	-	-
out/13	73	33	48	1,1	0,5	0,7
nov/13	280	40	137	4,1	0,6	2,0
dez/13	-	-	-	-	-	-
jan/14	80	80	80	1,3	1,2	1,2
fev/14	-	-	-	-	-	-
mar/14	250	33	140	3,7	0,5	2,0
abr/14	80	80	80	1,1	1,1	1,1
mai/14	-	-	-	-	-	-
jun/14	320	200	260	4,9	3,3	4,1
jul/14	280	40	60	2,5	0,6	2,7

Fonte: Adaptado de CORSAN, 2013

Tabela 19 - Cal hidratada – agosto/2014 a julho/2015 com recirculação de água

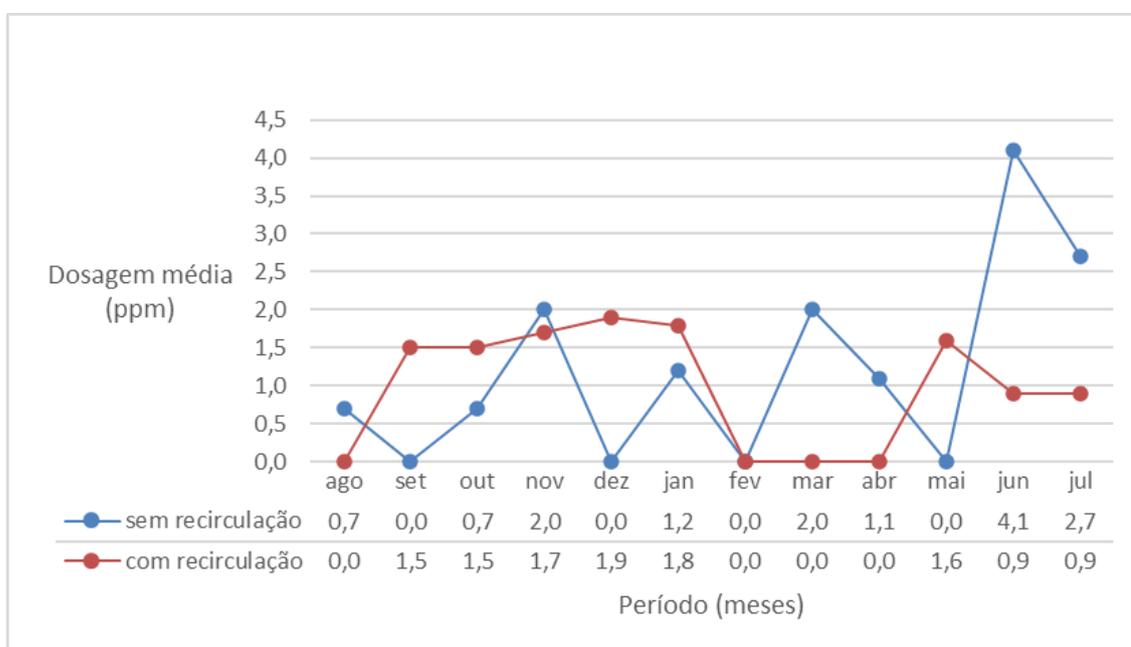
Cal Hidratada						
Mês / Ano	Consumo (kg)			Dosagem (ppm)		
	Máximo	Mínimo	Médio	Máxima	Mínima	Média
ago/14	-	-	-	-	-	-
set/14	270	30	104	3,8	0,4	1,5
out/14	150	60	97	2,2	0,9	1,5
nov/14	270	30	116	3,9	0,4	1,7
dez/14	200	40	130	3,2	0,6	1,9
jan/15	120	120	120	1,8	1,8	1,8
fev/15	-	-	-	-	-	-
mar/15	-	-	-	-	-	-
abr/15	-	-	-	-	-	-
mai/15	120	80	107	1,8	1,2	1,6
jun/15	120	40	73	1,8	0,6	0,9
jul/15	160	40	60	2,5	0,6	0,9

Fonte: Adaptado de CORSAN, 2014

A dosagem desse produto foi suspensa em alguns meses dos períodos estudados. Mesmo assim, houve relação da dosagem com a água recirculada, como se verá a seguir.

No gráfico 11 tem-se o comparativo da dosagem média da cal hidratada na ETA de Santa Maria, durante o período de agosto de 2013 a julho de 2014, no qual não havia recirculação, com o período de agosto de 2014 a julho de 2015, onde existiu recirculação da água de lavagem dos filtros.

Gráfico 11 - Cal hidratada – dosagem média (ppm)



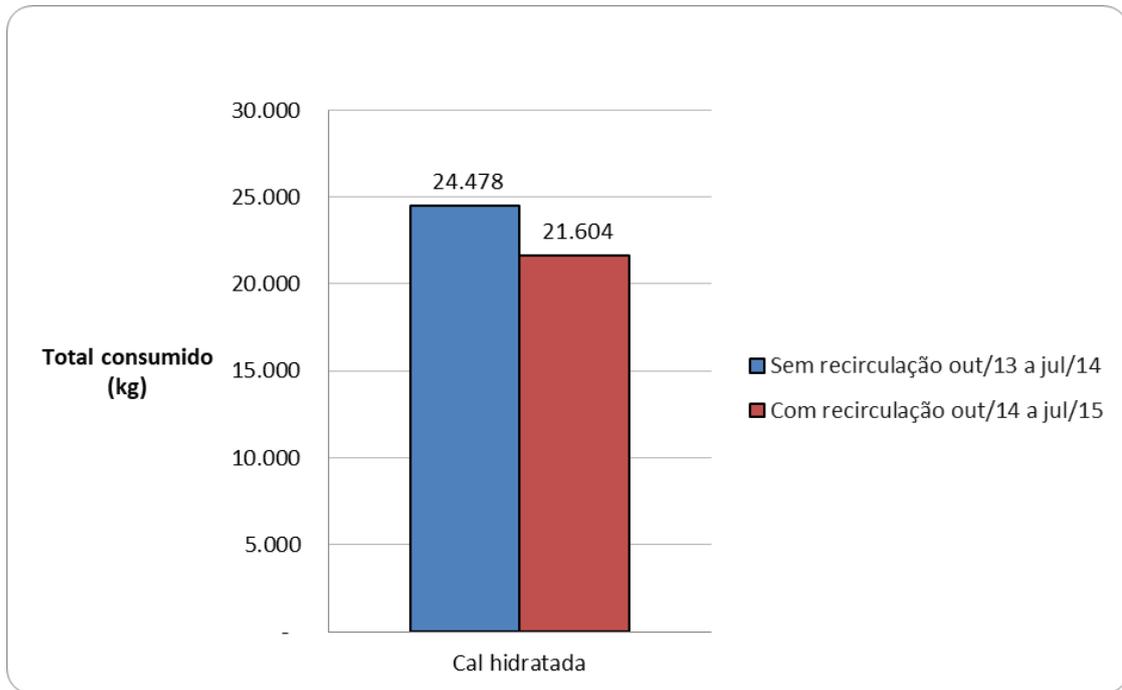
Fonte: O autor, 2022.

No eixo vertical apresenta-se a dosagem média da cal hidratada em partes por milhão (ppm). No eixo horizontal, temos o mês dessa dosagem, em azul o período de agosto de 2013 a julho de 2014 (sem recirculação da água de lavagem dos filtros), em vermelho o período de agosto de 2014 a julho de 2015 (com recirculação da água de lavagem dos filtros).

Conforme observado nas tabelas 18 e 19, verificou-se que em quatro meses de cada período não foi utilizada a cal hidratada no tratamento.

Assim como nos outros casos, calculou-se a soma total em quilograma utilizada de cal hidratada, excluindo-se os meses de agosto e setembro de 2013, e agosto e setembro de 2014. O gráfico 12 mostra o resultado dessa comparação.

Gráfico 12 - Cal hidratada – comparativo do consumo



Fonte: O autor, 2022.

No eixo vertical temos o total consumido da cal hidratada, em quilogramas. A coluna azul representa o consumo no intervalo de tempo de outubro de 2013 a julho de 2014 (sem recirculação da água de lavagem dos filtros), a coluna vermelha representa o período de outubro de 2014 a julho de 2015 (com recirculação da água de lavagem dos filtros).

Os valores mostram que quando existiu recirculação da água de lavagem dos filtros, utilizou-se menos cal hidratada. Novamente vemos uma relação da recirculação com a economia de um produto químico. Tivemos uma diminuição de 11,7% no consumo de cal hidratada em relação ao período sem recirculação.

4.3.5 Ácido fluossilícico

O flúor é um elemento acumulativo, o que faz com que a água recirculada aumente a concentração desse elemento na entrada da linha de tratamento. A água de lavagem dos filtros, sendo uma água tratada, possui quantidade de flúor conforme legislação. Este fato acarreta uma dosagem menor de ácido fluossilícico, mesmo assim conseguindo-se atender as legislações vigentes. Podemos ver essas dosagens nas tabelas 20 e 21.

Tabela 20 - Ácido fluossilícico – agosto/2013 a julho/2014 sem recirculação de água

Ácido Fluossilícico						
Mês / Ano	Consumo (kg)			Dosagem (ppm)		
	Máximo	Mínimo	Médio	Máxima	Mínima	Média
ago/13	362	188	238	5,3	2,7	3,6
set/13	472	194	278	6,7	3,0	4,1
out/13	399	146	281	6,0	2,1	4,1
nov/13	375	182	312	5,8	2,6	4,6
dez/13	445	199	280	6,6	2,6	3,8
jan/14	515	159	297	7,0	2,9	4,1
fev/14	427	195	284	6,0	2,6	3,8
mar/14	359	192	272	5,2	2,8	3,9
abr/14	397	166	269	5,5	2,7	3,9
mai/14	320	192	261	4,6	2,8	3,8
jun/14	392	196	268	6,4	2,8	4,0
jul/14	318	148	239	4,4	2,1	3,4

Fonte: Adaptado de CORSAN, 2013.

Tabela 21 - Ácido fluossilícico – agosto/2014 a julho/2015 com recirculação de água

Ácido Fluossilícico						
Mês / Ano	Consumo (kg)			Dosagem (ppm)		
	Máximo	Mínimo	Médio	Máxima	Mínima	Média
ago/14	320	136	224	4,6	1,8	3,2
set/14	382	136	247	5,5	2	3,6
out/14	252	156	211	3,7	2,4	3,0
nov/14	252	180	224	3,5	2,5	3
dez/14	312	240	270	4,2	3,1	3,7
jan/15 *	-	-	0	-	-	-
fev/15	468	228	267	6,8	3,1	3,6
mar/15	348	204	267	4,6	2,9	3,7
abr/15	312	228	276	4,4	3,3	4
mai/15	324	204	261	4,9	3,2	3,9
jun/15	324	204	277	5	3,1	4,1
jul/15	399	156	245	5,2	2,4	3,7

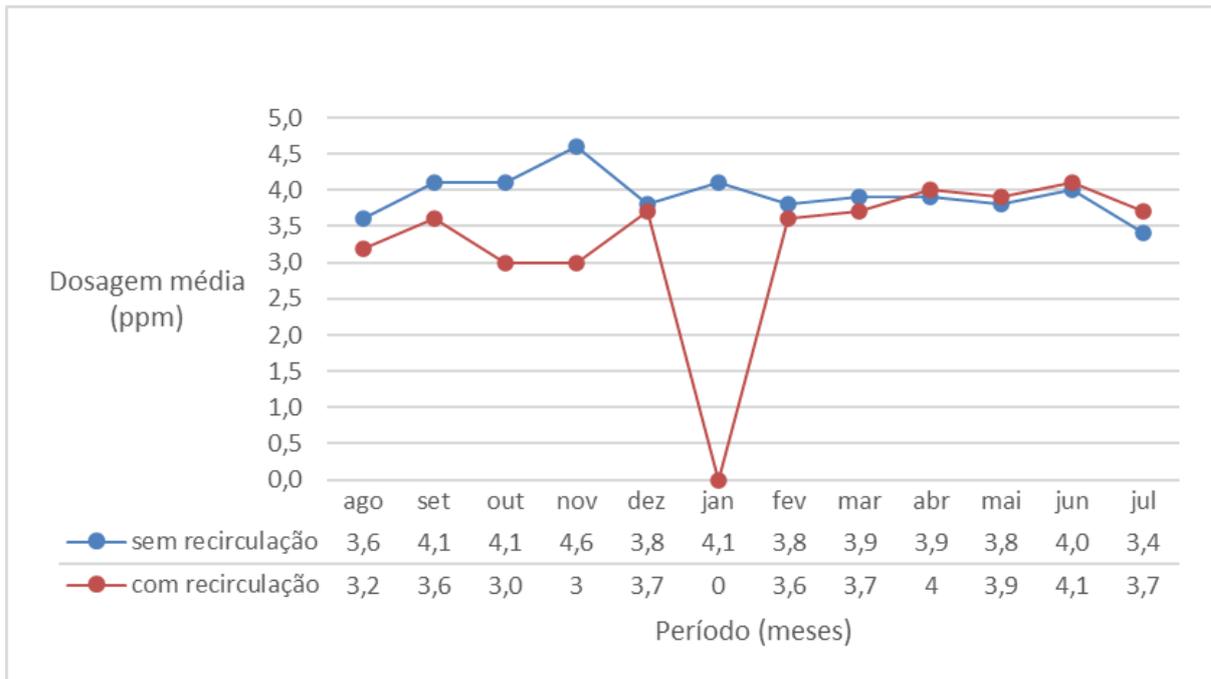
Fluossilicato de Sódio						
Mês / Ano	Consumo (kg)			Dosagem (ppm)		
	Máximo	Mínimo	Médio	Máxima	Mínima	Média
jan/15	312	228	273	4,8	3,3	3,8

* Devido a problemas com a distribuição de ácido fluossilícico em janeiro de 2015, usou-se fluossilicato de sódio.

Fonte: Adaptado de CORSAN, 2014.

No gráfico abaixo (gráfico 13) tem-se um comparativo da dosagem média do ácido fluossilícico na ETA de Santa Maria, durante o período de agosto de 2013 a julho de 2014, no qual não havia recirculação, com o período de agosto de 2014 a julho de 2015, onde existiu recirculação da água de lavagem dos filtros.

Gráfico 13 - Ácido fluossilícico – dosagem média (ppm)



Fonte: O autor, 2022.

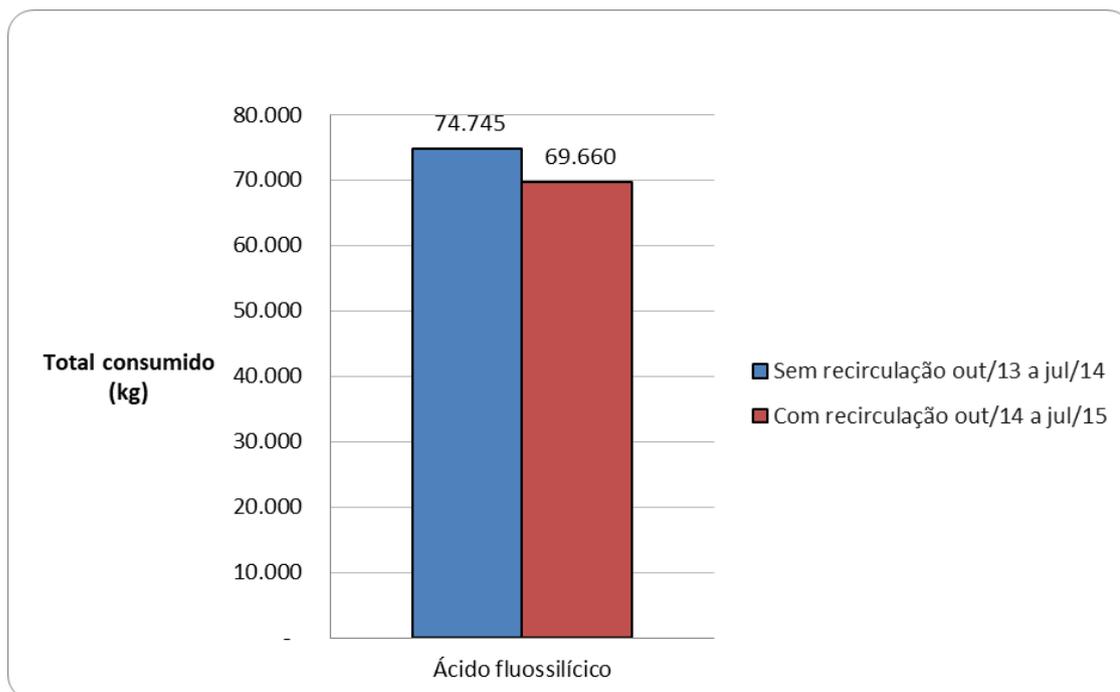
No eixo vertical apresenta-se a dosagem média do ácido fluossilícico em partes por milhão (ppm). No eixo horizontal, temos o mês dessa dosagem, em azul o período de agosto de 2013 a julho de 2014 (sem recirculação da água de lavagem dos filtros), em vermelho o período de agosto de 2014 a julho de 2015 (com recirculação da água de lavagem dos filtros).

Pode-se observar, no gráfico 13, que no mês de janeiro de 2014 (com recirculação) não foi feita a dosagem de ácido fluossilícico. Isso ocorre porque nesse mês faltou esse produto e utilizou-se fluossilicato de sódio, que é um sólido branco, diferente do ácido fluossilícico que se encontra no estado líquido. Eles apresentam massa específica diferentes, porém, possuem a mesma função no tratamento da água.

Calculando-se o total consumido nesses dois períodos (multiplicando a dosagem média pelos números de dias do mês e, após, somando esses valores), e

também descartando os meses de agosto e setembro de 2013, e agosto e setembro de 2014, pelos fatos já citados anteriormente e, em especial para esse produto, descartou-se os meses de janeiro, pois em 2014 não foi dosado o ácido fluossilícico. Abaixo mostra-se essa comparação, através do gráfico 14.

Gráfico 14 - Ácido fluossilícico – comparativo do consumo



Fonte: O autor, 2022.

No eixo vertical temos o total consumido do ácido fluossilícico, em quilogramas. A coluna azul representa o consumo no intervalo de tempo de outubro de 2013 a julho de 2014 (sem recirculação da água de lavagem dos filtros), a coluna vermelha representa o período de outubro de 2014 a julho de 2015 (com recirculação da água de lavagem dos filtros).

Observou-se diminuição no consumo do ácido fluossilícico. Obteve-se uma economia de 6,8% (5.585 kg) de ácido fluossilícico em relação ao período em que não se utilizou a recirculação da água de lavagem dos filtros.

4.3.6 Polieletrólito

O polieletrólito é utilizado na ETA de Santa Maria, principalmente quando a água bruta está com temperatura muito baixa, inferior a 11°C. Ele facilita a formação

dos flocos, tornando-os mais densos e facilitando sua sedimentação. Ele é usado para aumentar a densidade do floco, melhorando essa etapa. Abaixo, nas tabelas 22 e 23, podemos observar sua dosagem durante o estudo.

Tabela 22 - Polieletrólito – agosto/2013 a julho/2014 sem recirculação de água

Plieletrólito não-iônico						
Mês / Ano	Consumo (kg)			Dosagem (ppm)		
	Máximo	Mínimo	Médio	Máxima	Mínima	Média
ago/13	4,8	4,8	4,8	0,08	0,06	0,07
set/13	5,6	4,2	4,9	0,08	0,06	0,07
out/13	5,6	4,8	5,1	0,08	0,06	0,07
nov/13	5,6	5,6	5,6	0,10	0,08	0,08
dez/13	-	-	-	-	-	-
jan/14	-	-	-	-	-	-
fev/14	-	-	-	-	-	-
mar/14	-	-	-	-	-	-
abr/14	-	-	-	-	-	-
mai/14	5,6	1,8	5,0	0,08	0,02	0,07
jun/14	5,6	3,0	5,3	0,09	0,05	0,08
jul/14	6,3	4,8	5,5	0,09	0,06	0,08

Fonte: Adaptado de CORSAN, 2014

Tabela 23 - Polieletrólito – agosto/2014 a julho/2015 com recirculação de água

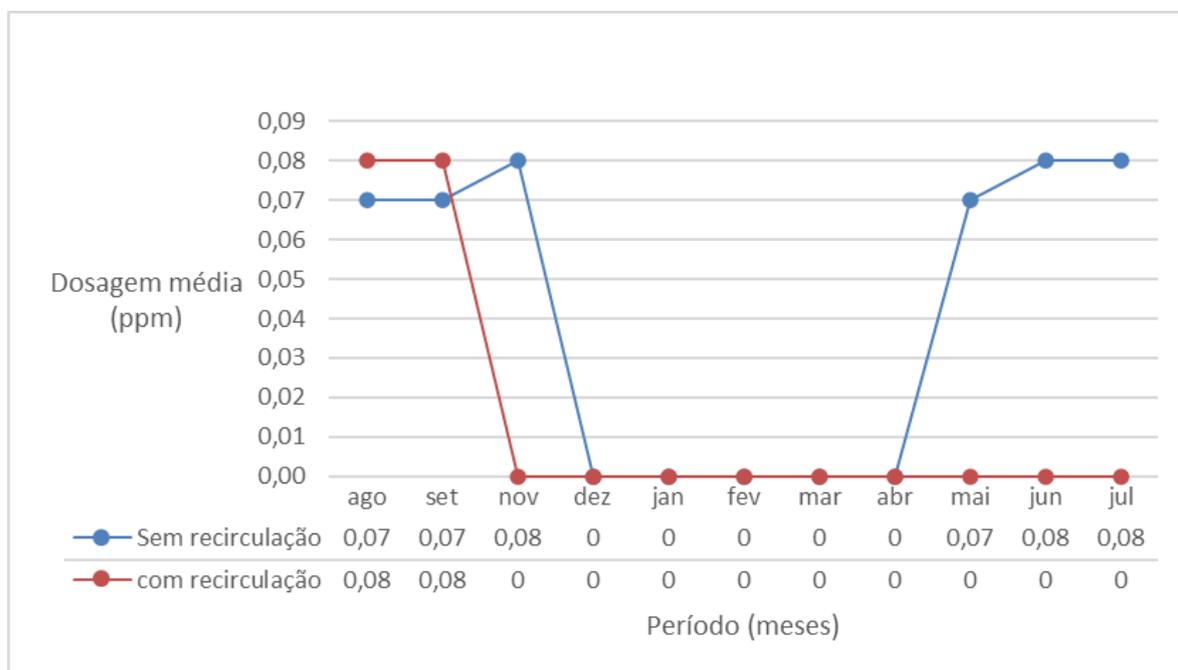
Plieletrólito não-iônico						
Mês / Ano	Consumo (kg)			Dosagem (ppm)		
	Máximo	Mínimo	Médio	Máxima	Mínima	Média
ago/14	5,6	2,1	5,4	0,08	0,03	0,08
set/14	5,6	3,6	5,6	0,08	0,05	0,08
out/14	-	-	-	-	-	-
nov/14	-	-	-	-	-	-
dez/14	-	-	-	-	-	-
jan/15	-	-	-	-	-	-
fev/15	-	-	-	-	-	-
mar/15	-	-	-	-	-	-
abr/15	-	-	-	-	-	-
mai/15	-	-	-	-	-	-
jun/15	-	-	-	-	-	-
jul/15	-	-	-	-	-	-

Fonte: Adaptado de CORSAN, 2014

No gráfico 15, tem-se um comparativo da dosagem média do polieletrólito não iônico na ETA de Santa Maria, durante o período de agosto de 2013 a julho de 2014,

no qual não havia recirculação, com o período de agosto de 2014 a julho de 2015, onde existiu recirculação da água de lavagem dos filtros.

Gráfico 15 - Polieletrólito não iônico – dosagem média (ppm)



Fonte: O autor, 2022.

No eixo vertical apresenta-se a dosagem média do polieletrólito não iônico em partes por milhão (ppm). No eixo horizontal, temos o mês dessa dosagem, em azul o período de agosto de 2013 a julho de 2014 (sem recirculação da água de lavagem dos filtros), em vermelho o período de agosto de 2014 a julho de 2015 (com recirculação da água de lavagem dos filtros).

O polieletrólito não é utilizado sempre no tratamento. A sua utilização está diretamente ligada a dificuldades de sedimentação dos flocos durante o tratamento da água, quando ela está a baixas temperaturas, assim, não existe uma ligação da sua dosagem com a recirculação da água de lavagem dos filtros.

4.3.7 Considerações finais sobre produtos químicos

Observou-se uma diminuição no consumo do sulfato de alumínio, do cloro líquido, da cal hidratada e do ácido fluossilícico. Esses insumos são fundamentais

para o tratamento da água na ETA, possuem uso contínuo no processo de produção da água tratada.

Na tabela abaixo, reuniu-se a comparação do quantitativo gasto desses produtos nos períodos do estudo, apresentar-se-á o consumo em quilogramas dividido pelo total de água tratada produzida pela ETA. Na última coluna encontra-se a economia em porcentagem. Assim teremos uma comparação do consumo dos insumos em relação ao volume produzido pela ETA.

Tabela 24 - Comparativo do consumo dos produtos químicos

	Sem recirculação out/13 a jul/24	Com recirculação out/14 a jul/15	Economia
Sulfato de alumínio (kg/m ³)	0,0199	0,0172	13,81 %
Cloro líquido (kg/m ³)	0,0034	0,0030	13,11 %
Cal hidratada (kg/m ³)	0,0012	0,0010	15,40 %
Ácido fluossilícico (kg/m ³)	0,0037	0,0033	10,67 %

Fonte: O autor, 2022.

Os produtos carvão ativado e polieletrólito não entraram no somatório, visto a sazonalidade de sua utilização, diretamente relacionada com fatores externos, não existindo uma relação direta com a recirculação da água de lavagem dos filtros e o consumo desses produtos, em consequência disso não se pode atribuir economia desses insumos devido a recirculação da água de lavagem dos filtros.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo a avaliação de desempenho de um sistema de recirculação da água de lavagem dos filtros de uma ETA. A implantação desse sistema permitiu realizar esse estudo e avaliar sua eficiência, tanto no reaproveitamento da água quanto na economia dos produtos químicos utilizados para o tratamento na ETA de Santa Maria. A quantidade e qualidade dos dados obtidos junto à CORSAN, demonstraram ser suficientes para que as análises tivessem uma representatividade significativa no comportamento do sistema de recirculação da água de lavagem ao longo do período estudado.

Cabe destacar que o sistema estudado é de fácil operação, uma vez que se pode automatizar grande parte do processo da recirculação da água de lavagem dos filtros, evitando a dedicação exclusiva dessa tarefa para algum operador da ETA.

Avaliando o período em que a ETA operou recirculando a água de lavagem dos filtros, constatou-se que 3% do total da água introduzida no tratamento, veio da recirculação. Outra conclusão relevante, é que se obteve um aumento de 4,3% de água tratada pela ETA em relação ao período sem a recirculação.

O ganho ambiental dessa tecnologia também é extremamente relevante, visto que se reduziu consideravelmente os resíduos produzidos e a redução na demanda por água bruta, além da economia de energia. O fator limitante para a implantação desse sistema é o espaço físico, pois precisa existir um reservatório compatível para armazenar a água de lavagem dos filtros e posteriormente realizar a recirculação.

Por fim, em relação aos produtos químicos, obteve-se redução no consumo do sulfato de alumínio, do cloro líquido, da cal hidratada e do ácido fluossilícico. São insumos utilizados constantemente na ETA, qualquer diminuição na sua dosagem, ao longo do tempo, tem potencial para acarretar grande economia. Já os produtos carvão ativado e polieletrólito não obtêm relação com a recirculação da água de lavagem dos filtros, por isso sua dosagem não é alterada devido essa operação e sim com as características do manancial.

Sendo assim, pôde-se comprovar as vantagens relacionadas em relação a implantação do sistema de recirculação à cabeceira de planta, da água de lavagem dos filtros rápidos de areia na ETA de Santa Maria - RS

Por fim, acredita-se que ainda há o que ser explorado em relação à recirculação da água de lavagem dos filtros. Analisar a influência da qualidade da água bruta na

recirculação, analisar o impacto da recirculação na qualidade da água tratada, analisar o impacto financeiro da redução dos produtos químicos, estudar o aspecto de qualidade da água recirculada em relação a presença de parasitas residentes à ação do cloro, são algumas sugestões para pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS

AMIRTHARAJAH, A. e O'MELIA, C. 1990. **Coagulation processes: destabilization, mixing, and flocculation**. *Water Quality and Treatment*, 4ª ed., capítulo 6, p. 269-365.

ANA (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO). **Atlas águas: segurança hídrica do abastecimento urbano**. Brasília, DF: ANA, 2021

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 24512:2012**: Atividades relacionadas aos serviços de água potável e esgoto - Diretrizes para a gestão dos prestadores de serviços de água e para a avaliação dos serviços de água potável. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12216/1992**: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

BITTENCOURT, Claudia; PAULA, Maria Aparecida Silva D. **Tratamento de Água e Efluentes - Fundamentos de Saneamento Ambiental e Gestão de Recursos Hídricos**. Editora Saraiva, 2014. 9788536521770. Disponível em: <<https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536521770/>> Acesso em: 27/03/2022.

BRASIL. **Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, DF: Congresso Nacional, 1997.

BRASIL. **Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF: Congresso Nacional, 2010.

BRK Ambiental - Saneamento em pauta. Disponível em: <<https://blog.brkambiental.com.br/cloro-na-aqua/#:~:text=O%20cloro%20%C3%A9%20uma%20subst%C3%A2ncia,de%20tratamento%20at%C3%A9%20as%20resid%C3%A2ncias.>>> Acesso em: 21/09/2022.

CETESB (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO) (ÚLTIMO). **Qualidade das águas interiores do estado de São Paulo - Apêndice D-Índices de Qualidade das águas**. São Paulo, 2020.

CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). **Resolução nº 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. Brasília-DF, 2005.

CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). **Resolução nº 430, de 13 de maio 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília-DF, 2011.

CORTEZ, Adria Vasconcelos. **Determinação de cloreto em águas por imagens digitais**. Dissertação de mestrado Universidade Federal do Amazonas, 2018. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/7482/2/Disserta%c3%a7%c3%a3o_AdriaVasconcelosCortez_PPGCTRA.pdf> Acesso em: 21/04/2022.

FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler – RS) **Diretriz Técnica N.º 002/2019 - Diretriz técnica para o licenciamento de tecnologias de tratamento e processamento de resíduos sólidos**. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/licenciamento/area4/17.asp>> Acesso em: 20/03/2022

FELIX, Bruna Renata de Souza. **Diagnostico parcial do saneamento básico no assentamento rural Nossa Senhora Aparecida, Mariluz, Paraná**. Trabalho de conclusão de curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Engenharia Ambiental, do Departamento Acadêmico de Engenharia Ambiental (DAAMB), do Câmpus Campo Mourão, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Campo Mourão, 2016.

FUNASA (Fundação Nacional da Saúde). **Manual de fluoretação da água para consumo humano**. 2012
Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/mnl_fluoretacao_2.pdf> Acesso em: 21/04/2022.

GOOGLE MAPS. Disponível em: <<https://www.google.com/maps/@-29.6624901,-53.831911,616m/data=!3m1!1e3>> Acesso em 27/08/2021.

HOWE, Kerry J.; HAND, David W.; CRITTENDEN, John C.; TRUSSELL, R R.; TCHOBANOGLOUS, George. **Princípios de Tratamento de Água**. São Paulo. Cengage Learning Brasil, 2016. 9788522124084. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522124084/>. Acesso em: 28 abr. 2022.

IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). **Lista brasileira de resíduos sólidos**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/component/phocadownload/file/1128-ibama-lista-brasileira-de-residuos-solidos>> Acesso em: 20/03/2022

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>> Acesso em 26/01/2022

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Disponível em: <<https://educa.ibge.gov.br/professores/educa-atividades/17692-taxa-de-urbanizacao-especializando-informacoes.html#:~:text=A%20urbaniza%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A9%20considerada%20o,o%20pa%C3%ADs%20%C3%A9%20urbano%2Dindustrial>> Acesso em: 16/03/2022.

IPLAN Santa Maria - **Plano Municipal de Saneamento Ambiental**. Disponível em: https://iplan.santamaria.rs.gov.br/lista_saneamento.php. Acesso em: 12/02/2022
Instituto Trata Brasil. Disponível em:

<<https://tratabrasil.org.br/pt/institucional-blog/a-origem-do-saneamento-basico#:~:text=O%20primeiro%20registro%20de%20saneamento,Carioca%20para%20abastecimento%20do%20estado.>> Acesso em: 30/04/2022.

KONRADT-MORAES, Leila Cristina. **Estudo dos Processos de coagulação e floculação seguidos de filtração com membranas para a obtenção de água potável.** 2009.

MUCCIACITO, João Carlos. **Uso eficiente do carvão ativado como meio filtrante em processos industriais.** Disponível em: <<https://tratamentodeagua.com.br/artigo/uso-eficiente-do-carvao-ativado-como-meio-filtrante-em-processos-industriais/>> Acesso em 29/04/2022.

PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021. Disponível: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em 29/04/2022> Acesso em 29/04/2022.

REVISTA DAE. **Tratamento de Água: Qual o melhor alcalinizante?** São Paulo. Disponível em: <http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_79_n_859.pdf>. Acesso em 18/07/2022.

REVISTA DAE. **Polieletrólitos como auxiliares de coagulação.** São Paulo. Disponível em: <http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_102_n_335.pdf>. Acesso em 17/07/2022.

RICHTER, Carlos A. **Tratamento de água.** São Paulo - SP: Editora Blucher, 1991. 9788521217404. Disponível em: <<https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521217404/>> Acesso em: 11/05/2022.

SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo). Disponível em: <<https://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=37>> Acesso em: 23/04/2022.

Santa Maria-RS. **Plano Municipal de Saneamento Ambiental.** Disponível em: <https://iplan.santamaria.rs.gov.br/lista_saneamento.php> Acesso em: 12/02/2022

SECKLER, Sidney. **Tratamento de Água - Concepção, Projeto e Operação de Estações de Tratamento.** Grupo GEN, 2017. 9788595153851. Disponível em: <<https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595153851/>> Acesso em: 23/02/2022.

Zortéa, Jéssica Balbinot **Estudo e caracterização da água de lavagem de filtros de areia em uma estação de tratamento de água com objetivo de reuso.** In: SIMPÓSIO SOBRE SISTEMAS SUSTENTÁVEIS, 5, 2019, Porto Alegre. Anais volume 01. Porto Alegre: GFM, 2019. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufrgs.br/da.php?nrb=001115264&loc=2020&l=6c0b7ff86a5160a1>>. Acesso em: 23/02/2022.