

XXX CLH

CONGRESO LATINOAMERICANO
DE HIDRAULICA | BRASIL | 2022

ANALES

- VOLÚMEN 6 A -

AGUA, AMBIENTE Y SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO



International Association
for Hydro-Environment
Engineering and Research

Hosted by
Spain Water and IWHR, China

Organizadores

Dr. Cristiano Poletto - UFRGS (Presidente)
Dr. José Gilberto Dalfré Filho - UNICAMP
Dr. André Luís Sotero Salustiano Martim - UNICAMP

**ANALES DEL
XXX CONGRESO LATINOAMERICANO DE
HIDRÁULICA 2022**

- VOLÚMEN 6 A -
AGUA, AMBIENTE Y SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO



Madrid – España
2023

Copyright © 2023, by IAHR Publishing.

Derechos Reservados en 2023 por **IAHR Publishing.**

Montaje: Cristiano Poletto

Organización General de la Obra: Cristiano Poletto; José Gilberto Dalfré Filho;
André Luís Sotero Salustiano Martim

Maquetación: Juliane Fagotti; Cícero Manz Fagotti

Relectura General: Elissandro Voigt Beier

Portada: Juliane Fagotti

Cristiano Poletto; José Gilberto Dalfré Filho; André Luís Sotero Salustiano Martim
(Organizadores)

ANALES del XXX Congreso Latinoamericano de Hidráulica – VOLÚMEN 6 A – AGUA,
AMBIENTE Y SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO/ Organizadores: Cristiano Poletto; José
Gilberto Dalfré Filho; André Luís Sotero Salustiano Martim – MADRI, España: IAHR
Publishing, 2023.

844.: il.;

ISBN • 978-90-832612-7-0

*ES AUTORIZADA la libre reproducción, total o parcial, por cualquier medio, sin
autorización escrita del Editor o de los Organizadores.*

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE EFLUENTE SANITÁRIO TRATADO PARA FINS DE REUSO – ESTUDO DE CASO

Sabrina Luísa Fritsch, Maria Cristina de Almeida Silva

Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

sa_fritsch@hotmail.com

maria.almeida@ufrgs.br

RESUMO:

Este estudo propõe-se a avaliar a qualidade do efluente tratado pela Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Mato Grande, localizada no município de Canoas/RS, para fins de reuso urbano, industriais, agrícolas e florestais, e, conforme padrões orientativos estabelecidos à nível federal pelo Programa Interáguas e critérios definidos à nível estadual pela Resolução CONSEMA nº 419/2020. Ainda, teve como intuito propor o monitoramento de mais parâmetros de qualidade do efluente para os reusos referidos, conforme é requerido em Resolução. De forma a realizar a avaliação da qualidade do efluente conforme orientações e critérios, utilizou-se de dados analíticos evidenciados no Relatório Operacional e Analítico cedido pelo órgão ambiental, o qual o recebeu da referida ETE em atendimento a Licença de Operação (LO), sendo os dados constantes nela referentes ao período de janeiro à junho de 2021. Como resultado do comparativo realizado, obteve-se que o único uso atendido, para a qualidade atual do efluente tratado, é o reuso urbano específico para limpeza e desobstrução de redes de esgoto, o qual já vem sendo realizado. De maneira a possibilitar o reuso para também outros fins, fora proposto o monitoramento dos parâmetros ovos de helmintos, cloro residual, condutividade elétrica e cloreto.

ABSTRACT:

This study aims to evaluate the quality of the effluent treated by the Sewage Treatment Station (ETE) Mato Grande, located in the city of Canoas / RS, for urban, industrial, agricultural, and forestry reuse purposes, and, according to selected guidelines, federal level by the Interáguas Program and criteria defined at the state level by CONSEMA Resolution nº 419/2020. Furthermore, it intends to monitor more effluent quality parameters for determining reuses, as required in the resolution. The analytical data evidenced in the Operational and Analytical Report provided by the environmental agency was used to evaluate the quality of the effluent according to guidelines and criteria received from the ETE in attendance of the Operating License (LO), being the data contained in it from January to June 2021. As a result of the comparison, it was found that the only use for the current quality of the treated effluent is the specific urban reuse for cleaning and unclogging sewage networks, which is already done. A proposal to monitor the parameters of helminth eggs, residual chlorine, electrical conductivity, and chloride was made to enable reuse for other destinations.

PALAVRAS-CHAVE: Estação de tratamento de esgoto. Água de reuso. Saneamento.

INTRODUÇÃO

A água tem um papel fundamental na sustentação da vida na terra. De acordo com o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (2018), mais de 2 bilhões de pessoas vivem em países que experimentam estresse hídrico, ou seja, sofrem prejuízos pela escassez de água. Esses prejuízos refletem tanto na saúde e qualidade de vida da sociedade, quanto na economia global, e diante do cenário de estresse hídrico que hoje muitas regiões do Brasil enfrentam, o reuso de água, a partir de esgotos domésticos tratados de forma segura, torna-se uma importante alternativa para suprir algumas das demandas (SANTOS et al., 2021), tais como as urbanas, agrícolas e florestais, e industriais (BRASIL, 2020).

Aqui, define-se a água residuária conforme a Resolução N° 54/2005 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), a qual a descreve como esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não. Ainda, a maioria das atividades que utiliza água gera águas residuárias (WWAP, 2017), e com relação aos fins de utilização das águas captadas no Brasil estima-se que 52% delas são utilizadas na irrigação, 23,8% no abastecimento urbano, 9,1% na indústria de transformação e os outros 15,1% dividem-se entre usos de abastecimento animal, termelétrica, abastecimento rural e mineração (ANA, 2019).

Ainda, tendo em vista o rápido crescimento populacional, estima-se que a demanda por água aumente em quase 1/3 até 2050. A partir disso, e considerando o aumento da degradação ambiental, torna-se evidente a necessidade de estabelecimento de novas formas de gerenciar as demandas relacionadas aos recursos hídricos (United Nations, 2018).

Conforme a Resolução N° 54/2005 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), a água de reuso é definida como sendo a água residuária que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas, portanto, as águas residuárias tratadas são potenciais fontes de abastecimento de água. A Meta 6.3 do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6 corrobora esse cenário e estabelece como meta até 2030, a melhoria da qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos. Desta forma, seria diminuída à metade a proporção de águas residuárias não tratadas, aumentando sua reciclagem e sua reutilização de forma segura (WWAP, 2017).

Com relação aos tipos de reusos da água residuária, evidencia-se aqui o seu reuso não potável, que por não exigir padrões muito elevados de tratamento, vem tornando-se viável economicamente (DE OLIVEIRA; DE ANDRADE; BROETTO, 2019). O potencial de reutilização de águas residuárias domésticas tratadas a nível municipal e urbano é alto, existindo diversas formas de reutilização para fins não potáveis, sendo elas: irrigação de gramados e parques; canteiros de rodovias e acostamentos; controle de poeira e construção; resfriamento industrial; descarga de banheiro; lavagem de veículos (US EPA, 2012), limpezas urbanas; desobstrução de galerias pluviais e redes de esgoto; perfurações do solo (PREFEITURA DE MOGI DAS CRUZES, 2021); dentre outras aplicações.

Com relação a legislações e parâmetros orientativos, informa-se que à nível federal, apenas no ano de 2017 foi publicado pelo Programa Interáguas – programa cujo financiamento é do governo federal – padrões orientativos para água de reuso. Ainda, destaca-se que esses padrões foram definidos em diretrizes orientativas e não mandatórias (DA SILVA JUNIOR et al., 2021). No Rio Grande do Sul em específico, a prática ainda é pouco discutida e implementada, entretanto, com a publicação da Resolução CONSEMA n° 419 em fevereiro de 2020, foram definidos padrões específicos para fins de reuso. A partir dessa definição percebe-se que começam a existir estímulos para a aplicação da água de reuso.

A Resolução, em seu Art. 10, traz padrões de qualidade da água de reuso estabelecidos para fins de utilização urbana e divide a água de reuso em duas classes de qualidade para diferentes usos. Sendo a “Classe A” destinada à irrigação paisagística em locais de acesso irrestrito (possibilidade de contato direto com a água de reuso), lavagem de logradouros públicos e lavagem de veículos; e a

“Classe B” destinada à irrigação paisagística em locais de acesso limitado ou restrito, ao abatimento de poeira, aos usos na construção civil, em estações de tratamento de efluente e à desobstrução de redes de esgoto pluvial e cloacal. Ademais, define as áreas de acesso irrestrito como sendo “parques, praças, jardins, cemitérios, áreas verdes de condomínios, campos de esporte, entre outros”. Os parâmetros necessários de monitoramento para fins urbanos são os Coliformes Termotolerantes, Ovos de helmintos, Cloro Residual Total e Condutividade elétrica.

Com relação ao reúso para fins agrícolas e florestais, a Resolução traz a definição de que a atividade é a “aplicação de água de reúso para produção agrícola, cultivo de florestas plantadas e recuperação de áreas degradadas”. A mesma apresenta parâmetros e respectivos limites para análise e monitoramento, sendo eles: pH, Alumínio, Arsênio, Bário, Boro, Cádmi, Chumbo, Cianeto, Cloreto, Cobalto, Cobre, Cromo total, Cromo hexavalente, Ferro, Fluoreto, Manganês, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Selênio, Sulfeto, Vanádio, Zinco, Óleos e Graxas: mineral, Óleos e graxas: vegetal ou animal, Fenóis totais, Coliformes Termotolerantes, Ovos de helmintos, e por fim, traz uma relação entre a Razão de Adsorção de Sódio e a Condutividade Elétrica

Torna-se importante destacar que a Resolução permite a determinação da *Escherichia coli* (*E. coli*) em substituição ao parâmetro de coliformes termotolerantes, sendo responsabilidade do órgão ambiental definir a proporção de correlação entre os parâmetros. Ainda, nela é previsto que a frequência do monitoramento dos parâmetros é estabelecida conforme for a vazão da água de reúso - com exceção para os casos em que o órgão licenciador, com justificativa técnica, exige monitoramento com frequência diferente. As frequências são: semestral para vazões menores ou iguais a 150 m³/dia; trimestral para vazões maiores que 150 e menores ou iguais a 300 m³/dia; e bimensal para vazões maiores que 300 m³/dia (BRASIL, 2020).

No tangente a utilização da água de reúso para fins industriais, a CONSEMA 419/2020 estabelece que “a qualidade e quantidade da água de reúso para fins industriais deverão obedecer às especificações técnicas de acordo com a finalidade e tecnologia do processo industrial a que se destina”. Portanto, nela não são apresentados parâmetros e critérios para monitoramento.

Com relação a esfera federal, o Programa Interáguas define modalidades de reúso – agrícola irrestrito; agrícola restrito; urbano irrestrito; urbano restrito; e industrial -, trazendo aplicações e estabelecendo critérios orientativos mínimos para as diferentes modalidades de reúso para os parâmetros de Coliformes Termotolerantes, Ovos de Helmintos, pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Turbidez e Cloro Residual. Ademais, com relação às modalidades de reúso agrícola – restrito ou irrestrito –, cabe evidenciar que o Programa sugere - sem apresentar valores orientativos - alguns exemplos de parâmetros de potencial interesse para o usuário e proteção do meio ambiente, são eles: condutividade, sólidos dissolvidos totais (SDT), razão de adsorção de sódio (RAS), nutrientes, metais pesados [...] tóxicos para plantas, sólidos suspensos totais (SST) (PROGRAMA INTERÁGUAS, 2017).

Dessa forma, o trabalho desenvolvido teve como objetivo avaliar a qualidade do efluente de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da região Metropolitana de Porto Alegre, a ETE Mato Grande, localizada no município de Canoas. O estudo foi realizado para verificar o atendimento a requerimentos e padrões orientativos estabelecidos - a nível federal - e a critérios definidos em legislação - a nível estadual -, para fins de reusos urbanos, industriais, agrícolas e florestais. Aos fins de reusos não atendidos, é proposto ao final o monitoramento de mais parâmetros de qualidade do efluente tratado.

METODOLOGIA

A ETE Mato Grande, escolhida para o desenvolvimento do estudo, possui capacidade de tratamento atual de 260 L/s (ou 22.464 m³/dia) conforme estabelecido em sua Licença de Operação (LO), e sabe-se que a mesma terá capacidade de tratar quase quatro vezes o volume de atendimento

atual – visto as obras de ampliação e modernização em andamento. As etapas de tratamento são 1) gradeamento; 2) desarenação; 3) lodos ativados por aeração prolongada; 4) leitos de secagem para secagem do excesso de lodo do tratamento biológico. O lançamento do efluente tratado ocorre no canal de Macrodrenagem do Polder Rio Branco, que localiza-se ao lado da ETE. Na Tabela 1 são apresentados os parâmetros que devem ser monitorados conforme determinação da LO.

Tabela 1.- Parâmetros e padrões de emissão do efluente

Parâmetro	Padrão de Emissão a ser atendido	Frequência de Medição
DBO _{5,20}	≤ 40 mg O ₂ /L	mensal
DQO	≤ 150 mg O ₂ /L	mensal
Temperatura	< 40 °C	diária
pH	entre 6,0 e 9,0	diária
Coliformes Termotolerantes	concentração (NMP/100ml)10 ³ ou 95% de eficiência	mensal
Materiais Flutuantes	ausentes	mensal
Sólidos Sedimentáveis	≤ 1,0 ml/L em teste de 1 (uma) hora em "Cone Imhoff"	mensal
Sólidos Suspensos	≤ 50 mg/L	mensal
Nitrogênio Amoniacal	≤ 20 mg/L	mensal
Fósforo Total	≤ 1 mg P/L ou 75% de eficiência	mensal
Óleos e Graxas Total	≤ 30 mg/L	mensal

Fonte: LO 67/2019 – Secretaria Municipal de Meio Ambiente – Município de Canoas

Além dos parâmetros evidenciados na Tabela 1, devem ser realizadas análises, conforme estabelecido na LO, de afluente e efluente, em uma frequência trimestral, para os demais parâmetros da Resolução CONSEMA nº 355/2017, sendo os mesmos: alumínio total, arsênio total, bário total, boro total, cádmio total, cianeto total, cobalto total, cobre total, cor, cromo hexavalente, cromo total, chumbo total, espumas, estanho total, fenóis totais, ferro total, fluoreto, lítio total, manganês total, materiais flutuantes, mercúrio total, molibdênio total, níquel total, odor, óleos e graxas (mineral, vegetal ou animal), pH, prata total, selênio total, sólidos sedimentáveis, substâncias tenso-ativas, sulfeto, temperatura, vanádio total, zinco total.

Os laudos analíticos utilizados para verificação da empregabilidade do reuso da água para fins urbanos, agrícolas e industriais da ETE foram obtidos através do Relatório Operacional e Analítico (ROA) fornecido pela SMMA de Canoas (nº 11/2021 – AM), o qual continha análises do efluente da referida ETE de janeiro a junho de 2021. Informa-se que esse foi o período escolhido em virtude de serem os resultados mais recentes disponibilizados a respeito da ETE ao órgão licenciador.

Para a verificação das legislações e normativas existentes realizou-se uma busca por normatizações e padronizações sobre a utilização de água de reuso em nível nacional (nível federal e estadual) para fins de reuso urbano, industrial, agrícola e florestal. Utilizou-se também a base de dados do Google para encontrar reportagens e documentos sobre o assunto. Foi identificado, à nível federal, o Programa Interáguas, o qual traz orientações para fins de reuso; e à nível estadual, foi identificada a Resolução CONSEMA 419/2020, a qual estabelece limitações para fins de reuso.

Para a verificação de atendimento de parâmetros para fins de reuso, foi efetuado um comparativo entre os resultados analíticos da ETE com os parâmetros orientativos e limitações definidas, respectivamente, no Programa Interáguas e na Resolução CONSEMA 419/2020. A partir desse comparativo, foi possível identificar a necessidade de monitoramento de mais parâmetros, os quais não são solicitados na licença de operação, e, por isso não estão inclusos no monitoramento da ETE. Dessa forma, foram propostos parâmetros adicionais para monitoramento e verificação de atendimento, de forma a possibilitar o reuso para fins urbanos, agrícolas e florestais. Não foi possível recomendar parâmetros para fins de reuso industrial, pois conforme estabelecido na Resolução, os parâmetros ficam à cargo das especificações técnicas de acordo com a finalidade e tecnologia do processo industrial a que se destina.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi realizada comparação das análises de qualidade do efluente da ETE Mato Grande com os padrões estabelecidos na Resolução CONSEMA n° 419/2020 e os limites orientativos do Programa Interáguas para as três diferentes modalidades de reuso – urbano, agrícola e florestal, e industrial (Tabelas 2, 3 e 4).

Destaca-se que na Resolução CONSEMA n° 419/2020, define-se apenas o parâmetro coliformes termotolerantes para verificação do nível de desinfecção da água residuária tratada para fins de reusos. Diante disso, para fins de comparação com as análises realizadas na ETE Mato Grande - que para verificação da desinfecção do efluente utiliza-se do parâmetro *E. coli* em substituição a coliformes termotolerantes -, e baseando-se em um Relatório Técnico elaborado pela CETESB de 2008, o qual versa sobre o monitoramento desses parâmetros e ao final estabelece correlação entre eles, adotou-se para determinação de coliformes termotolerantes a partir da *E. coli* a proporção de 1:0,6.

Na Tabela 2, seguem os resultados do comparativo realizado entre os valores padrões (Resolução CONSEMA), orientativos (Programa Interáguas) e os resultados das análises da ETE para a modalidade de reuso para fins urbanos. Ademais, nela também é apresentado o parâmetro de *E. coli* transformado em coliformes termotolerantes.

Tabela 2.- Comparativo entre limites CONSEMA n° 419/2020, valores orientativos do Programa Interáguas e análises do efluente da ETE Mato Grande para fins de reuso urbano.

Parâmetros	Unidade	Fins Urbanos				Análises efluente da ETE Mato Grande						
		CONSEMA 419/2020		Programa Interáguas		Jan/2 1	Fev/2 1	Mar/2 1	Abr/2 1	Mai/2 1	Jun/2 1	Média
		Classe A	Classe B	Reúso Urbano Restrito	Reúso Urbano Irrestrito							
Coliformes Termotolerantes ⁽⁶⁾	NMP/100 mL	< 200	< 10 ³ ⁽¹⁾	< 10	< 10 ³ ⁽⁵⁾	3,10.10 ⁴	3,50.10 ⁴	1,53.10 ⁵	7,25.10 ⁵	2,47.10 ⁵	1,32.10 ⁵	2,21.10 ⁵
Ovos de helmintos	ovo/L	< 1	-	< 1	< 1 ⁽⁵⁾	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-
Cloro Residual Total	mg/L	< 1 ⁽²⁾		1 ^{(3) (4)}	1 ^{(3) (4)}	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-
Condutividade elétrica	dS/m	< 3 ⁽²⁾		-	-	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-
pH	-	-	-	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	7,0	7,2	6,7	6,8	6,8	6,5	7
DBO	mg/L	-	-	< 15	< 30	< 0,7	< 0,7	< 2	2,6	< 2	38,7	21
Turbidez	UNT	-	-	< 5	< 5	NA	NA	NA	NA	2,85	2,1	2

NA = Não Analisado;

¹Quando o destino da água de reuso for para fins de desobstrução de redes de esgoto pluvial ou cloacal é dispensado seu atendimento

²Aplica-se quando o destino é o reuso para fins de irrigação paisagística

³Ou desinfecção alternativa.

⁴Cloro residual no final do tratamento para manutenção do sistema de distribuição. Não aplicável se a desinfecção for dispensada conforme nota 3.

⁵Exigências de desinfecção e critério de coliformes e ovos de helminto podem ser dispensados caso ações especiais de proteção dos trabalhadores forem implementadas e não forem aplicáveis reuso interno não potável.

⁶Os resultados das análises da ETE evidenciados foram determinados a partir do parâmetro *E. coli* a partir de proporção (1:0,6) sugerida em Relatório Técnico da CETESB (2008)

Fonte: autora, 2021.

O comparativo dos limites estabelecidos pelo CONSEMA e os resultados das análises da ETE demonstram que para o reuso de Classe A (irrigação paisagística em locais de acesso irrestrito, lavagem de logradouros públicos e lavagem de veículos) nenhum dos parâmetros estabelecidos para esse fim, com o tratamento realizado atualmente, é atendido.

Com relação ao reuso de Classe B (irrigação paisagística em locais de acesso limitado ou restrito, ao abatimento de poeira, aos usos na construção civil, em estações de tratamento de efluente e à desobstrução de redes de esgoto pluvial e/ou cloacal) é possível apenas a utilização direta para os usos nas desobstruções de redes de esgotos. Destaca-se que, para esse fim, são desconsideradas exigências de desinfecção e critério de coliformes e ovos de helminto.

Ressalta-se que para a irrigação paisagística em locais de acesso limitado e ilimitado, o parâmetro coliformes termotolerantes não é atendido, bem como, na ETE não são realizadas análises de cloro residual, condutividade elétrica, razão de adsorção de sódio, cloreto e ovos de helmintos – sendo os dois últimos parâmetros solicitados e definidos na CONSEMA no reuso agrícola e florestal. Para fins de irrigação é necessário o atendimento desses parâmetros e torna-se também necessário seu monitoramento. Ainda, informa-se que no mês de janeiro (conforme está evidenciado na

Tabela 3) o cloreto foi analisado e atendido, entretanto, não fora novamente monitorado e por isso aparece especificado como necessário de monitoramento. Com relação aos usos para abatimento de poeira e na construção civil, informa-se que não fora atendido o parâmetro de coliformes termotolerantes.

O confrontamento das análises da ETE com os limites orientativos do Programa Interáguas aponta que, para o reuso urbano restrito (irrigação paisagística e outros usos urbanos - em áreas restritas, sem contato público frequente e/ou com restrição de acesso), o parâmetro de coliformes termotolerantes não é atendido em nenhum dos meses; já a DBO teve seu limite ultrapassado apenas no mês de junho/21. Com relação ao comparativo com o reuso urbano irrestrito (irrigação paisagística e outros usos urbanos – em áreas públicas), constata-se que não é atendido o parâmetro de coliformes termotolerantes. O parâmetro DBO - como é mais limitado que no reuso urbano restrito - novamente não é atendido.

Ainda, cabe evidenciar que na ETE não são realizadas análises para verificação do parâmetro “ovos de helmintos”. Com base nas orientações do Programa, se forem adotadas ações especiais de proteção dos trabalhadores responsáveis pela aplicação da água, não sendo realizado reuso interno não potável, para o reuso urbano restrito apenas o parâmetro DBO – referente ao mês de junho – permaneceria não sendo atendido.

A

Tabela 3 traz o comparativo entre os padrões do CONSEMA e orientações do Programa com as análises realizadas na ETE para fins de reusos agrícolas. Ainda, informa-se que conforme frequência estabelecida em licença, as análises que constam dentro do ROA N° 11/2021, para a maior parte dos parâmetros requeridos para esse fim, são referentes apenas aos resultados de janeiro, março e junho de 2021.

Tabela 3.- Comparativo entre limites CONSEMA nº 419/2020, valores orientativos do Programa Interáguas e análises do efluente da ETE Mato Grande para fins de reuso agrícola.

Parâmetros	Unidade	Fins Agrícolas			Análises efluente da ETE Mato Grande					
		CONSEMA nº 419/2020	Programa Interáguas		jan/21	fev/21	mar/21	abr/21	mai/21	jun/21
		Reúso agrícola e florestal (1)	Reúso agrícola restrito	Reúso agrícola irrestrito						
pH	-	Entre 6 e 9	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	7,0	7,2	6,7	6,8	6,8	6,5
Alumínio	mg/L	5	-	-	NA	NA	0,40	NA	NA	ND
Arsênio	mg/L	0,1	-	-	NA	NA	ND	NA	NA	ND
Bário	mg/L	5	-	-	NA	NA	ND	NA	NA	ND
Boro	mg/L	0,5	-	-	NA	NA	0,10	NA	NA	<0,1
Cádmio	mg/L	0,01	-	-	ND	NA	ND	NA	NA	ND
Chumbo	mg/L	0,5	-	-	ND	NA	0,20	NA	NA	ND
Cianeto	mg/L	0,2	-	-	NA	NA	ND	NA	NA	<0,005
Cloreto	mg/L	106,5	-	-	63	NA	NA	NA	NA	NA
Cobalto	mg/L	0,5	-	-	NA	NA	0,10	NA	NA	ND
Cobre	mg/L	0,2	-	-	0,01	NA	0,40	NA	NA	ND
Cromo total	mg/L	0,5	-	-	NA	NA	ND	NA	NA	ND
Cromo hexavalente	mg/L	0,1	-	-	NA	NA	ND	NA	NA	ND
Ferro	mg/L	5	-	-	0,81	NA	2,40	NA	NA	0,40
Fluoreto	mg/L	10	-	-	NA	NA	0,40	NA	NA	0,30
Manganês	mg/L	0,2	-	-	0,086	NA	ND	NA	NA	0,10
Mercurio	mg/L	0,01	-	-	NA	NA	ND	NA	NA	ND
Molibdênio	mg/L	0,5	-	-	NA	NA	ND	NA	NA	ND
Níquel	mg/L	0,2	-	-	<0,006	NA	ND	NA	NA	ND
Selênio	mg/L	0,02	-	-	1	NA	ND	NA	NA	ND
Sulfeto	mg/L	1	-	-	NA	NA	0,01	NA	NA	0,01
Vanádio	mg/L	0,1	-	-	NA	NA	ND	NA	NA	ND
Zinco	mg/L	2	-	-	0,05	NA	0,20	NA	NA	ND
Óleos e Graxas: mineral	mg/L	10	-	-	NA	<10	<10	<10	<10	<10
Óleos e graxas: vegetal ou animal	mg/L	30	-	-	NA	NA	<10	NA	NA	<10
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	mg/L	0,1	-	-	NA	NA	0,00	NA	NA	0,01
Coliformes Termotolerantes (5)	NMP/100 mL	10 ⁴	< 10 ³ (4)	< 10	3,10.10 ⁴	3,50.10 ⁴	1,53.10 ⁵	7,25.10 ⁵	2,47.10 ⁵	1,32.10 ⁵
Ovos de helmintos	Ovo/L	1	< 1 (4)	< 1	NA	NA	NA	NA	NA	NA
DBO	mg/L	-	<30	<15	<0,7	<0,7	<2	2,6	<2	38,7
Turbidez	UNT	-	-	≤ 5	NA	NA	NA	NA	2,85	2,1
Cl ₂ residual	mg/L	-	1 (2)(3)	1 (2)(3)	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Condutividade elétrica	-	<2,9	-	-	NA	NA	NA	NA	NA	NA

NA = Não Analisado; ND = Não Detectado;

¹A água de reuso destinada à irrigação paisagística deverá também atender aos critérios aqui estabelecidos

²Ou desinfecção alternativa.

³Cloro residual no final do tratamento para demonstrar a eficiência da desinfecção e manutenção do sistema de distribuição. Não aplicável se a desinfecção for dispensada conforme nota 2.

⁴Exigências de desinfecção e critério de coliformes e ovos de helminto podem ser dispensados caso ações especiais de proteção dos trabalhadores forem implementadas e não forem aplicáveis reuso interno não potável.

⁵Os resultados das análises da ETE evidenciados foram determinados a partir do parâmetro *E. coli* a partir de proporção (1:0,6) sugerida em Relatório Técnico da CETESB (2008)

A partir do comparativo entre os parâmetros estabelecidos no CONSEMA e as análises do efluente da ETE para fins de reusos agrícolas e florestais (aplicação de água de reúso para produção agrícola, cultivo de florestas plantadas e recuperação de áreas degradadas), evidencia-se que não foram atendidos os limites dos parâmetros de coliformes termotolerantes - para nenhum dos meses - e o do cobre - que foi ultrapassado no mês de março. Ainda, é necessário ressaltar que não foram realizadas análises para os parâmetros: cloretos (com exceção para o mês de janeiro, no qual foi realizado e atendido), ovos de helmintos, condutividade elétrica e razão de adsorção de sódio.

No comparativo das análises da ETE com os padrões orientativos do Programa Interáguas, para fins de reuso agrícola restrito - irrigação de alimentos destinados ao consumo humano sem processamento prévio (plantas que se desenvolvem distantes do nível do solo); alimentos que

necessitam de processamento antes de serem consumidos e culturas não destinadas ao consumo humano; cultivo de florestas plantadas – e irrestrito (irrigação de cultura de alimentos destinados ao consumo humano sem processamento prévio - plantas que se desenvolvem rentes ao nível do solo), verificou-se que não são atendidos os parâmetros de coliformes termotolerantes para nenhum dos meses e a DBO não é atendida no mês de junho para ambos os fins. Ademais, não são realizadas análises para ovos de helmintos. Com base nas orientações do programa, se forem adotadas ações especiais de proteção dos trabalhadores responsáveis pela aplicação da água, não sendo realizado reuso interno não potável, para o reuso agrícola restrito apenas o parâmetro DBO – referente ao mês de junho – permaneceria não sendo atendido.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.**⁴ traz o comparativo entre os padrões orientativos existentes no Programa Interáguas, para fins de reuso industrial, com as análises realizadas na ETE. Na Resolução CONSEMA nº 419/2020 não existem definições para esse fim de reuso, ficando essa incumbência, conforme a referida Resolução, à cargo das especificações técnicas de acordo com a finalidade e tecnologia do processo industrial a que se destina. Ademais, o Programa traz apenas orientação para o parâmetro de Coliformes Termotolerantes, e comparando-o com as análises da ETE, verifica-se que em nenhum dos meses atende-se a orientação do Programa.

Tabela 4.- Comparativo entre CONSEMA nº 419/2020, valores orientativos do Programa Interáguas e análises do efluente da ETE Mato Grande para fins de reuso industrial.

Parâmetros	Unidade	Fins Industriais		Análises efluente da ETE Mato Grande						
		CONSEMA nº 419/2020	Programa Interáguas	2021						
				jan	fev	mar	abr	mai	jun	Média
Coliformes Termotolerantes ⁽³⁾	NMP/100 mL	-	< 10 ³ ^{(1) (2)}	3,10. 10 ⁴	3,50. 10 ⁴	1,53. 10 ⁵	7,25. 10 ⁵	2,47. 10 ⁵	1,32. 10 ⁵	2,21.10 ⁵

¹Exigências de desinfecção e critério de coliformes e ovos de helminto podem ser dispensados caso ações especiais de proteção dos trabalhadores e drifting forem implementadas e não forem aplicáveis reuso interno não potável.

²Para torres de resfriamento com recirculação – 90m de distância de áreas acessíveis ao público. A distância pode ser reduzida caso nível de desinfecção alto for implementado.

³Determinado a partir do parâmetro *Escherichia Coli* a partir de proporção (1:0,6) sugerida em Relatório Técnico da CETESB (2008)

Fonte: autora, 2021.

Por fim, evidencia-se abaixo a Tabela 595, a qual apresenta um resumo da relação de usos previstos pelo CONSEMA e parâmetros não atendidos e não monitorados na ETE Mato Grande. Ainda, traz-se aqui também a mesma relação para o Programa Interáguas, devido às diferentes aplicações por ele postas.

Tabela 59.- Resumo de usos previstos, parâmetros não atendidos e parâmetros não monitorados com base na Resolução CONSEMA 419/2020 e Programa Interáguas

Fins Urbanos			Parâmetros não atendidos	Parâmetros não monitorados
CONSEMA 419/2020	Classe A	irrigação paisagística em locais de acesso irrestrito	Coliformes termotolerantes	Cloro residual, condutividade elétrica, razão de adsorção de sódio, cloreto ⁽⁴⁾ e ovos de helmintos
		lavagem de logradouros públicos e lavagem de veículos	Coliformes termotolerantes	Ovos de helmintos
	Classe B	irrigação paisagística em locais de acesso limitado ou restrito	Coliformes termotolerantes	Cloro residual, condutividade elétrica, razão de adsorção de sódio, cloreto ⁽⁴⁾ e ovos de helmintos
		abatimento de poeira, usos na construção civil e em estações de tratamento de efluente	Coliformes termotolerantes	-
		desobstrução de redes de esgoto pluvial e/ou cloacal	-	-

Programa Interáguas	Urbano Irrestrito	Irrigação paisagística de parques, escolas, residências, campos de futebol, campos de golfe; usos internos como bacias sanitárias em grandes edifícios, lavagem de logradouros e outros espaços públicos.	Coliformes termotolerantes e DBO ⁽¹⁾	Ovos de helmintos, cloro residual e turbidez ⁽²⁾
	Urbano Restrito	Irrigação paisagística em rodoviárias, cemitérios, centro comerciais; usos internos; desobstrução de rede de esgoto, construção civil, lavagem de veículos; sistemas de combate a incêndio.	Coliformes termotolerantes e DBO ⁽¹⁾	Ovos de helmintos, cloro residual e turbidez ⁽²⁾
Fins Agrícolas			Parâmetros não atendidos	Parâmetros não monitorados
CONSEMA 419/2020	Fins Agrícolas e Florestais	aplicação de água de reúso para produção agrícola, cultivo de florestas plantadas e recuperação de áreas degradadas	Coliformes termotolerantes, Cobre ⁽³⁾	Cloreto ⁽⁴⁾ , ovos de helmintos, condutividade elétrica e razão de adsorção de sódio
Programa Interáguas	Reúso Agrícola Irrestrito	Irrigação de hortaliças e tubérculos (alface, morango, cenouras, entre outros), culturas hidropônicas.	Coliformes termotolerantes e DBO ⁽¹⁾	Ovos de helmintos, turbidez ⁽²⁾ e cloro residual
	Reúso Agrícola Restrito	Irrigação de milho, batatas, arroz, culturas forrageiras, entre outros; irrigação de videira, árvores frutíferas.	Coliformes termotolerantes e DBO ⁽¹⁾	Ovos de helmintos e cloro residual
Fins Industriais			Parâmetros não atendidos	Parâmetros não monitorados
CONSEMA 419/2020	Fins Industriais	O reúso industrial fica atrelado às especificações técnicas de acordo com a finalidade e tecnologia do processo industrial de destino da água de reúso, não sendo definidas, portanto, limitações para o fim.		
Programa Interáguas	Fins Industriais	Torres de resfriamento, caldeiras, processo de fabricação, construção civil	Coliformes termotolerantes	-

¹A DBO ficou acima dos limites de 15 e 30 mg/L no mês de junho.

²A turbidez foi monitorada apenas nos meses de maio e junho, estando dentro dos limites nesses dois meses.

³O cobre ficou acima do limite de 0,2 mg/L no mês de maio; em janeiro e junho, meses em que também houve análise desse parâmetro, apresentou-se dentro das limitações.

⁴O cloreto teve seu monitoramento realizado somente no mês de janeiro, estando dentro da limitação para esse mês

Fonte: autora, 2021.

CONCLUSÕES

No Brasil o tema reúso da água ainda é incipiente e poucos são os dados divulgados sobre as aplicações de reúso, mesmo em empresas e companhias em que essa ação já é institucionalizada. Com relação à normativas existentes, a situação é a mesma. A nível federal apenas existem parâmetros orientativos que constam no Programa Interáguas – um programa cujo financiamento é realizado pelo Governo. À nível estadual o cenário é um pouco diferente, pois já existem algumas Resoluções que abordam o assunto, sendo uma delas a Resolução CONSEMA 419/2020, a qual estabelece parâmetros a serem atendidos para fins de reusos urbanos, industriais, agrícolas e florestais no âmbito do Estado do Rio Grande do Sul. Entretanto, cabe ressaltar que na Resolução, a qualidade da água de reúso para fins industriais não é definida, e a mesma estabelece que a qualidade deverá obedecer às especificações técnicas de acordo com a finalidade e tecnologia do processo industrial a que se destina o reúso.

Com relação à qualidade da água residuária tratada na ETE Mato Grande, conclui-se que o único uso em que há o completo atendimento dos parâmetros estabelecidos pela Resolução CONSEMA 419/2020, com o tratamento realizado atualmente, já vem sendo implementado na estação – que é o reúso urbano para limpeza e desobstrução de redes de esgoto. Caso haja interesse na utilização da água residuária tratada para os outros fins, torna-se indispensável a todos os fins de reusos a adequação do parâmetro de coliformes termotolerantes. Ainda, com o atendimento desse

parâmetro, já se torna possível o reuso da água para fins de abatimento de poeira, usos na construção civil e em estações de tratamento de efluente.

Para as outras finalidades de reuso, é necessário o monitoramento de alguns parâmetros que atualmente não estão sendo monitorados na ETE. Para verificação da possibilidade de utilização dessa água de reuso na lavagem de logradouros públicos e de veículos é necessário iniciar o monitoramento do parâmetro de ovos de helmintos. Com relação a utilização da água de reuso para fins de irrigação paisagística, tanto em locais de acesso restrito quanto irrestrito, é necessário iniciar o monitoramento para verificação de atendimento, dos parâmetros: cloro residual, condutividade elétrica, razão de adsorção de sódio, cloreto e ovos de helmintos.

Para verificar a possibilidade de utilização da água de reuso para produção agrícola, cultivo de florestas plantadas e recuperação de áreas degradadas, torna-se imprescindível o monitoramento dos mesmos parâmetros que os dos fins de irrigação paisagística, com exceção para o parâmetro de cloro residual, que para o caso em questão não é necessário monitoramento. Ainda, verificou-se o atendimento aos parâmetros já monitorados na estação e requeridos na Resolução, e o único não atendido – além dos coliformes termotolerantes – foi o cobre no mês de maio, o qual é necessário atendimento tanto para fins agrícolas e florestais, quanto para os fins de irrigação paisagística. Ainda sobre o cobre, é importante ressaltar que nos meses de janeiro e junho esse parâmetro foi monitorado e atendido.

REFERÊNCIAS

- ANA (Brasil). Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil / Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2019. 74 p.
- BRASIL. RESOLUÇÃO CONSEMA nº 419, de 13 de fevereiro de 2020. Estabelece critérios e procedimentos para a utilização de água de reúso para fins urbanos, industriais, agrícolas e florestais no Estado do Rio Grande do Sul. D.O.E de 21/02/2020, Porto Alegre, 13 de fevereiro de 2020.
- DA SILVA JUNIOR, Luis Carlos Soares et al. PROPOSIÇÃO DE UMA METODOLOGIA ESTRUTURADA DE AVALIAÇÃO DO POTENCIAL REGIONAL DE REÚSO DE ÁGUA: 03–METODOLOGIA DE POTENCIALIDADES (DEMANDAS E OFERTAS) E ANÁLISE ESPACIAL. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, p. 36-54, 2021.
- DE OLIVEIRA, Dariane Priscila Franco; DE ANDRADE, Tamiris Cristina Oliveira; BROETTO, Fernando. ÁGUA RESIDUÁRIA: USOS E LEGISLAÇÃO. ESTUDOS SOBRE IMPACTOS AMBIENTAIS, p. 11, 2019.
- PREFEITURA DE MOGI DAS CRUZES. Semaie garante economia e respeito à natureza com utilização da água de reuso. Disponível em: <https://www.mogidascruzes.sp.gov.br/pagina/servico-municipal-de-aguas-e-esgotos/noticia/semaie-garante-economia-e-respeito-a-natureza-com-utilizacao-da-agua-de-reuso>. Acesso em: 13 set. 2021.
- PROGRAMA INTERÁGUAS. Elaboração de Proposta do Plano de Ações para Instituir uma Política de Reúso de Efluente Sanitário Tratado no Brasil: Quadro Regulatório Recomendado. São Paulo: Ministério das Cidades e Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA, 2017. 124 p.
- SANTOS, Ana Sílvia Pereira et al. PROPOSIÇÃO DE UMA METODOLOGIA ESTRUTURADA DE AVALIAÇÃO DO POTENCIAL REGIONAL DE REÚSO DE ÁGUA: 01–TERMINOLOGIA E CONCEITOS DE BASE. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, p. 1-17, 2021.
- US EPA. Guidelines for Water Reuse: Urban Reuse. Washington, DC, US EPA, 2012. G-2 p. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-08/documents/2012-guidelines-water-reuse.pdf>. Acesso em: 20 set. 2021.
- WWAP (Programa de Avaliação Mundial da Água das Nações Unidas). 2017. O Relatório de Desenvolvimento Mundial da Água das Nações Unidas 2017: Wastewater, The Untapped Resource. Paris, UNESCO
- WWAP (World Water Assessment Programme)/UM-Water. 2018. The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water. Paris, UNESCO.