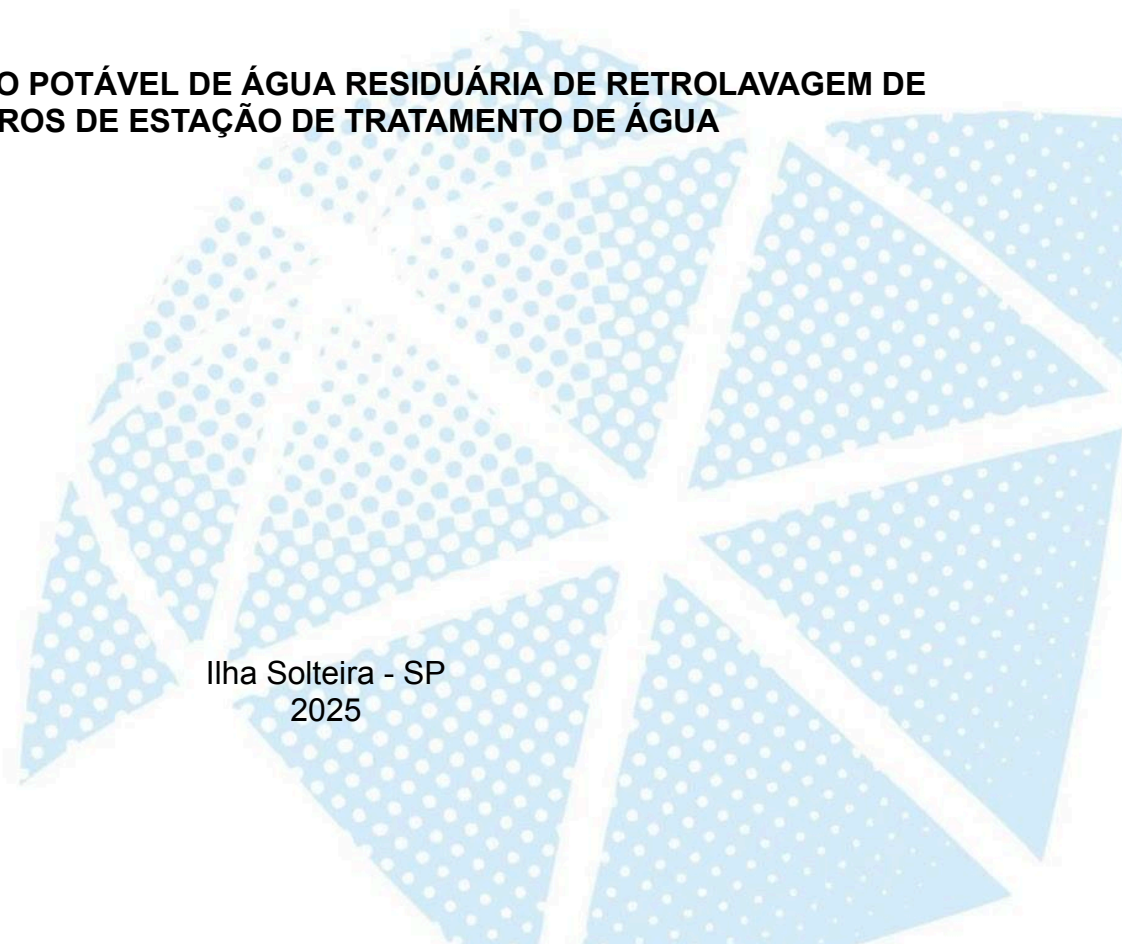


**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

MARILAINE GOMES DA SILVA

**RECICLAGEM NÃO POTÁVEL DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE RETROLAVAGEM DE
FILTROS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA**

Ilha Solteira - SP
2025



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO PROFISSIONAL EM REDE
NACIONAL EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS - PROF
ÁGUA**

MARILAINÉ GOMES DA SILVA

**RECICLAGEM NÃO POTÁVEL DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE RETROLAVAGEM DE
FILTROS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. Programa de Pós Graduação em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua.

Prof. Dr. Jefferson Nascimento de Oliveira
Orientador

Ilha Solteira - SP
2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvida pela Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

S586r Silva, Marilaine Gomes da.
Reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de
estação de tratamento de água / Marilaine Gomes da Silva. -- Ilha Solteira:
[s.n.], 2025
248 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Gestão e Regulação de
Recursos Hídricos, 2025

Orientador: Jefferson Nascimento de Oliveira
Inclui bibliografia

1. Água residuária de retrolavagem de filtros ee ETAs. 2. Reciclagem não
potável de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: "RECICLAGEM NÃO POTÁVEL DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE RETROLAVAGEM DE FILTROS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA"

AUTORA: MARILAINE GOMES DA SILVA

ORIENTADOR: JEFFERSON NASCIMENTO DE OLIVEIRA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, área: Instrumentos de Política de Recursos Hídricos pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. JEFFERSON NASCIMENTO DE OLIVEIRA (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. CARLOS TADEU CARVALHO DO NASCIMENTO (Participação Virtual)
Universidade de Brasília - UnB

Prof. Dr. JOSÉ CARLOS MIERZWA (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária / Universidade de São Paulo - USP

Ilha Solteira, 20 de março de 2025

DEDICATÓRIA

Gratidão, a todos que direta e indiretamente contribuíram com a minha formação espiritual, intelectual, psicossocial e material. Pelo apoio, estímulo, incentivo, crítica, elogio, crédito e que em dias difíceis trouxeram leveza e força para continuar a jornada da vida. E, também aos que foram obstáculo, empecilho, oposição, que preferiram atirar “pedras” propositalmente, e aguardaram a desistência, a fraqueza e a derrota. Com certeza, dificultaram a caminhada, mas, deixaram um aprendizado: não se chega ao topo em um só passo, pois, “as pedras” são úteis para construir degraus e avançar.

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor Jesus Cristo, toda honra e glória, a quem sou totalmente dependente, e agradecida pelo dom da vida, pela família, pela fé, pela salvação, pelo conhecimento, pela sabedoria, pelo cuidado, pela misericórdia, pela proteção, pelo amor e pela esperança de vida eterna. Em especial, aos meus pais, Antonio Gomes da Silva e Maria Helena da Silva e ao meu esposo Luciano Rodrigues da Silva pela honra pessoal, acadêmica e profissional.

Aos coordenadores, docentes e discentes da equipe do Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua. Em particular, ao Coordenador Geral do referido Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Rede Nacional e meu orientador Prof. Dr. Jefferson Nascimento de Oliveira pela partilha do conhecimento científico teórico e prático.

Aos meus colegas mestrandos do Prof. Água, campus Ilha Solteira e São Paulo, Alan, Caroline, Fernando Ricardo, Giovani, Laice, Márcio e Pedro pelo incentivo e auxílio nas cansativas tarefas associadas a jornada de trabalho e a academia. Assim como, os demais, Aline, Bianca, Fernando Henrique, Laércio, Maiara, Mateus, Pablo, Rafaela e Vinicius que por força maior interromperam a jornada acadêmica deixando seu legado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/UNESP nº. 951420/2023, pelo apoio técnico científico aportado até o momento. E ao Serviço Autônomo de Água, Esgotos e Resíduos Sólidos Urbanos de Aparecida - SAAE Aparecida/SP pela parceria e cooperação.

“Porque o Senhor dá a sabedoria, e da sua boca
vem o conhecimento e o entendimento”.
Livro de Provérbios. Capítulo 2 e versículo 6.
Bíblia Sagrada ARC.

RESUMO

A reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs é uma tendência global impulsionada pela necessidade e oportunidade de explorar novas fontes de água para lidar com os desafios de escassez física e abastecimento de água nas cidades. De melhorar a qualidade da água, enquanto se controla e combate à poluição hídrica. E de enfrentar os extremos do clima, que favorece a instalação de crises quantitativa e qualitativa de água, agrava os impactos socioeconômicos, ambientais e humanos. Nesse contexto, a reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs é um instrumento multidisciplinar implícito na ambiciosa meta 6.3 do ODS 6 e intrínseco aos demais ODS da Agenda 2030, pois, aumenta a resiliência dos municípios que convivem ou passarão a conviver com esses desafios. O estudo desenvolvido no SAAE Aparecida/SP, localizado na UGRHI 2, Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, teve como fim caracterizar o potencial do SAAE Aparecida/SP para entender como implementar a reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA em meio urbano. A pesquisa qualitativa e quantitativa aponta que o SAAE Aparecida/SP produz de 90 a 810 mil litros por dia de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA. Desperdiça, no mínimo, 26 mil litros por dia de água potável em fins não potáveis urbanos. E a amostra da água residuária de retrolavagem de filtros da ETA possui DBO, turbidez, SST, coliformes termotolerantes e totais, *Giardia*, *Cryptosporidium*, óleos e graxos totais, leves, visíveis, visuais, substâncias solúveis em hexana, solventes, gasolina, substâncias inflamáveis e ferro dissolvido inconformes a legislação adotada. Por esse motivo, exige-se tratamento adequado, seguro, com risco aceitável, adaptado à realidade local, com obrigações legais voltadas para a água residuária de ETAs e aplicação de múltiplas barreiras desde o tratamento até o consumo final. Para isso, o SAAE Aparecida/SP precisa revitalizar a infraestrutura existente, aproveitando-a para a reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs visando reintroduzi-la no Ribeirão da Chácara, na ETA e nos caminhões tanques de “ÁGUA NÃO POTÁVEL”.

Palavras-chave: água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs; reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs.

ABSTRACT

Non-potable wastewater recycling from backwash of WTPs filters is a global trend driven by the need and opportunity to tap into new water sources to address the challenges of physical scarcity and water supply in cities. To improve water quality, while controlling and combating water pollution. And to face the extremes of the climate, which favors the installation of quantitative and qualitative water crises, aggravates the socioeconomic, environmental and human impacts. In this context, the non-potable recycling of wastewater from backwashing of WTPs filters is a multidisciplinary instrument implicit in the ambitious target 6.3 of SDG 6 and intrinsic to the other SDGs of the 2030 Agenda, as it increases the resilience of municipalities that live or will live with these challenges. The study developed at SAAE Aparecida/SP, located in UGRHI 2, Paraíba do Sul River Basin, aimed to characterize the potential of SAAE Aparecida/SP to understand how to implement non-potable recycling of wastewater from backwashing of WTP filters in urban areas. The qualitative and quantitative research points out that the SAAE Aparecida/SP produces from 90 to 810 thousand liters per day of wastewater from the backwash of WTP filters. It wastes at least 26 thousand liters per day of drinking water for urban non-potable purposes. And the sample of wastewater from WTP filter backwash has BOD, turbidity, TSS, thermotolerant and total coliforms, Giardia, Cryptosporidium, total oils and greases, light, visible, visual, hexane-soluble substances, solvents, gasoline, flammable substances and dissolved iron that do not comply with the adopted legislation. For this reason, adequate, safe treatment is required, with acceptable risk, adapted to the local reality, with legal obligations focused on wastewater from WTPs and application of multiple barriers from treatment to final consumption. For this, the SAAE Aparecida/SP needs to revitalize the existing infrastructure, taking advantage of it for the non-potable recycling of wastewater from backwashing WTPs filters in order to reintroduce it in Ribeirão da Chácara, in the WTP and in the "NON-POTABLE WATER" tank trucks.

Keywords: wastewater from backwashing of WTPs filters; non-potable recycling of wastewater from backwashing of WTPs filters.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	- Foz do Ribeirão da Chácara.....	29
Figura 2	- Ponto de descarte de água residuária municipal.....	31
Figura 3	- Ponto de descarte de água residuária municipal.....	32
Figura 4	- Sistema de tratamento de água potável de Aparecida/SP.....	34
Figura 5	- Camada filtrante.....	36
Figura 6	- Foz do Ribeirão da Chácara.....	53
Figura 7	- Caixa de entrada de água bruta da ETA.....	53
Figura 8	- Ponto de abastecimento de caminhão tanque.....	54
Figura 9	- Fatores externos.....	57
Figura 10	- Fatores internos.....	58
Figura 11	- Sinalização obrigatória do Estado de São Paulo.....	64
Figura 12	- ODS 6 e a interdependência dos outros ODS.....	84
Figura 13	- Reciclagem das múltiplas fontes de água residuária de ETAs e ETEs e a transição para a economia circular.....	88
Figura 14	- Reciclagem de água residuária de ETAs e ETEs e ODS.....	89
Figura 15	- Você sabia?.....	90
Figura 16	- Mudança no nível de estresse hídrico por região e global de 2008 a 2018.....	92
Figura 17	- Estresse hídrico global 2020 versus 2040.....	93
Figura 18	- Sistema de reciclagem não potável de água.....	100
Figura 19	- Porcentagem de água reciclada no mundo.....	102
Figura 20	- Aquecimento global e suas consequências.....	112
Figura 21	- Cenário de redução na disponibilidade hídrica no Brasil até 2040.....	113
Figura 22	- Aparecida/SP.....	126
Figura 23	- Sistema de reservação de água potável de Aparecida/SP.....	130
Figura 24	- Sequencial metodológico de pesquisa bibliográfica qualitativa	150
Figura 25	- Polígono de localização do SAAE Aparecida/SP.....	150
Figura 26	- Sequencial metodológico de pesquisa bibliográfica quantitativa conforme cada objetivo específico proposto.....	151
Figura 27	- Camada filtrante.....	161

Figura 28	- Espuma da água residuária de retrolavagem do filtro 1.....	162
Figura 29	- Água residuária de retrolavagem do filtro 1.....	162
Figura 30	- Amostra da água residuária de retrolavagem do filtro 1.....	163
Figura 31	- ETA inativa, denominada “Bolo de Noiva”	167
Figura 32	- Tubulação de 100 milímetros.....	168
Figura 33	- Registro de 150 milímetros.....	168
Figura 34	- Registros de 300 milímetros.....	169
Figura 35	- Primeiro processo.....	172
Figura 36	- Segundo processo.....	173
Figura 37	- Terceiro processo.....	175
Figura 38	- Quarto processo.....	176
Figura 39	- Quarto processo.....	177

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1	- Padrões de qualidade para as categorias de água reciclada não potável. Artigo 5º da Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020.....	155
Tabela 2	- Padrões de qualidade. Artigo 11 da Lei Estadual nº 997/76. Decreto Regulamentar nº 8.468/76.....	156
Tabela 3	- Padrões de emissões. Artigo 18 da Lei Estadual nº 997/76. Decreto Regulamentar nº 8.468/76.....	157
Tabela 4	- Padrões de emissões. Artigo 19 da Lei Estadual nº 997/76. Decreto Regulamentar nº 8.468/76.....	158
Tabela 5	- Padrões de qualidade inconformes para as categorias de água reciclada não potável. Artigo 5º da Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020.....	163
Tabela 6	- Padrões de qualidade inconformes ao descrito no artigo 11 da Lei Estadual nº 997/76. Decreto Regulamentar nº 8.468/76.....	164
Tabela 7	- Padrões de emissões inconformes ao descrito no artigo 18 da Lei Estadual nº 997/76. Decreto Regulamentar nº 8.468/76.....	164
Tabela 8	- Padrões de emissões inconformes ao descrito no artigo 19 da Lei Estadual nº 997/76. Decreto Regulamentar nº 8.468/76.....	165
Tabela 9	- Água residuária produzida com a retrolavagem dos 03 filtros da ETA dos SAAE Aparecida/SP.....	170
Tabela 10	- Padrões de qualidade. Artigo 21 da Resolução CONAMA nº 430/2011.....	195
Tabela 11	- Padrões de qualidade para reciclagem potável indireta de água. Decisão da Diretoria CETESB nº 134/2022/P/C/E/I...	196
Tabela 12	- Monitoramento qualitativo de água reciclada não potável. Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020.....	197
Tabela 13	- Monitoramento qualitativo para reciclagem potável indireta de água. Decisão da Diretoria CETESB nº 134/2022/P/C/E/I.....	198

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Água e Saneamento Básico
ABC	Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
APP	Área de Preservação Permanente
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBH	Comitê das Bacias Hidrográficas
CE	Condutividade Elétrica
CEIVAP	Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONESAN	Conselho Estadual de Saneamento
CNM	Confederação Nacional de Municípios
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CRT	Cloro Residual Total
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DPAC	Decade Programme on Advocacy and Communication
DSM	Diretoria de Serviços Municipais
EEAB	Estação Elevatória de Água Bruta
E. coli	Escherichia coli
EPAR	Estação de Produção de Água de Reúso
EPCs	Equipamentos de Proteção Coletivo
EPIs	Equipamentos de Proteção Individual
EPA	Environmental Protection Agency
ESCAP	Economic and Social Commission for Asia and the Pacific
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETAs	Estações de Tratamento de Água
ETAR	Estação de Tratamento de Água Residuária
ETARs	Estações de Tratamento de Água Residuária
ETE	Estação de Tratamento de Esgotos
ETEs	Estações de Tratamento de Esgotos

EUA	Estados Unidos da América
EU	European Commission or European Union
FAO	Food and Agriculture Organization
GEEs	Gases de Efeito Estufa
GNV	Gás Natural Veicular
GTSCA	Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para a Agenda 2030
HABITAT	Human Settlements Programme
Hab/Km²	Habitante por Quilômetro Quadrado
I	International Centre for Water Security
IAS	Instituto Água e Saneamento
IQA	Índice de Qualidade da Água
ISHU	Segurança Hídrica do Abastecimento Urbano
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	Intergovernmental Energy Agency
ILO	Intergovernmental Labour Organization
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IRdA	Instituto Reúso de Água
ISO	International Organization for Standardization
Km	Quilômetro
Km²	Quilômetro Quadrado
L/s	Litros por Segundo
m³	Metros Cúbicos
MCID	Ministério das Cidades
MDR	Ministério do Desenvolvimento Regional
MIDR	Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional
mg	Miligrama
mg/L	Miligrama por Litro
MPI	Índice de Pobreza Multidimensional Global
NSWR	National Strategy for Water Reuse
NT	Nitrogênio Total
OECD	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OD	Oxigênio Dissolvido
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OPHDI	Oxford Poverty and Human Development Initiative

OS	Ordem de Serviços
PAC	Cloreto de Polialumínio
pH	Potencial Hidrogeniônico
PIB	Produto Interno Bruto
PNSB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PNRS	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos
POAs	Processos de Oxidação Avançados
PSA	Plano de Segurança da Água
PS	Paraíba do Sul
PT	Fósforo Total
RAS	Razão de Adsorção de Sódio
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SAAE	Serviço Autônomo de Água, Esgoto e Resíduos Sólidos
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SANASA	Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento
SAP	Sistema de Apoio às Políticas
SEEG	Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa
SES	Secretaria de Saúde
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SIMA	Secretaria de Infraestrutura e do Meio Ambiente
SMA	Secretaria de Saúde, Secretaria de Meio ambiente
SNS	Secretaria Nacional de Saneamento
SNSH	Secretaria Nacional de Segurança Hídrica
SSA	Bloqueio Subtropical da América do Sul
SSRH	Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos
SS	Sólidos Suspensos
SST	Sólidos Suspensos Totais
UFC	Unidades Formadoras de Colônia
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UN	United Nations
UNDP	United Nations Development Programme
UNDRR	United Nations Office for Disaster Risk Reduction

UNEP	United Nations Environment Programme
UNHCFR	United Nations High Commissioner for Refugees
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UNICEF	United Nations Children's Fund
UNT	Unidades Nefelométricas de Turbidez
UP	Unidades de Planejamento
USEPA	United States Environmental Protection Agency
USGS	United States Geological Survey
UT	Unidade de Turbidez
WASH	Water, sanitation and hygiene
WATERAID	WaterAid
WHO	World Health Organization
WWAP	World Water Assessment Programme
WWF	World Wildlife Fund
WSSM	Sustainable Management
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul

ÍNDICE DE SÍMBOLOS

°C	Grau celsius
(CH4)	Gás metano
CO2	Dióxido de carbono
(N2O)	Óxido nitroso
µS/cm	Microsiemens por centímetro
Fe2	Ferro Solúvel
(HO)	Hidroxila
m³	Metros cúbicos
L/s	Litros por segundo
P	Fósforo
Q	Vazão
R1	Reservatórios integrados
R2	Reservatórios integrados
R3	Reservatórios integrados
R4	Reservatórios integrados
R5	Reservatórios integrados
§	Parágrafo
XX	Vinte em algarismo romano
%	por cento
⅔	Dois terços
≤	Menor ou igual a
≥	Maior ou igual a
<	Menor
>	Maior

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
1.1	OBJETIVO GERAL.....	21
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
1.3	JUSTIFICATIVA.....	21
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	25
2.1	DEFINIÇÕES.....	25
2.1.1	Água residuária municipal.....	25
2.1.1.1	<i>Água residuária de retrolavagem de filtros de ETA.....</i>	<i>27</i>
2.2	DIFERENCIAÇÃO.....	40
2.2.1	Água de reúso, recuperada, reutilizada e reciclada.....	40
2.3	TIPOS DE RECICLAGEM DE ÁGUA RESIDUÁRIA MUNICIPAL	42
2.3.1	Reciclagem não potável versus reciclagem potável de água...	43
2.3.2	Reciclagem potável indireta versus reciclagem potável direta de água.....	43
2.3.3	Reciclagem não potável planejada versus não planejada de água.....	44
2.3.4	Reciclagem não potável interna versus externa de água.....	44
2.3.5	Reciclagem não potável centralizada versus descentralizada de água.....	44
2.3.6	Reciclagem não potável urbana versus não urbana de água...	45
2.3.7	Reciclagem não potável de água para finalidade específica....	45
2.3.8	Reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de Estação de Tratamento de Água.....	46
2.4	TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA MUNICIPAL.....	49
2.4.1	Para a água residuária de retrolavagem de filtros de ETA.....	50
2.5	MÚLTIPLAS BARREIRAS PARA GESTÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA MUNICIPAL.....	61
2.5.1	Para a água residuária de retrolavagem de filtros de ETA.....	65
2.6	DISPOSITIVO TÉCNICO LEGAL DE USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA NÃO POTÁVEL MUNICIPAL.....	69
2.6.1	Mundo.....	69
2.6.2	Brasil.....	74

2.6.3	Estado de São Paulo.....	76
2.6.4	Município de Aparecida/SP.....	80
2.6.5	Para a água residuária de retrolavagem de filtros de ETA.....	81
2.7	RELAÇÃO INTRÍNSECA DO ODS 6 COM OS OUTROS ODS.....	83
2.8	POR QUE RECICLAR ÁGUA RESIDUÁRIA MUNICIPAL NO PLANETA?.....	89
2.8.1	Necessidade global.....	90
2.8.2	Oportunidade das nações.....	97
2.9	POR QUE RECICLAR ÁGUA RESIDUÁRIA MUNICIPAL NO BRASIL?.....	109
2.9.1	Situação Brasileira.....	109
2.9.2	Solução para o país.....	114
2.10	POR QUE RECICLAR ÁGUA RESIDUÁRIA MUNICIPAL NO ESTADO DE SÃO PAULO ?.....	117
2.10.1	Situação Estadual.....	117
2.10.2	Solução para o Estado.....	121
2.11	POR QUE RECICLAR ÁGUA RESIDUÁRIA MUNICIPAL NO MUNICÍPIO DE APARECIDA/SP?.....	124
2.11.1	Situação Municipal.....	124
2.11.2	Solução para o Município.....	132
2.12	POR QUE RECICLAR ÁGUA RESIDUÁRIA DE RETROLAVAGEM DE FILTROS DE ETA?.....	140
2.12.1	Necessidade.....	140
2.12.2	Oportunidade.....	143
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	149
4	RESULTADOS E ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	152
5	DISCUSSÕES DOS RESULTADOS.....	170
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	207
7	CONCLUSÕES.....	210
	REFERÊNCIAS.....	211
	ANEXO A – LAUDO ANALÍTICO.....	242

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural, limitado, de domínio público, dotado de valor econômico, e é essencial para a manutenção da vida (Brasil, 1997; ANA, 2019, 2022). É uma só, independente se for fluvial, pluvial, doce, salobra, salina, salgada, superficial, subterrânea, líquida, condensada, congelada, bruta, tratada, residuária, e até reciclada (ANA, 2019; IRdA, 2024). É o elemento de conexão intrínseco entre os ODS, mas nem sempre é reconhecida. Isso, aumenta a indiferença de corresponsabilidade de todos a zelar pela sua integridade e sustentabilidade.

A fim de assegurar os múltiplos usos da água, a saúde pública e o desenvolvimento social, econômico e sustentável (UNEP, 2023). Mesmo sabendo que a disponibilidade de água doce tornar-se-a um desafio cada vez maior em um planeta globalizado (WWAP, 2023). Assim como, o controle e combate a poluição hídrica, por meio do tratamento e reciclagem segura não potável das diversas fontes de água residuária municipal, (Raschid-Sally; Jayakody, 2008; UN; Water, 2018; WWAP, 2017, 2020, 2023) por exemplo, a de retrolavagem de filtros de ETAs.

Um subproduto gerado em procedimento de retrolavagem com água potável, usada para remover reversamente matéria orgânica e inorgânica derivada da água bruta captada, do uso de produtos químicos dosados em tratamento de água potável e afins, que ficam retidos nas camadas de filtros de ETAs (SAAE, 2019; Qian *et al.*, 2021, 2023; Xie *et al.*, 2024). Que vem sendo explorado como um recurso de uso parcial em sistema de tratamento de água para fins potáveis e na substituição de água potável em fins não potáveis urbanos (Hamilton *et al.*, 2018).

Consequentemente, pode ser definida como o uso não potável de água reciclada em cor de púrpura para a finalidade não potável em ambientes urbanos (São Paulo, 2020). Condicionado a aplicação de múltiplas barreiras, desde o tratamento até o uso final, a fim de prevenir ou reduzir a probabilidade de danos ao meio ambiente e à saúde pública (Who, 2017; ISO, 2018; APA, 2019). Esse uso está inserido na ambiciosa meta 6.3 do ODS 6 e está intrínseco aos demais, isso porque a água é uma só e o elemento conectivo entre todos os ODS (UNEP, 2023).

Também está inserido nas metas de universalização, equidade, eficiência, integração, regionalização, e sustentabilidade dos serviços de água, higiene e saneamento (UN; Water, 2018; Brasil, 2020; WWAP, 2020, 2023). Pois, promove equilíbrio ambiental, aumenta a eficiência de remoção de contaminantes presentes

em água e economiza os recursos hídricos. Uma vez que, o volume de água retirado desses para fins de abastecimento, passa a ser utilizado ao máximo nas ETAs e em fins não potáveis urbanos (Gottfried *et al.*, 2008; Chen *et al.*, 2016).

Por consequência, aumenta a resiliência dos municípios, principalmente dos que já enfrentam escassez de abastecimento de água, devido ao mau uso de água, de excelente qualidade ou de acordo com os parâmetros de potabilidade, em usos que requerem apenas água com padrões de qualidade específicos à finalidade pretendida (Brasil, 2005, 2010, 2021; Santos; Lima, 2022). Ou, pelas vulnerabilidades climáticas, como os fenômenos extremos de secas e calor (APA, 2019; EU, 2020; Your Home, 2023).

Que aliado a influência antrópica vem aumentando essas vulnerabilidades, em diversas regiões, desde 1950. Como exemplo, as secas e calor registradas em 1998, 2005, 2010, 2015, 2016 e 2023, na Amazônia (IPCC, 2022, 2023; CEMADEN, 2024). Em 2004, 2014 e 2015, no Sudeste, em especial, na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, que gerou escassez física e de abastecimento de água (CEIVAP, 2015). Evidenciando a ineficiência de adaptação para lidar com esses fenômenos da atualidade e no futuro (IPCC, 2022, 2023; CEMADEN, 2024).

Inclusive, o Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul aponta um aumento de 3,41% das ottobacias em situação crítica, com base na Q95. Enquanto que para a Q7,10, o número de ottobacias em situação crítica dobra de 3,41% para 6,53%, comparando o cenário de 2018 e 2033, com maior dinâmica econômica (CEIVAP, 2021). Nesse contexto, a reciclagem não potável segura de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs, é ferramenta multidisciplinar para a tomada de decisão de gestão e governança hídrica local.

Para lidar com um dos maiores desafios na área de água e saneamento, que é assegurar o acesso à água em quantidade e qualidade. Ao mesmo tempo que se controla e combate a poluição hídrica, através do tratamento e reciclagem segura de água usada mais de uma vez (UN; Water, 2018; WWAP, 2020, 2023). O caso do município paulista, Aparecida/SP, que pode reciclar a água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de sua única ETA, para reduzir a vulnerabilidade quantitativa e qualitativa de água (São Paulo, 2021).

Mitigar as perdas de água potável. Não depender 100% do Paraíba do Sul para assegurar o abastecimento público municipal, pois, o uso da água reciclada não potável originária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA tratada

adequadamente é uma fonte de água segura para garantir o abastecimento público municipal de fins não potáveis urbanos. Deixar de despejar uma parcela das inúmeras fontes de água residuária municipal, como a de retrolavagem de filtros da ETA, sem tratamento no leito principal desse recurso hídrico.

O que impacta seus indicadores físicos, químicos e microbiológicos e altera seu enquadramento em classe. Contudo, a implantação dessa prática precisa ser adequada, segura, com risco aceitável, adaptada à realidade local, com obrigações legais voltadas para a água residuária de ETAs e não de ETEs, conforme preconiza a Resolução CONAMA nº 430/2011, Lei Estadual nº. 997/1976, Decreto nº. 8.468/1976, Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020, Lei Municipal nº 4.253/2020 e Decisão de Diretoria CETESB nº 134/2022/P/C/E// 2022.

Embora, faltam dispositivos legais específicos de reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs, no cenário internacional, nacional, estadual e municipal. Esse referencial pode ser adotado para a reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA, mas se não for adequado, seguro, com risco aceitável e adaptado para lidar com a complexidade de fatores condicionantes que a impactam. É inviável reciclá-la, no contexto de Aparecida/SP, com foco em água residuária de ETEs.

E, com a expressão “reúso de água”, pois, essa expressão transmite a ideia de uso de água contaminada, insegura, uma ameaça à saúde humana e ambiental (ANA, 2017; WWAP, 2017). Consequentemente, causa percepção psicossocial negativa para a reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP. Por isso, deve ser substituída pelo conceito “reciclagem de água”, utilização de água residuária por duas ou mais vezes, podendo ser tratada ou não, com objetivo socioeconômico e socioambiental.

Logo, essa substituição ajuda a superar os fatores de “insegurança” e “nojo”, transmitido pela palavra “reúso”, bem como, a adquirir aceitação psicossocial local, (WWAP, 2017; APA, 2019; UNESCO; I; WSSM, 2020) para a prática da reciclagem não potável de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP, em ambiente urbano. Já que essa prática é uma fonte de água que difere da convencional utilizada para assegurar os múltiplos usos da água no município de Aparecida/SP.

1.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar o potencial do SAAE Aparecida/SP para entender como implementar a reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros da Estação de Tratamento de Água, em ambiente urbano.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1º Identificar o quantitativo de água residuária produzido com a retrolavagem de filtros da Estação de Tratamento de Água para conhecer o volume disponível à demanda;

2º Distinguir o quantitativo de abastecimento de caminhão tanque com água potável para reconhecer o uso de água potável em fins não potáveis;

3º Tipificar os parâmetros físicos, químicos e biológicos da água residuária de retrolavagem de filtros da Estação de Tratamento de Água para distinguir os tipos de uso não potável pretendido;

4º Especificar os parâmetros físicos, químicos e biológicos da água residuária de retrolavagem de filtros da Estação de Tratamento de Água para depreender os tipos de múltiplas barreiras para a aplicação da água reciclada não potável de retrolavagem de filtros de Estação de Tratamento de Água, em meio urbano;

5º Descrever a infraestrutura física existente no SAAE Aparecida/SP para saber como aproveitá-la para água reciclada não potável de retrolavagem de filtros de Estação de Tratamento de Água, em ambiente urbano;

1.3 JUSTIFICATIVA

A ação insustentável do homem tem afetado todas as partes do ciclo hidrológico, influenciando a severidade dos fenômenos de secas sobre os ecossistemas aquáticos, atmosférico e terrestre. E, sobre as atividades humanas relacionadas à matriz energética, industrial, agrícola, aquaviária, turística, recreativa,

pesqueira, hídrica, em particular, a prestação dos serviços de água, higiene, saneamento e outros que dependem da extração e exploração dos recursos hídricos (Tallaksen *et al.*, 2023; IPCC, 2023; ANA, 2023).

Esses fenômenos combinados com extremo calor provocam impactos gravíssimos (CEMADEN, 2024) de escassez física e de abastecimento de água, especialmente nas cidades, que já enfrentam essa problemática. E, provoca estresse hídrico, onde, ainda existe abundância de água, o que aumenta o crescimento das irregularidades e das incertezas de abastecimento de água potável, em especial, nos assentamentos habitacionais urbanos informais (UN; Water, 2018; WWAP, 2017, 2020; UNESCO; I; WSSM, 2020; UNEP, 2023).

Somado aos problemas da má qualidade da água associados à poluição difusa provocada principalmente pelas diversas fontes de água residuária não tratada ou tratada inadequadamente nos municípios (Raschid-Sally; Jayakody, 2008; WWAP, 2017; Brasil, 2005; São Paulo, 2020; Aparecida, 2020). E a pontual, por exemplo, a água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs (CONESAN, 2010, 2011; Qian *et al.*, 2021, 2023; CETESB, 2023; SAAE, 2019, 2024; Xie *et al.*, 2024).

Isso, tornar-se-a, a gestão de secas e água cada vez mais desafiadora e urgente, assim como, as ações de prevenção, adaptação e redução de riscos, pois, a água está no centro do desenvolvimento sustentável e suas interconexões ultrapassar as dimensões socioeconômicas e ambientais abrangendo segurança hídrica, alimentar, energética, ecossistêmica, climática, as cidades sustentáveis, economia circular, saneamento, saúde pública e demais que dependem da água e vulneráveis aos extremos do clima (Van Loon, 2015; WWAP, 2020; UNEP, 2023).

À proporção que aumentam esses problemas relacionados às mudanças climáticas, surge a necessidade de utilizar novas fontes de água. Nesse caso, os municípios têm um recurso acessível, valioso e realista que precisa ser melhor explorado como fonte quantitativa e qualitativa de água (WWAP, 2017, 2020, 2023; Mancuso *et al.*, 2021; IRdA, 2023; Zhang; Oki, 2023). Que é a água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs (Freitas *et al.*, 2010; Lustosa *et al.*, 2017; SAAE, 2019; Qian *et al.*, 2020, 2021, 2023).

Sua reciclagem não potável deve ser adequada, segura, com risco aceitável e adaptada à realidade local das próprias ETAs, a fim de permitir aos municípios fazer recuperação do meio ambiente, uso ao máximo do volume de água explorado ou

explotado dos recursos hídricos para fins de abastecimento (Gottfried *et al.*, 2008; Xie *et al.*, 2024). Consequentemente, economizar recursos hídricos. Reduzir a pressão sobre as massas de água (APA, 2019; EU, 2020). Aumentar a eficiência de remoção de contaminantes aquáticos (Chen *et al.*, 2016; ANA, 2017).

Assim como, assegurar os usos múltiplos de água não potável, em ambientes urbanos. Restringindo o uso de água potável para fins que requer os padrões de potabilidade, por exemplo, abastecimento (Brasil, 2021; ANA, 2021, 2023). Evitar o uso inadequado, desperdício e perdas de água tratada em fins não potáveis (Maimon; Gross, 2018; ANA; MIDR, 2015, 2017, 2020). Gerar sustentabilidade na prestação dos serviços de água, higiene e saneamento (UN; Water, 2018; WWAP, 2017, 2020; ANA, 2021, 2023; UNEP, 2023).

E diminuir os conflitos entre os usuários da água (Flörke *et al.*, 2018; WWAP, 2023). Nesse contexto, a reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs precisa ser melhor explorada, como fonte quantitativa e qualitativa de água, de maneira adequada, segura, com risco aceitável e adaptado à realidade local, nas mais de 4.873 ETAs brasileiras. Nas mais de 625 ETAs paulistas. E na única ETA aparecidense (IBGE, 2017). Essa última tem o volume mínimo de 90 e o máximo de 810 mil litros, por dia, dessa água.

Conforme o procedimento de retrolavagem de seus 03 filtros (SAAE, 2019, 2024). Que se tratada adequadamente, com segurança, risco aceitável e adaptado à realidade local serve para recuperação do Ribeirão da Chácara, para ser misturada com a água bruta, na caixa de entrada da ETA em Aparecida/SP. E, para substituir o uso de água potável gasto nos fins não potáveis, (Hamilton *et al.*, 2018; APA, 2019; São Paulo, 2020) como, irrigação paisagística, lavagem de veículos e ruas, construção civil, desobstrução de redes pluvial e de esgotos e combate incêndio.

Que são os usos já garantidos com o caminhão tanque de “ÁGUA NÃO POTÁVEL” (SAAE, 2024). O exposto acima é uma estratégia para Aparecida/SP melhorar os aspectos qualitativo e quantitativo do Ribeirão da Chácara, aproveitar ao máximo o volume de água bruta outorgado do Paraíba do Sul (CEIVAP, 2022). Reduzindo a vulnerabilidade quantitativa e qualitativa de água (São Paulo, 2021). Já que, possui 54,5% de perdas de água potável (IBGE, 2017) e depende 100% desse recurso hídrico para assegurar os usos da água local (São Paulo, 2021).

Bem como, é uma estratégia para otimizar, racionalizar e fazer o uso eficiente da água no município supracitado (UNEP, 2023). Além de deixar de despejar a água

residuária de retrolavagem de filtros da ETA, no Rio Paraíba do Sul, sem nenhum tratamento, o que impacta sua qualidade e altera sua classificação de enquadramento de Classe 2 para o equivalente a Classe 3 e Classe 4 (Brasil, 1997; São Paulo, 2021; CETESB, 2021, 2022, 2023). Uma vez que, isso é realizado, até o presente momento (CONESAN, 2010, 2011; São Paulo, 2021).

O que é indispensável, frente às previsões de maior frequência e intensidade de estiagens, secas, escassez física e de abastecimento de água, especialmente em áreas urbanas, devido à redução de vazão dos recursos hídricos latinos e caribenhos, particularmente os do Brasil até 2040 (WWAP, 2020; IPCC, 2022, 2023, ANA, 2024). Portanto, esse recurso, em situações de escassez e vazão baixa do Sistema Hidráulico Paraíba do Sul, assegura o uso prioritário da água (Brasil, 1997; CEIVAP, 2015; Van Loon, 2015; WWAP, 2020).

A proporção que inibe a ineficiência de autodepuração, interferências abruptas nos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, como, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo, nitrogênio, potássio, substâncias químicas reguladas ou não, microorganismos patogênicos, oportunistas e outros, principalmente em épocas de disponibilidade hídrica abaixo do normal, por causa de séries mínimas e esporádicas de precipitação anual (Van Loon, 2015; WWAP, 2020; São Paulo, 2021).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 DEFINIÇÕES

A definição clara sobre as diversas fontes de água residuária municipal, especificamente de água residuária proveniente de retrolavagem de filtros de Estação de Tratamento de Água está intrinsecamente relacionada à origem de produção, características físicas, químicas e microbiológicas que habitualmente sofrem múltiplas interferências do contexto externo e interna em que cada ETA está inserida. Algumas dessas inferências podem ser evitadas, enquanto outras apenas mitigadas através de medidas estruturais e não estruturais.

Portanto, esse é o ponto de partida para melhor compreender o que é água residuária municipal? particularmente, o que é água residuária de retrolavagem de filtros de Estação de Tratamento de Água - ETA? Mas também, suas características e interferências considerando o contexto externo e interno de cada ETA, especificamente a ETA em Aparecida/SP que é impactada pela vulnerabilidade qualitativa e quantitativa de água associada à oscilação populacional do turismo religioso, a falta de tratamento de água residuária, uso e ocupação irregular do solo.

2.1.1 Água residuária Municipal

São a mistura de efluentes domésticos composto por água negra com excrementos, a água cinzenta de higienização pessoal, lavanderia e cozinha. Os efluentes produzidos em estabelecimentos comerciais, industriais, saúde,..., a água pluvial e o escoamento superficial urbano. Os efluentes gerados em estábulos, pocilgas, avícolas, granjas, redis, currais, produção de grãos, ..., contendo agrotóxicos, pesticidas, herbicidas, ... e o escoamento superficial rural (Raschid-Sally; Jayakody, 2008).

Para o World Water Assessment Programme - WWAP, a água residual é água negra e cinzenta de atividades domésticas, especialmente de origem residencial, mais as geradas ou utilizadas em processos industriais, como produção energética, mineração, siderurgia e outras, denominadas água residuária industrial. Bem como, a combinação de água residuária doméstica, comercial, industrial e de agricultura

urbana conectadas aos sistemas de esgotamento sanitário municipal, classificadas como água residuária municipal (WWAP, 2017).

Já o CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS - CNRH define que a água residuária é o esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não, de uso exclusivo não potável, para os fins urbanos, agrícolas, ambientais, industriais e aquicultura. Conforme os artigos 2º e 3º da Resolução nº 54 de 2005 (Brasil, 2005). A seguir:

Art. 2º Para efeito desta Resolução, são adotadas as seguintes definições:

- I - água residuária: esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não;
- II - reúso de água: utilização de água residuária;
- III - água de reúso: água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas;

Art. 3º O reúso direto não potável de água, para efeito desta Resolução, abrange as seguintes modalidades:

- I - reúso para fins urbanos: utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;
- II - reúso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;
- III - reúso para fins ambientais: utilização de água de reúso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;
- IV - reúso para fins industriais: utilização de água de reúso em processos, atividades e operações industriais; e,
- V - reúso na aquicultura: utilização de água de reúso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

Enquanto no estado de São Paulo, a água residuária é definida como efluente tratado de Estações de Tratamento de Esgotos - ETEs para múltiplos usos urbanos, não potáveis, em acordo com os artigos 2º e 3º da Resolução Conjunta nº 01 de 2020, formulada pela Secretaria de Saúde, Secretaria de Infraestrutura e do Meio Ambiente - SES/SIMA (São Paulo, 2020). Em sequência:

Artigo 2º - Para efeito desta Resolução, são adotadas as seguintes definições:

- I - Água de reúso para fins urbanos: efluente tratado proveniente de ETEs cujos processos de tratamento viabilizem o atendimento aos padrões de qualidade definidos nesta resolução para

aproveitamento em determinadas atividades relacionadas ao meio urbano que não requerem necessariamente o uso de água potável;

Artigo 3º - A água de reúso para fins urbanos, para efeito desta Resolução, abrange exclusivamente as seguintes modalidades:

- I - irrigação paisagística;
- I - lavagem de logradouros e outros espaços públicos e privados;
- III - construção civil;
- IV - desobstrução de galerias de água pluvial e rede de esgotos;
- V - lavagem de veículos;
- VI - combate a incêndio.

Por fim, no município paulista, Aparecida/SP, a Lei Municipal nº 4.253 de 2020 que institui a Política Municipal de Saneamento Básico especifica que a água residuária é água servida proveniente das instalações prediais. Mas não está explícito a não potabilidade e nem a finalidade pretendida. Em consonância com o § 2º do artigo 9º da lei referida acima (Aparecida, 2020). Em seguida:

Art. 9º ...

§ 2º. Sem prejuízo do disposto no caput, serão admitidas instalações hidráulicas prediais para aproveitamento da água de chuva ou para reúso de água servida ou de efluentes de esgotos tratados, observadas as normas pertinentes.

2.1.1.1 Água residuária de retrolavagem de filtros de Estação de Tratamento de Água

É uma parcela das diversas fontes de água residuária produzidas em um município. É um subproduto de filtragem gerado com o procedimento de retrolavagem, com água potável, usada para remover reversamente materiais suspensos, dissolvidos, orgânicos e inorgânicos derivados da água bruta captada e do uso de produtos químicos no sistema de tratamento de água potável, que ficam retidos nos leitos de filtros de ETAs (Zielina; Dabrowski, 2021; Qian *et al.*, 2021, 2023; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023; Xie *et al.*, 2024).

Por consequência, a produção de água residuária originária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs está condicionada às diversas interferências externas e internas de cada ETA. No contexto do SAAE Aparecida/SP, essa água está condicionada aos fatores qualitativos, a montante do Rio Paraíba do Sul,

recurso hídrico superficial de captação exclusiva de água bruta. E do Ribeirão da Chácara, um dos recursos hídricos canalizado (Figura 1) e mais impactado pelas diversas fontes de água residuária municipal gerada e não tratada por Aparecida/SP.

Figura 1 - Foz do Ribeirão da Chácara



Nota: Ao fundo visualiza-se a infraestrutura física de canalização do Ribeirão da Chácara. E ao meio o fluxo hídrico baixo em cor acinzentada devido ao despejo das diversas fontes de água residuária municipal gerada e não tratada pelo município de Aparecida/SP.

Localização geográfica 22° 50' 43" S 45° 14' 11" W.

Fonte: Próprio Autor.

Inclusive, essas diversas fontes de água residuária gerada e não tratada pelo município de Aparecida/SP são responsáveis pelas desconformidades nos parâmetros qualitativos de Oxigênio Dissolvido - OD, Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO, Fósforo Total - PT, Coliformes Termotolerantes, Coliformes Totais, *Escherichia coli*, *Giardia*, *Cryptosporidium*, Turbidez, Sólidos Suspensos Totais - SST, Óleo Graxos Totais Visíveis, Substâncias de Solúveis em Hexana, etc., se comparado aos limites preconizados no arcabouço legal brasileiro.

Por exemplo, as Resoluções do CONAMA nº 357/2005 e a nº 430/2011. A Lei Estadual nº. 997/1976 e seu Decreto nº. 8.468/1976, a Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020 (CONAMA, 2005, 2011; CONESAN, 2010, 2011; ANA, 2021; São Paulo, 1976, 2020, 2021; CETESB, 2021, 2022, 2023). Logo, esses parâmetros se agregam a outros compostos orgânicos, ferro, manganês, alumínio, (EPA, 2002; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023) substâncias químicas sintéticas e naturais não reguladas presentes em água (WWAP, 2017; UNESCO, 2015).

Ainda, a produção de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA em destaque, também está condicionada ao tipo de bombeamento em funcionamento na Estação Elevatória de Água Bruta - EEAB do SAAE Aparecida/SP, isto é, quando o bombeamento ligado é o fixo capta-se mais sedimento, pois o gradil da adutora de captação fica mais próximo do fundo do rio. Além disso, a captação está em um meandro do Paraíba do Sul e em períodos de estiagens e secas ocorre o fenômeno remoinho, pois o baixo fluxo hídrico é barrado pelo banco de areia.

Com isso, uma parcela da água residuária não tratada e de higienização dos veículos oficiais do SAAE e da Prefeitura de Aparecida/SP efetuada no lavador da Diretoria de Serviços Municipais - DSM, (Figura 2) bem como, a do ponto de descarte de água residuária não tratada da ETA em destaque, (Figura 3) ou seja, a água residuária de higienização da caixa de água bruta, floculadores, decantadores e filtros. Dos diques de contenção de armazenamento de produtos químicos. E do sistema interno de reservação de água potável é recirculada e captada na EEAB do SAAE Aparecida/SP.

Figura 2 - Ponto de descarte de água residuária municipal não tratada do lavador da Diretoria de Serviços Municipais - DSM e do SAAE Aparecida/SP



Nota: Ao meio visualiza-se a saída da manilha e abaixo em cor acinzentada empoçamento de água residuária municipal não tratada do ponto supracitado.
Localização geográfica 22° 50' 41" S 45° 14' 07" W.
Fonte: Próprio Autor.

Figura 3 - Ponto de descarte de água residuária municipal não tratada da ETA do SAAE Aparecida/SP.



Nota: Ao meio visualiza-se a saída da manilha e vala onde é lançada toda a água residuária municipal produzida e não tratada da ETA do SAAE Aparecida/SP, especialmente a água residuária de procedimento de retrolavagem dos 03 filtros da ETA destacada.

E ao fundo a infraestrutura física com a adutora férrea de 300 milímetros do sistema de bombeamento fixo da EEAB que é utilizada para captar água bruta para abastecimento do município de Aparecida/SP.

Localização geográfica 22° 50' 41" S 45° 14' 07" W.

Fonte: Próprio Autor.

No entanto, quando o bombeamento ligado é o flutuante, o gradil da adutora de captação fica mais próximo a superfície do rio referido, consequentemente é mais impactado pela vegetação aquática exótica, como a *Eichhornia crassipes* (FAPESP, 2023) encontrada ao longo da calha do Paraíba do Sul, por exemplo, em períodos de maior precipitação no Sudeste aumenta o volume e a velocidade do fluxo hídrico. Então, algumas porções dessa vegetação ao ser arrastada pelo movimento rápido e contínuo da água na calha do Paraíba do Sul.

São barradas pelas boias das adutoras e bombas flutuantes do SAAE Aparecida/SP. Isso causa ineficiência na sucção de água bruta por obstrução do gradil. Ou sucção de água bruta com mais materiais grosseiros por gradil com ruptura. Por consequência aumenta as ações de paralisação do sistema de captação por bombeamento flutuante e a substituição por bombeamento fixo. Para efetuar as manutenções externas necessárias, como remoção da vegetação aquática exótica, reposição de gradil obstruído e afins.

Além de tudo isso, existem períodos em que ocorre a paralisação completa do sistema de bombeamento de captação de água bruta tanto flutuante como fixo, por causa do aumento de turbidez, excesso de micro e macro partículas em suspensão e dissolvidas em água, consequência da canalização e da falta de área de preservação permanente dos recursos hídricos, escoamento superficial urbano, principalmente da área ocupada pela Feira Livre e o Santuário Nacional, região central do município de Aparecida/SP.

Além do mais, a produção de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP está condicionada ao sistema de tratamento convencional de água para fim potável, composto por processos de coagulação, floculação, decantação e filtração. Inclusive esses processos, atualmente funcionam em modo forçado, porque a ETA em Aparecida/SP foi planejada para tratar 140 L/s, mas chega a tratar 243 L/s de água potável, para garantir os múltiplos usos da água em Aparecida/SP (CONESAN, 2010, 2011).

Diante disso, especialmente em períodos de maior precipitação no Sudeste e com mais paralisações do sistema de bombeamento de captação de água bruta

tanto flutuante como fixo, gera-se um “efeito em cadeia”, pois quanto maior for o volume de chuva, mais rápido é o escoamento superficial urbano, maior é a turbidez no ponto de captação de água bruta, maior é o tempo de paralisação parcial ou total do sistema de bombeamento de captação de água bruta e do sistema de tratamento de água para fins potáveis, no município de Aparecida/SP.

Proporcionalmente a isso, o sistema de reservação do referido município reduz bruscamente. Por isso, ao reiniciar o sistema de tratamento de água para fim potável em Aparecida/SP, (Figura 4) a referida ETA opera acima do limite operacional projetado, para recuperar o sistema de reservação reduzido. Por consequência, o “efeito em cadeia” também desequilibra os padrões de potabilidade, preconizados pela Portaria nº 888/2021/GM/MS, (Brasil, 2021) tanto do sistema de tratamento de água como do sistema de reservação para fim potável em Aparecida/SP.

Figura 4 - Sistema de tratamento de água potável de Aparecida/SP.



Fonte: SAAE (2024).

No sistema de tratamento de água, os padrões de potabilidade que mais se desequilibram são os organolépticos, isto é, aumento de cor e turbidez, simultaneamente a não observância do tempo de contato mínimo, trinta minutos, para efetivar a cloração dificulta a precipitação de ferro e manganês e a eliminação microbiana de modo eficiente na água decantada, consequentemente uma parte

desses impactos acabam chegando ao reservatório R1, por consequência transferidos aos demais, em particular, o Reservatório Elevado.

Inclusive, os padrões de potabilidade da água armazenada no Reservatório Elevado, que é usada para retrolavar os 03 filtros da ETA aparecidense. Com certeza isso também causa impacto nos padrões qualitativos da água residuária produzida no procedimento de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP. Somado aos fatores de vida útil, saturação e perda das camadas filtrantes (SAAE, 2019, 2024). Uma vez que os municípios de pequeno e médio porte têm dificuldade para efetuar a manutenção preventiva e corretiva nos filtros de ETAs.

Por exemplo, quando a captação de água bruta para fins de abastecimento potável é de péssima qualidade, a vida útil das camadas filtrantes pode ser reduzida por saturação ou incrustação, acúmulo de resíduos orgânicos e inorgânicos nas crepinas e pedras. E/ou formação de macro flocos compostos por esses resíduos, areia e carvão dos filtros de ETAs (Figura 5). Nesse caso o procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs perde eficiência e é preciso fazer a troca das camadas filtrantes para assegurar a eficiência do processo de filtragem da água para fins potáveis.

Figura 5 - Camada filtrante.



Nota: Após a secagem da camada filtrante visualiza-se ao meio camada filtrante superior em carvão e na lateral à direita a formação de macro flocos em cor amarelada composta por resíduos orgânicos, inorgânicos, areia e carvão das próprias camadas filtrantes da ETA do SAAE Aparecida/SP.

Localização geográfica 22° 50' 43" S 45° 14' 06" W.

Fonte: Próprio Autor.

Assim como, a quantidade de vezes que o procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs é executado, em um determinado período, as camadas filtrantes vai se perdendo, principalmente areia e carvão dos filtros de ETAs e é necessário fazer a reposição dessas camadas, para também garantir a eficiência do processo de filtragem da água para fins potáveis. No entanto, os municípios de pequeno e médio porte não fazem essas manutenções preventiva e corretiva nos filtros de ETAs, porque esse tipo de matéria prima com especificação adequada.

Na maioria, é encontrada em polo industrial regional, distante desses municípios, isso gera custo logístico e às vezes a quantidade dessa matéria prima a ser comprada é tão pouca, uma vez que são para uso em pequenos filtros, que inviabiliza economicamente essas manutenções preventiva e corretiva nos filtros de ETAs, principalmente em ETAs menores. Consequentemente, essas manutenções vão sendo postergadas. E, isso traz reflexo para os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs.

É o caso das camadas filtrantes dos 03 filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP, que visivelmente observam-se a formação de macro flocos com resíduos orgânicos

e inorgânicos, areia e carvão, principalmente nas laterais dos filtros da ETA, onde o fluxo reverso de água potável para higienizá-los é mais lento. Como também a perda das camadas filtrantes, principalmente areia e carvão dos filtros da referida ETA. Com isso, tanto a eficiência quantitativa como a qualitativa do processo de filtragem da água para fins potáveis é reduzida.

E mesmo assim as manutenções preventiva e corretiva nos filtros da ETA em Aparecida/SP continuam sendo adiadas pelas condições de logística expostas acima. Enquanto isso, usa-se um volume significativo de água potável para retrolavá-los, a fim de minimizar os possíveis impactos que podem ser transferidos ao sistema de distribuição de água potável. No entanto, o fluxo reverso de água potável para higienizar os filtros em ETAs, (Zielina; Dabrowski, 2021) também traz impacto para a produção de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs.

Por exemplo, o fluxo reverso de água potável para higienizar os 03 filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP é executado por gravidade, isto é, a energia aplicada para transferir a água potável até as camadas filtrantes depende do número de voltas completas executadas no volante de retrolavagem, em cor verde, para iniciar o procedimento de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP. Ainda mais, a adutora de transferência de água potável até as camadas filtrantes é férrea e está em operação há mais de cinquenta anos.

Isso pode aumentar a concentração de ferro dissolvido na produção de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP. À medida que é efetuado o quantitativo único até o triplo de retrolavagem por filtro a cada 24 horas, na ETA do SAAE Aparecida/SP, sendo assim quanto mais retrolavar os filtros nessa ETA, mais ferro pode ser desprendido da adutora férrea, durante o refluxo de água potável e arrastado até as camadas filtrantes. Portanto, o fluxo reverso de água potável para higienizá-los.

Mais, o quantitativo único até o triplo de retrolavagem por filtro a cada 24 horas são fatores condicionantes de impacto na produção de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP. Uma vez que essas retrolavagens são efetuadas devido aos impactos diretos, indiretos, sazonais e “habituais” desde a captação da água bruta, especificamente do ponto PARB 02600, para fins de abastecimento até a após filtragem de água potável, se considerar a qualidade ou não do refluxo de água potável usada para essas retrolavagens.

Por isso, a produção de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP, também está condicionada ao monitoramento do parâmetro de turbidez de saída dos filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP, pois esse parâmetro é um indicador para execução ou não do procedimento de retrolavagem de filtros na ETA em Aparecida/SP, ou seja, quando a análise de saída de filtros for maior que 0,5 NTU, (SAAE, 2019, 2024) o procedimento de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP deve ser efetuado.

Pois, o processo de filtração de água potável está perdendo sua eficiência, porém, a falta de condições ergométricas e demais riscos à saúde do trabalhador, particularmente dos operadores da ETA em Aparecida/SP, dificulta a coleta de amostra de saída de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP. Por isso, no momento, esse monitoramento não vem sendo efetuado habitualmente. Portanto, um parâmetro indicador útil usado para o procedimento de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP, ineficiente atualmente.

Também, a produção de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP está condicionada às dosagens de produtos químicos no sistema de tratamento convencional de água para fim potável. Esses produtos são o policloreto de alumínio - PAC, (SAAE, 2020) agente coagulante dosado diretamente e de modo contínuo na garganta da calha Parshall da referida ETA. O cloro gás, (SAAE, 2021) oxidante pressurizado com água potável e dosado diretamente e continuamente, na caixa de entrada de água bruta.

Mais, o Hidróxido de cálcio em suspensão concentração de 28 a 32%, (SAAE, 2019) mais conhecido como cal, gel cal e cálcio dosado diretamente e de maneira contínua na caixa de entrada de água bruta e às vezes na decantação para ajustar o pH da água em tratamento para fins potáveis. Por último, o ácido fluossilícico, (SAAE, 2021) mais conhecido como flúor, dosado indiretamente e continuamente na caixa de entrada de água bruta através da pressurização da dosagem de cloro gás com água potável, já fluoretada.

Vale ressaltar que todos esses produtos químicos são de uso comum em sistemas de tratamento de água para fins potáveis, tanto convencionais como avançados, (Gottfried *et al.*, 2008) principalmente, porque são matérias prima de baixo custo. Porém, quando suas dosagens são inadequadamente, por diversos fatores gera-se inúmeros impactos nos sistemas de tratamento de água para fins

potáveis, como ineficiência, produção de resíduos e até formação de subprodutos a depender do contexto de cada ETA.

Como exemplo, a ETA do SAAE Aparecida/SP que efetua sucção de água bruta do ponto PARB 02600, com excesso de matéria orgânica ora superficial ora sedimentada na calha do Rio Paraíba do Sul, pode sofrer com ineficiência de eliminação microbiana, principalmente patogênica presente em água devido à má desinfecção por cloro. Assim como, a formação de subprodutos associados a super desinfecção por cloro e o excesso de matéria orgânica dissolvida presente em água, especificamente a do ponto mencionado acima.

Consequentemente, isso também impactará a produção de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP. Além disso, a ETA em destaque tem outras dificuldades no procedimento de dosagens químicas no tratamento de água para fins potáveis, por exemplo, a dosagem de PAC é ineficiente quando a turbidez da água bruta captada do ponto PARB 02600 ultrapassar 500 NTU. A dosagem de cálcio é interrompida habitualmente por linha improvisada e incrustada.

A dosagem de cloro, não é somente, oscilante por causa do excesso de matéria orgânica dissolvida presente na água bruta captada no ponto PARB 02600, como citado anteriormente. Mas também pela improvisação do sistema de cloro gás, despressurização ou super despressurização associada a interligação com o sistema de distribuição de água potável, bombeado, etc. que interferem nas dosagens de produtos químicos no sistema de tratamento convencional de água para fim potável do município de Aparecida/SP.

Sucessivamente, interferem nos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da produção de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP. E, sem dúvida que, existem diversas outras interferências externas e internas que são condicionantes para a produção de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP, mas o objetivo nesse momento é apenas pontua as potenciais, a fim de compreender um pouco de suas características.

Por último, reverberar que a água residuária originária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs possui definição e caracterização física, química e microbiológica específica, ou seja, é subproduto de filtragem de ETAs e uma parcela das diversas fontes de água residuária produzidas em um município. Com

caracterização associada ao cenário externo e interno em que cada ETA está inserida. Por isso, não deve ser confundida com a água residuária produzida em ETEs, tampouco diagnosticada como idêntica.

2.2 DIFERENCIAÇÃO

2.2.1 Água de reúso, recuperada, reutilizada e reciclada

Não confundir, “água de reúso” ou “reúso de água”, “água recuperada” ou “recuperação de água”, “água reutilizada” ou “reutilização de água” são conceitos semelhantes para o uso de água residual somente tratada, com padrão de qualidade específico à finalidade pretendida, visando benefícios ecológicos, econômicos e sociais. Ao contrário de “água reciclada” ou “reciclagem de água”, a utilização de água residuária por duas ou mais vezes, podendo ser tratada ou não, com objetivo socioeconômico e socioambiental.

Também, esses conceitos, não podem ser confundidos com “água bruta”, água fornecida a uma Estação de Tratamento de Água - ETA que é submetida a um processo de tratamento específico, para remover substâncias físicas, químicas e microbiológicas existentes nela. E tampouco com “água não potável”, aquelas que não possuem os padrões de qualidade potável, em acordo com o arcabouço legal de uma determinada jurisdição local, regional ou nacional (International Organization for Standardization - ISO, 2018).

Muito menos, com “água potável”, água tratada que possui os padrões de potabilidade, em concordância a um arcabouço legal de uma determinada jurisdição local, regional ou nacional. Considerada segura para o consumo direto ou indireto higiene pessoal, lazer, lavagem de louças, roupas, alimentação e dessedentação humana (Metropolitan Council, 2023). Saber a diferenciação desses conceitos, resultará na definição exata da água residuária produzida na retrolavagem de filtros da ETA, do SAAE Aparecida/SP.

Sendo assim, o “reúso de água” ou “recuperação de água” ou “reutilização de água” para fins não potáveis, é uso de água residual somente tratada, com padrão de qualidade específico, mas não atende aos de potabilidade, com objetivo de promover agricultura sustentável, economia circular, otimização e racionalização do uso de água. Diferente do fim potável, que atende os padrões de potabilidade e tem

como finalidade o abastecimento público de água potável (ISO, 2018). Portanto, é uma fonte de água segura, a mais, para o consumo humano.

Porém, a “reciclagem de água”, pode ser o uso planejado de água residuária tratada, mais de uma vez, tanto para fins não potáveis, como potáveis. Como também, não tratado e sem planejamento, quando água residual é utilizada involuntariamente, por exemplo, a mistura das diversas fontes de água residuária a montante de uma fonte de “água bruta” (Jones *et al.*, 2021). Esse autor expõe ainda que a “reciclagem de água” sem tratamento e sem planejamento, também pode ser denominada como “reciclagem de fato”.

Ainda, o United Nations Environment Programme - UNEP, explica que a “reciclagem de água” é a utilização de água residual não tratada, parcialmente tratada ou tratada para fins potáveis e não potáveis, que incluem irrigação, nutrientes, energia e valor térmico. Portanto, para garantir o uso seguro de água reciclada, a água residual deve ser submetida ao nível adequado de tratamento, com objetivo de atingir um padrão de qualidade compatível com a finalidade pretendida (UNEP, 2023).

Esse uso, pode ocorrer através da “reciclagem potável direta de água”, a injeção direta de água reciclada, tratada, potável, à montante ou à jusante, de uma ETA, ou em um sistema de distribuição de abastecimento público de água potável, às vezes, como uso de um tampão ambiental ou não. E por meio da “reciclagem potável indireta de água”, a injeção indireta de água reciclada, tratada, potável, com o objetivo de recuperar volume dos recursos hídricos superficiais ou subterrâneos, em geral, coloca-se um tampão ambiental, anterior à ETA (ISO, 2018).

Com relação à finalidade pretendida, a “reciclagem de água” serve para segurança hídrica, alimentar, energética, ecossistêmica, climática, as cidades sustentáveis, economia circular, saneamento, saúde pública, entre outros, a depender das necessidades por água, se exige padrão de potabilidade ou outro padrão específico, não potável, conforme o arcabouço legal da jurisdição local e do objetivo, por exemplo, a execução de “reciclagem de água municipal” combater e controlar a poluição, no município (Bruni, 1993; UNEP, 2023).

A realização de “reciclagem de água na agricultura”, irrigação de culturas de milho, soja, feijão, cana de açúcar..., a “reciclagem de água florestal”, irrigação de floresta plantadas, jardins, horto florestal, ..., (Brasil, 2005), a “reciclagem de água industrial”, refrigeração de caldeiras em indústrias, (ISO, 2018), a “reciclagem de

água residencial” uso em descargas sanitárias, limpeza de calçadas, garagem e outros (WWAP, 2017; Your Home, 2023). Observa-se que existem inúmeros fins para a utilização de água reciclada.

Esses podem ser efetuados, de modo, centralizados, concentrados, com procedimentos uniformes e dependentes. Isso acontece quando o Estado ou setor faz a gestão exclusiva de água reciclada, por meio de decisões gerais, sem atentar para as desigualdades e potencialidades municipais ou regionais. Ou, descentralizado, com autonomia diretiva, conhecimento, técnica, método e experiência diversificada, de acordo com as necessidades concretas, atingíveis e pretendidas em um determinado projeto.

Podendo ser executados em ambientes intra organizacionais, com as condições estruturais, tecnológicas, físicas, econômicas, técnicas e humanas de cada empresa. E, também, extra organizacional, por exemplo, quando uma empresa usuária compra água reciclada de uma empresa produtora, bem como, biogás, biossólido, fósforo, nitrogênio, ureia e outros produtos e subprodutos aproveitados em um projeto de tratamento de água residuária local ou regional (WWAP, 2017, 2020; UNEP, 2023).

2.3 TIPOS DE RECICLAGEM DE ÁGUA RESIDUÁRIA MUNICIPAL

A diversidade de tipos de reciclagem de água residuária municipal deriva das múltiplas fontes de água residuária gerada nos municípios e a finalidade pretendida, bem como, padrões de qualidade específicos e até potáveis, formas de reintrodução, responsabilidade executiva e os tipos de ambientes, por exemplo, a reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de Estação de Tratamento de Água, tem como fonte a água residuária de retrolavagem de filtros de Estação de Tratamento de Água. E finalidade pretendida a reciclagem não potável.

Se considerar a Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020, essa reciclagem está condicionada aos padrões de qualidade específicos e pode ser reintroduzida de forma planejada nas cidades, sob a responsabilidade executiva dos prestadores de serviços de água, higiene e saneamento. Para poupar água potável usada em múltiplos usos não potáveis, como, irrigação paisagística, lavagem de veículos, ruas e calçadas, construção civil, desobstrução de redes pluvial ou de esgotos e combate incêndio em ambientes urbanos.

Pelo exposto, salienta-se que antes de implementar quaisquer tipos de reciclagem de água residuária municipal é essencial considerar o contexto de cada município ou setor, bem como a compreensão clara sobre o que é reciclagem não potável ou potável de água? O que é reciclagem potável indireta ou direta de água? O que é reciclagem não potável planejada ou não planejada de água? O que é reciclagem não potável interna ou externa de água? O que é reciclagem não potável centralizada ou descentralizada de água?

O que é reciclagem não potável urbana ou não urbana de água? O que é reciclagem não potável de água para finalidade específica? O que é reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de Estação de Tratamento de Água? Para que essa implementação ocorra adequadamente, com segurança, com risco aceitável e adaptado às complexidades locais ou regionais. E sem provocar desequilíbrio nos ecossistemas naturais e danos à saúde pública. Afinal, o que é reciclagem de água ...?

2.3.1 Reciclagem não potável versus reciclagem potável de água

A reciclagem não potável de água é o uso de água reciclada com padrões de qualidade diferentes dos exigidos para água de consumo humano (São Paulo, 2020; Brasil, 2005, 2010, 2021). Enquanto, a reciclagem potável de água é o uso de água reciclada em sistemas de tratamento e de abastecimento de água potável, o que requer parâmetros de qualidade excelentes, conforme o arcabouço legal de uma determinada jurisdição local, regional ou nacional (ISO, 2018; Metropolitan Council, 2023).

2.3.2 Reciclagem potável indireta versus reciclagem potável direta de água

A reciclagem potável indireta de água é definida com a reintrodução de água reciclada indiretamente nos recursos hídricos da bacia hidrográfica, a fim de aumentar o volume hídrico à montante de ponto de adução de água doce para o abastecimento de água potável, utilizando reserva ambiental (ISO, 2018; CETESB, 2022). Já na reciclagem direta potável de água, essa reintrodução é diretamente no sistema de distribuição de água potável, sem o uso de reserva ambiental e com padrões de qualidade excelentes (ISO, 2018; Khan *et al.*, 2018).

2.3.3 Reciclagem não potável planejada versus não planejada de água

A reciclagem não potável planejada de água consiste no uso de água reciclada não potável mais de uma vez e que recebe tratamento posterior adequado para ser utilizado no mesmo processo ou outro pertinente. Portanto, é um ato antecipado estrategicamente e desenvolvido para atingir objetivos e/ou resultados diversos como eficiência energética, benefício econômico, compensação ambiental e outros (Lustosa *et al.*, 2017; APA, 2019; Filho, 2017, 2021; Jones *et al.*, 2021; UNEP, 2023).

A reciclagem não potável sem planejamento de água é uma ação aleatória, indefinida, sem direcionamento, mas que pode ser evitada, a fim de reduzir os impactos colaterais a outrem, como o despejo de água residuária a montante da captação de água para abastecimento, (Bruni, 1993; CONESAN, 2010, 2011; Jones *et al.*, 2021) que impacta a saúde de mais de 2 bilhões de pessoas no mundo (WWAP, 2023) e a garantia dos direitos de acesso à água e saneamento (Moreira, 2014; Albuquerque, 2014; Bos *et al.*, 2017; Aguiar *et al.*, 2021).

2.3.4 Reciclagem não potável interna versus externa de água

A reciclagem não potável interna de água é realizada intra organizacional com as condições estruturais, tecnológicas, físicas, econômicas, técnicas, humanas de cada organização, a fim de obter economia hídrica, redução de perdas, controle de poluição etc. Já a externa é efetuada extra organizacional, por exemplo, o setor do agronegócio reutilizando água de um produtor urbano de água reciclada, para irrigação e limpeza de máquinas agrícolas (SABESP, 2020; Qadir *et al.*, 2020; Aquapolo, 2022; Radcliffe, 2022; Campinas, 2023).

2.3.5 Reciclagem não potável centralizada versus descentralizada de água

A reciclagem não potável centralizada de água é executada de forma concentrada, com procedimentos uniformes e dependente, é exclusiva do Estado ou setor, com decisões gerais, sem atentar para as desigualdades e potencialidades locais. Enquanto, a reciclagem não potável descentralizada de água concede autonomia diretiva, otimização, racionalização e eficiência no uso de água, por meio

de conhecimento, técnica, método e experiência diversificada para cada projeto (World Bank, 2016; ANA, 2017; WWAP, 2017, 2020; APA, 2019).

2.3.6 Reciclagem não potável urbana versus não urbana de água

A reciclagem não potável de água é o uso de água reciclada com padrões de qualidade diferentes dos exigidos para água de consumo humano. Com objetivo de ser utilizada em ambientes urbanos (São Paulo, 2020; Brasil, 2005, 2010, 2021). O foco é o uso otimizado, racional e eficiente da água em bacias urbanas. A transição para a economia circular e a sustentabilidade nas cidades, especialmente as megalópoles que já sofrem com a escassez quantitativa e qualitativa de água doce (WWAP, 2017; SABESP, 2020; WWAP, 2023; UNEP, 2023).

Ao contrário, a reciclagem não potável de água, fora do ambiente urbano, com padrões de qualidade diferentes dos exigidos para água de consumo humano, pode ser utilizada em diferentes ambientes. Nesse caso, a finalidade é voltada para a produção segura e sustentável de alimentos e a transição para a economia circular no campo, principalmente nas regiões que possuem aridez e intermitência hídrica (Brasil, 2005, 2010; WWAP, 2017; FAO; UNEP, 2019; Moura *et al.*, 2020; Republic of South Africa, 2022; Jordan, 2016, 2023).

2.3.7 Reciclagem não potável de água para finalidade específica

É o uso de água reciclada não potável conforme ao fim pretendido, que é diverso, como produção de alimentos, (Radcliffe, 2022; Zarezadeh *et al.*, 2023; Zhang; Oki, 2023; FAO, 2023) dessedentação animal, (Brasil, 2005, 2010) processo industrial, (Aquapolo, 2022) irrigação de gramados esportivos, (Republic of South Africa, 2022; State of California, 2024) descargas sanitárias, (Hamilton *et al.*, 2018; Your Home, 2023) recarga subterrânea e superficial (CONAMA, 2011; Gilioti; Leite, 2021).

2.3.8 Reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de Estação de Tratamento de Água

Considerando a legislação jurisdicional do Estado de São Paulo. Esse tipo de reciclagem pode ser definido como o uso não potável de água reciclada em cor de púrpura para a finalidade não potável em ambientes urbanos (São Paulo, 2020). Que vem sendo utilizado no cenário internacional da seguinte forma: através da injeção parcial na caixa de entrada de água bruta das ETAs, após o processo de sedimentação para remover os sólidos em suspensão e a matéria orgânica dissolvida (EPA, 2002; Filho, 2017, 2021; Qian *et al.*, 2021).

Ou, destinada aos recursos hídricos superficiais receptores, após tratamento, que na maioria é ineficiência devido à falta de infraestrutura institucional, técnica legal, financiamento, cooperação, parceria pública e privada (WWAP, 2017, 2020, 2023; OECD, 2023; GTSC A2030, 2023). Lacunas na gestão e governança dos recursos hídricos e saneamento (WWAP, 2017; APA, 2019; UNEP, 2023; ANA, 2024). E a imparcialidade da água residual nos debates sobre água e desenvolvimento sustentável planetário (WWAP, 2017).

É um tipo de reciclagem subexplorado, pois ainda existem limitações de conhecimento científico sobre suas características microbiológicas, físicas e químicas, suas implicações na saúde pública e ambiental, ao reciclá-la e/ou liberá-la ao meio ambiente (Qian *et al.*, 2023). Uma vez que, esse tipo de conhecimento é complexo, pois está condicionado aos fatores qualitativos e o tipo de recurso hídrico superficial ou subterrânea de captação de água bruta. E a tecnologia aplicada ao tratamento de água para fim potável.

Além da quantidade e os parâmetros utilizados para o procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs. As interferências microbiana, agente coagulante, compostos orgânicos, ferrosos e alumínio presente em água (EPA, 2002; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023). Acontece que esse tipo de conhecimento é indispensável para o planejamento, realização, avaliação e solução para uso de água reciclada proveniente de processo de retrolavagem de filtros de ETAs, em todo mundo (Qian *et al.*, 2023).

Já que, sua reciclagem gera uma economia hídrica nas ETAs em torno de 2% a 6% (Xie *et al.*, 2024). Contribui com a gestão ambiental da água, pois, reduz a exploração, exploração e a poluição dos recursos hídricos globais. Mas deve ser

executada de forma adequada, pois a reciclagem de água residuária de retrolavagem de filtros, na própria ETA provoca alterações abruptas no potencial hidrogeniônico - pH. Nas reações químicas de coagulante e oxidante. Aumenta o volume de sedimentos no tratamento de água potável.

Sincronicamente, aumenta os sólidos dissolvidos, suspensos e totais. Os orgânicos e inorgânicos. Os compostos metálicos. Os microrganismos, principalmente os patógenos. A formação de subprodutos de desinfecção por cloro. E outros impactos organolépticos e químicos da água em tratamento (Gottfried *et al.*, 2008; Qian *et al.*, 2021; Brasil, 2021; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023). Do mesmo modo que, o uso de água reciclada proveniente de retrolavagem de filtros de ETAs para outros fins não potáveis urbanos.

Por exemplo, irrigação paisagística, combate a incêndio, higienização de logradouros públicos, controle de poeira, resfriamento em processos industriais, descarga sanitária residencial ou pública, etc., pode provocar danos à saúde humana e ao meio ambiente, devido ao contato direto e indireto com essa água, especialmente em estado de aerossóis, na maioria, contaminados com microrganismos patogênicos e oportunistas (Bruni, 1993; Hamilton *et al.*, 2018; APA, 2019; São Paulo, 2020; Your Home, 2023).

Portanto, a gestão ambiental de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs depende da metodologia aplicada ao tratamento preliminar e primário de cada ETA, a composição e a sazonalidade dessa água (Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023). No contexto do SAAE Aparecida/SP, o tratamento preliminar é convencional, com captação de água superficial do ponto do PARB 02600, gradeamento, a fim de coibir a entrada de restos de folhas, galhos, roupas e outros objetos lançados, a montante na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

Consequentemente, a água bruta é bombeada para a caixa de entrada da ETA do SAAE Aparecida/SP, onde ocorre a desarenação, (CONESAN, 2010, 2011; ANA, 2021; Jones *et al.*, 2021; CETESB, 2022, 2023; CBH; PS, 2023; SAAE, 2024) dosagem sequencial direta de cloro gás, oxidante, hidróxido de cálcio, para correção de pH, e do PAC, coagulante (SAAE, 2019, 2020, 2021). Sincronicamente, é executada a dosagem indireta de ácido fluossilícico (SAAE, 2021) devido ao uso de água potável fluoretada para efetivar a dosagem do oxidante à gás.

Já, o tratamento primário, também é convencional, composto pelos processos de coagulação, floculação, decantação e filtração. Por consequência, a composição

da água residuária de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP depende do exposto acima. Mais, a sazonalidade que está intrínseca aos aspectos climáticos de pluviosidade e temperatura elevada, tratamento primário acelerado, quantidade e fluxo de retrolavagem, fluxo de turistas, dia de feriado e fim de semana (Zielina; Dabrowski, 2021; SAAE, 2019, 2024; Aparecida, 2024).

Vale ressaltar que esses desafios não impedem a efetivação e a qualidade da prática de reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros da ETAs. Quando o foco é definir o uso dessa água, em ambiente adequado, por recursos humanos capacitados, com padrões de qualidade, quantidade e finalidade específica (WWAP, 2017; World Bank; ILO; Wateraid; WHO, 2019; APA, 2019; Hespanhol, 2019; Shoushtarian; Negahban-Azar, 2020; UNESCO; I; WSSM, 2020; Aguiar *et al.*, 2021; UNEP, 2023).

Sendo assim, a prática de reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs pode ser implementada no contexto de várias ETAs brasileiras, como a ETA em Aparecida/SP. Para isso, o SAAE Aparecida/SP precisa focar primeiro na possibilidade de “uso indireto potável” dessa água, de forma planejada, interna, centralizada, urbana e com a finalidade ambiental, isto é, melhorar os padrões de qualidade do Ribeirão da Chácara, à montante do único ponto de captação de água de bruta para fins de abastecimento potável em Aparecida/SP.

Segundo, na possibilidade de injetá-la na caixa de entrada de água bruta da ETA em destaque, com objetivo de usar ao máximo o volume de água bruta outorgado da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, (Filho, 2017, 2021; Qian *et al.*, 2021; CETESB, 2022, 2023) consequentemente, economizar recursos hídricos, não só, para assegurar os múltiplos usos da água local, especificamente o abastecimento para fins potáveis. Mas também, regional, em particular das cidades à jusante que também dependem do Rio Paraíba do Sul para garantir esse fim.

Por último, no uso não potável, planejado, externo, descentralizado e urbano de Aparecida/SP. A fim de garantir os usos múltiplos de irrigação paisagística, desobstrução de rede pública de esgotamento sanitário, apoio o Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo em combate ao incêndio, limpeza de praças, ruas e calçadas, após feiras livres ou cavalgadas, que são atendidos pelo seu caminhão tanque de “ÁGUA NÃO POTÁVEL”, da DSM e de prestadora de serviços terceirizados (São Paulo, 2020; SAAE, 2019, 2024).

2.4 TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA MUNICIPAL

Na maioria o tratamento para as múltiplas fontes de água residuária municipal é preliminar, primário, secundário e terciário. O tratamento preliminar acontece por meio de gradeamento, caixas de areia e tanques de equalização. Nessa fase, são retirados os materiais grossos, flutuantes e pesados, a fim de reduzir os sólidos suspensos - SS, a demanda bioquímica de oxigênio - DBO, e os possíveis problemas operacionais ou de manutenção em equipamentos, tubulações e bombas usadas no sistema de tratamento de inúmeras fontes de água residuária municipal.

Enquanto no tratamento primário ocorre os processos químicos e mecânicos, para remover a matéria orgânica decantada e flutuante, como a espuma, os óleos graxos, etc., a fim de diminuir, ainda mais, os SS e a DBO. Depois no tratamento secundário a matéria orgânica decantada e flutuante continua sendo removida pela ação microbiana aeróbia ou anaeróbia. É a partir dessa etapa, que inicia o aproveitamento dos produtos e subprodutos do lodo, através de tratamento complementar adequado (Lustosa *et al.*, 2017; WWAP, 2017).

Esse lodo é a biomassa residual, orgânica, decantada e rica em nutrientes como o fósforo, nitrogênio e outros compostos proveniente de tratamento de água residuária, que resulta no biossólido, após ser adequadamente tratado e processado. Podendo ser usado como fertilizante agrícola, indispensável para manter o solo produtivo, estimular o crescimento de plantas, fomentar a produção segura e sustentável de alimentos e a transição para a economia circular no campo (WWAP, 2017; CETESB, 2018; FAO; UNEP, 2019).

Por último, no tratamento terciário continua a eliminação da matéria orgânica que passou no tratamento secundário, o aproveitamento dos produtos e subprodutos e a eliminação total dos microrganismos patogênicos e de substâncias químicas utilizadas nas múltiplas atividades humanas. Nesse contexto, surge o desafio do tratamento da água residual, a eliminação de quaisquer substâncias químicas sintéticas ou naturais e os microrganismos não monitorados ou não regulados no meio ambiente.

Às vezes, conhecidos, parcialmente conhecidos ou suspeitos de provocar efeitos adversos ao meio ambiente e à saúde pública, denominados emergentes ou não regulados (WWAP, 2017; UNESCO, 2015). Por essa razão, que a gestão de água residuária deve ser feita com gestão risco aceitável, uso de múltiplas barreiras,

tratamento adequado, seguro e adaptado à realidade local, para alcançar uma qualidade compatível com o fim pretendido, não provocar desequilíbrio ambiental e nem pôr em risco a saúde humana (APA.2019; Whately *et al.*, 2023).

2.4.1 Para a água residuária de retrolavagem de filtros de Estação de Tratamento de Água

The Filter Backwash Recycling Rule Technical Guidance Manual expõe que a água residuária proveniente de retrolavagem de filtros de ETAs é uma parcela das múltiplas fontes de água residuária municipal e exige-se no mínimo, tratamento primário, composto pelos processos físicos, químicos e microbiológicos durante as etapas de coagulação, floculação, sedimentação e filtração, antes de retornar aos recursos hídricos, a fim de reduzir os impactos sociais, econômicos e ambientais. Garantir o processo de autodepuração hídrica e o enquadramento dos recursos hídricos receptores em classes.

No caso de reintroduzi-la em sistema de tratamento de água potável e substituir o uso de água potável em fins não potáveis urbanos. A literatura em geral expõe que ainda falta clareza sobre os tipos de tratamento para esses fins. No entanto, existem casos onde o tratamento pode ser adaptado às particularidades locais e até dispensado, uma vez que a definição de tratamento depende do contexto em que cada ETA está inserida. Assim como, a definição de padrões de qualidade específicos e a proporção hídrica para injetá-la em sistemas de tratamento de água potável.

Por exemplo, o Manual supracitado salienta casos como o Estado da Califórnia que recicla esse tipo de água em caixa de entrada de água bruta de ETAs como apenas 80% de remoção de sólidos e turbidez de 2 NTU. Já a Maryland recomenda no mínimo 2 horas de sedimentação com uso de polímero. E Ohio exige tratamento adequado antes de utilizá-la em sistemas de tratamento potável de água. Sendo assim, o tipo de tratamento, os padrões de qualidade e o volume reciclado em ETAs varia de um Estado para o outro (EPA, 2002).

Por isso, observa-se que há casos em que a água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs é recirculada em tratamento de água potável na proporção hídrica de 5/95 até 40/60, pois, isso depende do “fator impacto” provocado em cada tipo de sistema de tratamento de água para fins potáveis, ou seja, as medidas estruturais e

não estruturais de prestação de serviço de acesso à água potável (EPA, 2002, Lustosa et al., 2017; Filho, 2017, 2021; Frota et al., 2021; Qian et al., 2021; Magalhães et al., 2021; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023).

Portanto, isso está condicionado aos aspectos legais de cada jurisdição, (ISO, 2018) exploração superficial, exploração subterrânea, tecnologia de tratamento preliminar e primário executada no sistema de tratamento de água potável, a composição qualitativa, as características sazonais, entre outros fatores que influenciam a produção de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs e sua reciclagem (Gottfried et al., 2008; Jones et al., 2021; Qian et al., 2021, 2023; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023; Xie et al., 2024).

No contexto do SAAE Aparecida/SP, o tratamento para esse fim específico precisa ser adequado, seguro, com risco aceitável e adaptado à realidade local, porque os critérios e procedimentos para a reciclagem potável indireta de água residuária, com zona de amortecimento anterior a captação de água bruta para fins de abastecimento público requer no mínimo, o tratamento terciário composto por processo de remoção de matéria orgânica, desinfecção, filtragem e destinação final ambientalmente correta aos recursos hídricos receptores.

Contudo, esses critérios e procedimentos são voltados para a água residuária originária de ETEs, com outras características físicas, químicas e microbiológicas. O ponto de mistura ocorre apenas na zona de amortecimento de um recurso hídrico receptor (CETESB, 2022). No contexto do SAAE Aparecida/SP, a água residuária é produzida durante as retrolavagens de filtros da ETA, com as características qualitativas descritas nas Tabelas 1, 2, 3, 4, 10 e 11, posteriormente. E a zona de amortecimento pode ser um recurso hídrico receptor, isto é, o Ribeirão da Chácara.

Como também pode ser um ambiente artificial controlado, por isso, sugere-se como zona de amortecimento o primeiro compartimento da ETA desativada, denominada “Bolo de Noiva”, com capacidade aproximada para equalizar 200 mil litros de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA, em plena homogeneização. Depois transferi-la para o segundo compartimento, também com 200 mil litros, através de bombeamento estático e flutuante. Por fim, implantar um tratamento adaptado à realidade do SAAE Aparecida/SP.

Para reciclá-la considerando 03 possibilidades: Primeiro, (Figura 6) melhorar os aspectos qualitativo e quantitativo da foz do Ribeirão da Chácara, recurso hídrico receptor à montante da captação de água bruta para fins de abastecimento de água

potável. Segundo, (Figura 7) reintroduzi-la na ETA para evitar a captação de novos volumes de água bruta no ponto PARB 02600 e recircular o volume de água potável desperdiçado na retrolavagem de filtros da referida ETA. Por último, (Figura 8) substituir o uso de água potável gasto em fim não potável urbano em Aparecida/SP.

Figura 6 - Foz do Ribeirão da Chácara.



Nota: Sugere-se o sequencial:

Marcador A - Produção de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP. Localização geográfica 22° 50' 43" S 45° 14' 06" W.

Marcador B - Equalização na ETA desativada, denominada "Bolo de Noiva". Localização geográfica 22° 50' 44" S 45° 14' 07" W.

Marcador C - Recuperação Ambiental do Ribeirão da Chácara.

Localização geográfica 22° 50' 43" S 45° 14' 11" W.

Fonte: Google Earth (2024).

Figura 7 - Caixa de entrada de água bruta da ETA do SAAE Aparecida/SP.



Nota: Sugere-se o sequencial: Marcador A - Produção de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP.

Localização geográfica 22° 50' 43" S 45° 14' 06" W.

Marcador B - Equalização na ETA desativada, denominada "Bolo de Noiva". Localização geográfica 22° 50' 44" S 45° 14' 07" W.

Marcador D - Reintrodução na caixa de entrada de água bruta da ETA do SAAE Aparecida/SP.

Localização geográfica 22° 50' 43" S 45° 14' 07" W.

Fonte: Google Earth (2024).

Figura 8 - Ponto de abastecimento de caminhão tanque de "ÁGUA NÃO POTÁVEL".



Nota: Sugere-se o sequencial:

Marcador A - Produção de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP.

Localização geográfica 22° 50' 43" S 45° 14' 06" W.

Marcador B - Equalização na ETA desativada, denominada "Bolo de Noiva". Localização geográfica 22° 50' 44" S 45° 14' 07" W.

Marcador E - Substituição de água potável assegurada por caminhões tanques de "ÁGUA NÃO POTÁVEL" do SAAE Aparecida/SP.

Localização geográfica 22° 50' 44" S 45° 14' 07" W.

Fonte: Google Earth (2024).

Porém, o dispositivo legal do Estado de São Paulo que regulamenta essa última possibilidade, a Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020, específica que a reciclagem não potável direta de água, para fins urbanos, no mínimo, deve passar por tratamento secundário, desinfecção e filtração (São Paulo, 2020). E também é voltada para a água residuária proveniente de ETEs, com características físicas, químicas e microbiológicas diferentes da água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs.

Entretanto, os fins não potáveis urbanos descritos na Resolução mencionada acima são compatíveis com os usos não potáveis urbanos, já executados pelo SAAE Aparecida/SP, DSM e prestadores de serviços terceirizados, através do caminhão tanque de “ÁGUA NÃO POTÁVEL” (SAAE, 2019, 2024). Diante disso, o tratamento de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP, com objetivo de ser destinada ao Ribeirão da Chácara, à caixa de entrada da própria ETA do SAAE Aparecida/SP e aos fins não potáveis urbanos.

Deve ser adequado, seguro, com risco aceitável, adaptado à realidade local e eficiente para reduzir, no mínimo, os parâmetros qualitativos desconformes observados nas Tabelas 5, 6, 7, 8, 10 e 11 abaixo, ao risco aceitável para esses fins pretendidos. Sendo assim, devido à complexidade, insegurança jurídica e a probabilidade de danos a serem gerados com a implementação da prática de reciclagem não potável de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs, no município de Aparecida/SP.

Essa é uma tomada de decisão que não pode ser embasada em aspectos legais gerais e/ou únicos, com parâmetros de qualidade restritivos (Hespanhol, 2019) e muito menos com foco em água residuária proveniente de ETEs, pois, isso, inviabiliza a reciclagem não potável de água residuária originária de retrolavagem de filtros de ETAs, não só, no contexto do SAAE Aparecida/SP, bem como, sua difusão em outras ETAs paulistas e brasileiras, devido a assimetria entre economicidade, técnica e vontade política local.

Uma vez que, o tratamento exigido para a reciclagem de água residuária proveniente de ETEs, na maioria, sequer é executado em sistema de tratamento de água municipal com a finalidade potável, devido à inviabilidade econômica, por exemplo as associadas à indisponibilidade de fornecedores de matéria prima próximo as ETAs. O caso de aquisição de camadas filtrantes, em municípios de pequeno e médio porte. Ou à inviabilidade técnica imposta pelas exigências analíticas entre outras carências comuns às diversas ETAs em operação no Brasil.

Tampouco em vontades “líquidas” de alguns atores. Sem educação ambiental, participação da população local, avaliação de impactos culturais, sociais, econômicos, ambientais e humanos, associados a esse tipo de reciclagem. Portanto, a reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs deve considerar as peculiaridades de cada ETA, cada cidade, a finalidade pretendida,

necessidade e oportunidade local, viabilidade social, econômica e ambiental para o uso dessa água nos municípios, em especial, Aparecida/SP.

Por isso, antes de implementar a reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA, em ambiente urbano aparecidense devem observar no mínimo, quatro etapas metodológicas: construir conhecimento e capacidades dos atores envolvidos, através de mídia sociais, oficina de trabalho, palestras, mini cursos, treinamento técnico, debates, sala de informação, audiência pública, educação ambiental, em saúde do trabalhador, pública e demais focadas na reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA.

A fim de capacitar os múltiplos atores envolvidos, como, os servidores municipais, sociedade civil, principalmente a organizada como, as associações de bairros, feirantes, comerciantes, hoteleiros, conselhos municipais, sindicatos, etc. Gestores, comunidade científica, poderes Executivo, Legislativo e Judiciário. As polícias Civil e Militar, em especial, o Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo e a Defesa Civil que possui apoio do SAAE Aparecida/SP nas operações de combate e controle a incêndios urbanos, entre outras vulnerabilidades locais.

Criar um banco de dados com informações sobre a água residuária de retrolavagem de filtros da ETA, para melhor compreender os fatores externos (Figura 9) que a impactam, por exemplo, condições climáticas, estações do ano, uso e ocupação de solo, exploração e/ou exploração de água bruta, manutenção externa, etc. Assim como, os fatores internos (Figura 10) relacionados ao tipo e eficiência de tratamento da ETA, dosagem química, manutenção interna, análise de turbidez de saída de filtros, quantitativo e intensidade do refluxo de retrolavagem de filtros da ETA.

Figura 9 - Fatores externos que impactam a produção de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP



Nota: Marcador A - Produção de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP.

Localização geográfica 22° 50' 43" S 45° 14' 06" W.

Marcador C - Recuperação Ambiental do Ribeirão da Chácara.

Localização geográfica 22° 50' 43" S 45° 14' 11" W.

Marcador F - Sistema de bombeamento flutuante de captação de água bruta para abastecimento do município de Aparecida/SP.

Localização geográfica 22° 50' 41" S 45° 14' 09" W.

Marcador G - Sistema de bombeamento fixo de captação de água bruta para abastecimento do município de Aparecida/SP. Ponto PARB 02600 da rede básica de monitoramento em captação da UGRHI 2.

Localização geográfica 22° 50' 41" S 45° 14' 09" W.

Marcador H - Ponto de sedimentação de areia e ocorrência de remoinho hídrico. Localização geográfica 22° 50' 41" S 45° 14' 09" W.

Marcador I - Meandro do Rio Paraíba do Sul.

Localização geográfica 22° 50' 40" S 45° 14' 11" W.

Marcador J - Lavador da DSM.

Localização geográfica 22° 50' 41" S 45° 14' 07" W.

Fonte: Google Earth (2024).

Figura 10 - Fatores internos que impactam a produção de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP



Nota: Marcador A - Produção de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP.

Localização geográfica 22° 50' 43" S 45° 14' 06" W.

Marcador K - Floculadores da ETA do SAAE Aparecida/SP.

Localização geográfica 22° 50' 43" S 45° 14' 07" W.

Marcador L - Decantadores da ETA do SAAE Aparecida/SP.

Localização geográfica 22° 50' 43" S 45° 14' 06" W.

Marcador M - Filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP.

Localização geográfica 22° 50' 43" S 45° 14' 06" W.

Marcador N - Reservatório Elevado do SAAE Aparecida/SP.

Localização geográfica 22° 50' 44" S 45° 14' 06" W.

Marcador O - Reservatórios Internos do SAAE Aparecida/SP.

Localização geográfica 22° 50' 43" S 45° 14' 08" W.

Fonte: Google Earth (2024).

Ainda, composição, vida útil e perda das camadas filtrantes. As características físicas, químicas e microbiológicas da água residuária de retrolavagem de filtros da ETA. Os volumes da água tratada na ETA, água potável usada na retrolavagem de filtros da ETA, água residuária gerada na retrolavagem de filtros da ETA e água potável usada em fins não potáveis urbanos. Os padrões de potabilidade da ETA e os específicos da água residuária de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP.

Porque a ETA em Aparecida/SP foi planejada para tratar convencionalmente até 140 L/s. Mas opera 24 horas por dia e acima do limite operacional planejado (CONESAN, 2010, 2011; ANA, 2021) para assegurar os múltiplos usos de água do

referido município, conseqüentemente ocorre o “efeito arraste” no tratamento, em que os produtos químicos, gás cloro, hidróxido de cálcio, cloreto de polialumínio e ácido fluossilícico dosado para coagulação, floculação e decantação, são arrastados rapidamente para as lamelas, canaletas e filtros (SAAE, 2019, 2024).

Esse efeito, somado à má qualidade da água bruta e outros fatores externos e internos, que podem ocorrer durante a operacionalização do sistema de tratamento de água para fins potáveis na ETA em Aparecida/SP, influencia diretamente o procedimento de retrolavagem de filtros da ETA, isto é, quanto maior for a necessidade de produzir água para assegurar os múltiplos usos de água no município de Aparecida/SP. Mais acelerado é o tratamento. E mais ineficiente, porque não atende o tempo de contato mínimo para efetivar as dosagens químicas.

Por isso, o residual dos produtos químicos dosados nas etapas de coagulação, floculação e decantação são arrastados abruptamente para as camadas filtrantes, saturando-as, o que exige mais retrolavagem de filtros na ETA, mais volume de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP são produzidos, isso, também influencia diretamente as características físicas, como, aumento de cor e turbidez devido a presença de mais sólidos suspensos totais e mais perda das camadas das filtrantes.

Por causa do aumento do quantitativo de retrolavagem de filtros da ETA e da intensidade da reversão de fluxo de água potável para retrolavá-los, cada vez mais rápido e retornar a etapa de filtração na ETA. Por consequência impacta as características químicas, ou seja, redução do desinfectante ou formação de subprodutos de desinfecção por cloro gás. Aumento de DBO. Aumento de ferro dissolvido, por causa do desgaste da tubulação férrea utilizada na reversão de fluxo de água potável para retrolavar os filtros da ETA em Aparecida/SP.

E interfere nas características microbiológicas, por exemplo, aumento de coliformes termotolerantes e totais, *Giardia* e *Cryptosporidium*, na água residuária de retrolavagem de filtros da ETA gerada. Inclusive, microorganismos patogênicos podem ser detectados. O exposto, é essencial para elaborar um dispositivo técnico, legal, participativo, municipal para regulamentar o § 2º do artigo 9º da Lei Municipal nº 4.253/2020, (Aparecida, 2020), de modo integrado, conciso e coeso com outros dispositivos técnico, legal, participativo, municipal, estadual e nacional.

Como políticas públicas dos setores sociais, culturais, econômicos, educacionais, trabalho, saneamento, saúde, meio ambiente, entre outras. E demais,

normas de referências, diretrizes, planos, programas e projetos já consolidados e em execução no município de Aparecida/SP. E definir um tratamento adequado, seguro, com risco aceitável, adaptado à realidade local para a água residuária de retrolavagem de filtros da ETA. Por fim, implementar o projeto de reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP.

No entanto, essa quarta etapa metodológica depende da simetria entre viabilidade econômica, técnica e vontade política local para implementar esse projeto no contexto do SAAE Aparecida/SP. Por isso, sugere-se, primeiro um projeto experimental para testar o “fator impacto” a ser provocado nos parâmetros qualitativos e quantitativos do Ribeirão da Chácara e no sistema de tratamento de água potável, bem como, a aceitação psicossocial da prestação de serviço de água não potável em meios urbanos em Aparecida/SP.

Segundo, aproveitar a tendência global de financiamento, cooperação e parceria público privada para implementação de projeto de reciclagem de água no contexto de economia circular e cidades sustentáveis. Por último, implementar medidas estruturais e não estruturais, com a finalidade de minimizar as interferências externas e internas que impactam a produção de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP, bem como os sistemas de tratamento, reservação e distribuição de água potável.

Por exemplo, considerar a necessidade de uma ETE compacta para tratar as diversas fontes de água residuária municipal não tratada que chegam a foz do Ribeirão da Chácara e consequentemente a captação exclusiva de água bruta para fins potáveis em Aparecida/SP. Além de, alterar esse ponto de captação para à montante do meandro do Paraíba do Sul e implantar um sistema de gradeamento ao entorno dos motores bombas da EEAB, a fim de reduzir os resíduos sólidos urbanos e vegetação exótica presente em água e que impactam esses motores.

Além disso, destinar a água residuária não tratada e de higienização dos veículos oficiais do SAAE e da Prefeitura de Aparecida/SP efetuada no lavador da Diretoria de Serviços Municipais - DSM para tratamento adequado antes de destiná-la ao recurso hídrico receptor. Ou remover esse lavador e por consequência, promover a ampliação e a automatização da ETA do SAAE Aparecida/SP, evitando assim sua operação forçada, excesso de procedimentos de retrolavagem de filtros da ETA e a redução do sistema interno de reservação de água potável, etc.

Além do mais, automatizar o sistema de monitoramento de água bruta, decantada, filtrada e potável, bem como, de dosagem química, reduzindo assim as lacunas de qualidade do tratamento, do primeiro filtrado, da reservação de água potável e da produção de água residuária proveniente de retrolavagem de filtros da ETA. À proporção que mitiga os riscos de ineficiência microbiológica, de formação de subprodutos entre outros que impactam a saúde do trabalhador, particularmente dos operadores da ETA em Aparecida/SP.

Além de tudo, deve-se considerar a necessidade de um plano de redução de perdas de água potável na prestação do serviço de acesso à água, executado pelo SAAE Aparecida/SP, podendo iniciar pelo sistema de tratamento de água potável, por exemplo, avaliar a possibilidade de efetuar o procedimento de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP com outra tecnologia, isto é, que utilize um volume mínimo de água potável para efetuar esse procedimento, bem como reciclá-lo com foco nas 03 possibilidades descrita acima.

2.5 MÚLTIPLAS BARREIRAS PARA GESTÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA MUNICIPAL

De encontro ao desafio de tratamento das várias fontes de água residuária municipal, para obter água em quantidade e qualidade, enquanto lida com a problemática dos extremos climáticos, em especial, as secas, a escassez de água física e de abastecimento mundial. A reciclagem de água é o caminho a seguir, porém deve ser feito como a aplicação de múltiplas barreiras, que são ferramentas físicas, químicas e microbiológicas que previnem ou reduzem a probabilidade de ocorrência de danos ambientais e humanos (WHO, 2017; ISO, 2018; APA, 2019).

Que pode ser utilizada de modo individual, coletiva ou combinada para obter o risco aceitável, uma vez que não existe risco zero devido às interferências de uso, dosagem, via de exposição, toxicidade, período e as condições imunológicas de cada ser vivo, em contato direto ou indireto com a água reciclada (APA, 2019). Por essa razão, existem inúmeras ferramentas que garantem o fornecimento de água limpa e segura para atender as necessidades essenciais dos seres vivos. É o caso do tratamento das várias fontes de água residuária municipal.

Através de membranas, como, osmose reversa, nanofiltração, ultrafiltração e microfiltração, que são capazes de eliminar patógenos como: as bactérias, *Campylobacter*, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Shigella*

Vibrio cholerae, os vírus, *Enterovírus*, *Adenovírus*, *Rotavírus*, os protozoários, *Entamoeba*, *Giardia*, *Cryptosporidium*, as helmintas, *Ascaris*, *Ancylostoma*, *Necator trichuris*, etc., que podem ser detectados em água e que provocam efeitos adversos na saúde humana (Shah; Couto, 2021; APA, 2019; São Paulo, 2020).

Assim como, os biorreatores, importantíssimo para combater vírus e bacteriófagos, vírus responsável por provocar infecções em bactérias. E remover metais pesados, corantes, hidrocarbonetos, fenólicos, ftalatos, estrogênicos, surfactantes, hormônios, fármacos ativos, entre outros micropoluentes. Tal como, os processos catalíticos enzimáticos, fotocatalíticos, eletrocatalíticos e tipo Fenton, úteis para eliminar triacilgliceróis e ácidos graxos, conhecidos popularmente como óleo e gordura (Shah; Couto, 2021).

Inclusive, com o avanço tecnológico, em particular, da nanotecnologia, ciência que estuda a matéria em escala nanométrica, 1 a 100 nm e suas aplicações engenheiradas. Já existe membranas sendo fabricadas com nanomateriais como carbono, grafeno, ..., para eliminar metais, cloreto de metiltionínio, arsênio, chumbo, mercúrio, cromo, cádmio e outras substâncias químicas sintéticas ou naturais não reguladas no meio ambiente (Dubey *et al.*, 2020; Shah; Couto, 2021).

Existem ainda, as nanobolhas, método de dispersão de bolhas de gás, com tamanho inferior a 100 nanômetros, aplicado em meio líquido e sólido, para remover poluentes orgânicos de água industrial e municipal (Gurung *et al.*, 2016; Mancuso *et al.*, 2021). Também, os processos de oxidação avançados - POAs, uso de radicais livres reativos, especialmente a hidroxila (HO) para degradar a matéria orgânica, eliminar os microrganismos patogênicos e poluentes orgânicos persistentes, como a atrazina.

Esses se combinados com a ozonização, a injeção de ozônio em água, para elevar a concentração de oxigênio dissolvido. É capaz de eliminar os nonilfenóis, substância química presente na composição de surfactantes, classificado como desregulador endócrino, que provoca a feminização de peixes. À proporção que reduz a concentração de subprodutos gerados através da desinfecção por cloro, como os ácidos haloacéticos e trihalometanos (Araújo *et al.*, 2016; Kong *et al.*, 2016; Sathishkumar, 2016; Mancuso *et al.*, 2021; Magalhães *et al.*, 2021).

Como também, o carvão ativado, adsorvente vegetal, usado principalmente na remoção de substâncias que causam sabores e odores desagradáveis. Mas associado com outras técnicas de tratamento é capaz de absorver geosmina,

cianotoxinas e até pesticidas como trans clorfenvinfos, bromofos, maltiona, trifluralin, alachlor, paratão metílico, atrazina, etil paraoxon, que são organofosforados e organoclorados utilizado no manejo de culturas agrícolas (Mancuso *et al.*, 2021, Tahmasebi *et al.*, 2023).

Da mesma maneira que a adição correta de produtos químicos comumente usados em tratamentos convencionais, como o cloro, para a desinfecção e eliminação de microrganismos patogênicos. O policloreto de alumínio - PAC ou similares, coagulante de aglutinação e decantação da matéria orgânica presente em água. O cálcio ou similares, para correção de pH e outras substâncias químicas utilizadas durante o processo de tratamento de diversas fontes de água residuária municipal (WHO, 2017, APA, 2019; Mancuso *et al.*, 2021; Magalhães *et al.*, 2021).

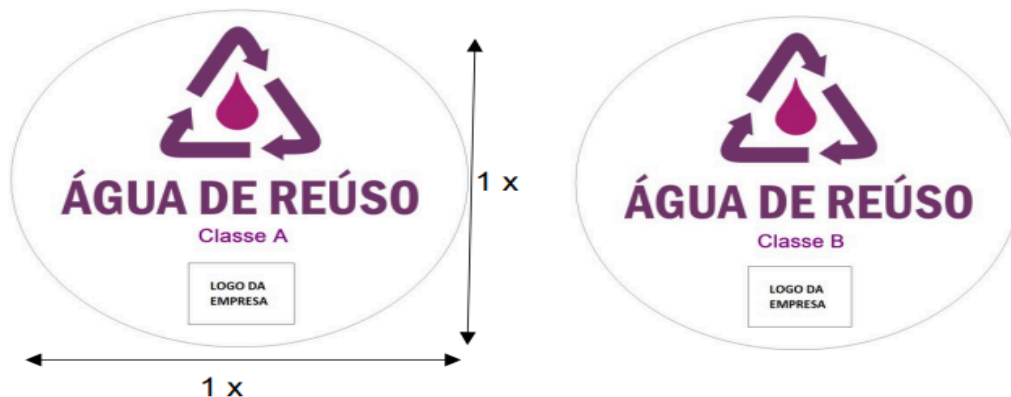
Bem como, os equipamentos de proteção individual e coletivo - EPIs e EPCs, como a sinalização adequada, (Figura 11) que visam coibir o manuseio e o uso indevido de água reciclada (APA, 2019; São Paulo, 2020). As soluções baseadas na natureza (UNEP, 2022). E até as ações de financiamento são consideradas como múltiplas barreiras, porque fomentam o tratamento adequado, seguro, com risco aceitável e adaptado à realidade local das inúmeras fontes de água residuária municipal e contribuem com desenvolvimento sustentável (OECD, 2023).

Figura 11 - Sinalização obrigatória do Estado de São Paulo.

a) Laterais dos veículos:



b) Traseira dos veículos e tanques de reservação:



A coloração deverá ser púrpura, com a seguinte composição:
Cyan 25%; Magenta 100% e Yellow 10%

Fonte: São Paulo (2020).

Não se limitando ao exposto acima, existem inúmeras barreiras para essa gestão que associam os processos mais modernos com os convencionais, com a finalidade de aumentar a eficiência de tratamento, enfrentar o desafio da variedade de poluentes e microrganismos, parcialmente ou não monitorados no meio ambiente. À medida que aumentam os problemas relacionados às mudanças climáticas, à escassez mundial por água e a necessidade de novas fontes de água (Mancuso *et al.*, 2021; Qian *et al.*, 2021, 2023; Xie *et al.*, 2024).

É evidente que aumentar substancialmente a reciclagem adequada, segura, com risco aceitável e adaptada à realidade local das várias fontes de água residuária municipal, para fins não potáveis e potáveis, direta ou indireta, melhora a qualidade

dos recursos hídricos, garante o acesso universal à água, saneamento e higiene, em particular nos países mais vulneráveis. Desde que aplique o conceito das múltiplas barreiras, para diminuir a probabilidade dos riscos à saúde humana e ambiental (Bruni, 1993; WHO, 2017; APA, 2019; Mancuso *et al.*, 2021; UNHCFR, 2022).

2.5.1 Para a água residuária de retrolavagem de filtros de Estação de Tratamento de Água

Como toda reciclagem de água deve ser realizada como a aplicação de múltiplas barreiras (WHO, 2017; ISO, 2018; APA, 2019). As que foram destacadas acima, também possuem eficiência e eficácia para promover a gestão de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs, de modo adequado, seguro e com risco aceitável. Todavia sua aplicação está condicionada às características particulares de cada localidade, fatores climáticos, origem e aspectos qualitativo e quantitativo da água bruta para fins de abastecimento (Jones *et al.*, 2021).

As características e as condições de operação de cada ETA, tratamento e tecnologia. Aos padrões qualitativos e quantitativos para efetuar as retrolavagens de seus filtros. As peculiaridades locais de cada cidade. Aos padrões qualitativos de processo, distribuição e reservação. O fim pretendido. E o ambiente, onde será utilizada esse tipo de água reciclada (Gottfried *et al.*, 2008; Araújo *et al.*, 2016; Kong *et al.*, 2016; Sathishkumar, 2016; Mancuso *et al.*, 2021; Qian *et al.*, 2021, 2023; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023; Xie *et al.*, 2024).

De início, observa-se que o tratamento primário pode atender às condições locais do SAAE Aparecida/SP, para obter a conformidade legal dos parâmetros, com resultado inconforme em destaque nas Tabelas 5, 6, 7, 8, 10 e 11, posterior, uma vez que o processo de sedimentação pode diminuir parte da matéria orgânica dissolvida, através da adição de polímero, agitação mecânica, aglutinação de impurezas e deposição gravitacional dos flocos nos tanque de sedimentação, por consequência reduz a turbidez, os sólidos suspensos totais e flutuantes.

Pois, esse fato foi observado visualmente ao acondicionar a amostra de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA, nos dois galões, (Figura 30) para a análise laboratorial. Inclusive, the Filter Backwash Recycling Rule Technical Guidance Manual salienta que o uso de tanque de sedimentação é capaz de remover entorno de 65% a 75% do lodo presente em água residuária de

retrolavagem de filtros de ETAs convencionais e que utilizam polímero na etapa de coagulação (EPA, 2002).

Assim como, o processo de oxidação por cloro pode diminuir os microrganismos, coliformes termotolerantes, coliformes totais, *Giardia* e *Cryptosporidium*. Por consequência, inicia a estabilização da DBO e ferro dissolvido. Por fim, o processo de filtração, com camadas filtrantes adequadas para coalescer as substâncias solúveis em hexana, compostas pelos óleos graxos totais, visuais, minerais, vegetais e animais presentes nessa água.

Portanto, para confirmar se o tratamento primário composto por equalização na ETA inativa, denominada “Bolo de Noiva”, floculação e coagulação por PAC, oxidação por cloro e filtração atendem às condições locais do SAAE Aparecida/SP e garantem a qualidade do produto final, água reciclada não potável de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA compatível com os múltiplos usos urbanos pretendidos em Aparecida/SP. Sugere-se validação de eficiência desse tratamento, a fim de reduzir os possíveis agravos humanos e ambientais.

Vale ressaltar que the Filter Backwash Recycling Rule Technical Guidance Manual destaca que o uso de tanques de equalização em sistemas de reciclagem não potável de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs, para uso nas próprias ETAs evita surto hidráulico, melhora a efetivação de dosagens químicas em sistemas de tratamento de água potável, pois, esses tanques ajuda a reduzir em até 25% o fluxo de água nas caixas de água bruta a depender do contexto de cada ETA.

Mas, para desfrutar desses benefícios da equalização, a injeção da água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs nesses tanques deve ser monitorada com eficiência, do mesmo modo que a injeção de água reciclada não potável de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs em sistemas de tratamento de água potável (EPA, 2002). Sendo assim, esses processos são múltiplas barreiras de tratamento adequado e seguro que pode ser adaptado à realidade local. E o SAAE Aparecida/SP pode usá-las para obter água reciclada não potável de retrolavagem de filtros da ETA.

Já, as múltiplas barreiras de aplicação de água residuária não potável de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP, está associada ao seu cuidado e manuseio em zona urbana, (WHO, 2017; APA, 2019) com infraestrutura exclusiva, sinalética, EPIs, EPCs adequados, caracterização de cenários, etc. Não se limitando

a essas, existem diversas múltiplas barreiras de tratamento e aplicação segura de água residuária não potável de retrolavagem de filtros de ETAs. Entretanto, essas estão intrinsecamente relacionadas aos fatores sociais, econômicos e ambientais de cada localidade (USEPA, 2012; Moura *et al.*, 2020; São Paulo, 2020; Mancuso *et al.*, 2021; Aguiar *et al.*, 2021; Santos; Lima, 2022; State of California, 2024).

Outras múltiplas barreiras que o SAAE Aparecida/SP pode usar na gestão de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA é a educação ambiental para promover a construção do conhecimento e capacidades aos atores envolvidos, como servidores municipais, sociedade civil e gestores. Também, criar sala de informação e situação municipal, com apoio do Poder Executivo e Legislativo Municipal, Poder Judiciário, Delegacia de Polícia Civil, Polícia Militar e Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo e outros atores.

Como também, formular um plano de contingência com programas e projetos associados à gestão de água reciclada não potável originária de retrolavagem de filtros da ETA. Com indicadores de gestão, gerenciamento e monitoramento para essa prática no município de Aparecida/SP. Gestão de riscos, com medidas estruturais e não estruturais focadas na prevenção, mitigação e preparação. Gestão de desastres que visem resposta e recuperação de anormalidades ligadas ao uso de água reciclada não potável de retrolavagem de filtros de ETAs.

Uma vez que, o conhecimento científico confirma que o uso de água reciclada não potável de retrolavagem de filtros de ETAs pode impactar de modo individual ou coletivo, direto ou indireto à saúde pública, em especial a do trabalhador, dos munícipes aparecidenses e turistas. Devido à concentração de microrganismos patogênicos e oportunistas, como: *Escherichia Coli*, Coliformes Termotolerantes, Coliformes Totais, *Legionella*, particularmente a *pneumophila*, *Mycobacterium avium-intracellulare complex* e *Aeromonas*.

Como também, *Pseudomonas aeruginosa*, *Novosphingobium*, *Flavobacterium*, *Comamonas*, *Sphingomonas*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Staphylococcus aureus*, *Acanthamoeba*, *Staphylococcus*, *Enterococcus*, *Salmonella*, *Giardia*, *Cryptosporidium*, *Shigella*, *Vibrio cholerae*, *Enterovírus*, *Adenovírus*, *Rotavírus*, *Entamoeba*, *Helminths*, *Ascaris*, *Ancylostoma*, *Necator trichuris* e afins. Somada às concentrações elevadas de matéria orgânica dissolvida, sólidos suspensos e totais, compostos orgânicos e inorgânicos.

Mais, às concentrações de subprodutos de desinfecção, trihalometanos, ácidos haloacéticos, nitrosodimetilamina, halo acetonitrilas e halo acetamides. Por fim, a presença de substâncias solúveis em hexana de origem mineral, vegetal e animal (Gottfried *et al.*, 2008; WWAP, 2017; Hamilton *et al.*, 2018; World Bank; ILO; Wateraid; WHO, 2019; APA, 2019; São Paulo, 2020; Brasil, 2021; Qian *et al.*, 2020, 2021, 2023; UNEP, 2023; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023; SAAE, 2024; Aparecida, 2024; Xie *et al.*, 2024).

Por essas razões, a gestão de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA precisa ser com aplicação de múltiplas barreiras desde o tratamento até o consumo final. Isso evidencia a importância de considerar os detalhes das quatro etapas metodológicas, antes de implementar a reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP. Especificamente, na última etapa: implementar o projeto de reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP.

O SAAE Aparecida/SP deve possuir fundamento claro sobre os seguintes questionamentos: Qual o tempo de eficiência para equalização na ETA desativada, denominada “Bolo de Noiva”? Qual a periodicidade de remoção de lodo na equalização? O que fazer com o lodo gerado na equalização? Qual a proporção hídrica de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA, que será injetada na caixa de entrada de água bruta da própria ETA? Quais as causas e efeitos nos parâmetros de qualidade do sistema de tratamento de água potável? entre outros.

Com objetivo de testar os impactos físico, químico e microbiológico da injeção parcial de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA, na caixa de entrada de água bruta, nos processos de coagulação, floculação e decantação da própria ETA. No procedimento e na produção de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA, após essa injeção. Assim como, deve possuir argumento claro sobre: Quais os parâmetros qualitativos para cada fim não potável urbano? Qual a técnica e o período de pousio dos ambientes urbanos irrigados?

Quais os ambientes, os pontos e a periodicidade de monitoramento para os ambientes urbanos receptores da água residuária de retrolavagem de filtros da ETA? Quais as medidas estruturais e não estruturais devem ser executadas frente ao uso de água reciclada não potável de retrolavagem de filtros da ETA, acima do risco aceitável? etc., antes de utilizá-la para substituir o volume de água potável usado

nos fins não potáveis urbanos. Por isso, sugere-se um projeto experimental para o uso dessa nova fonte de água em ambiente urbano de Aparecida/SP.

Considerando o potencial e as lacunas de infraestrutura institucional, técnica e legal do SAAE Aparecida/SP e do município de Aparecida/SP. De financiamento, isto é, indução de parceria e cooperação pública, privada ou mista. De área para implementação do projeto de reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA, como, delimitação e dimensionamento adequado. Uma vez que, o SAAE Aparecida/SP está situado em uma área de APP do Ribeirão da Chácara e do Rio Paraíba do Sul.

De infraestrutura existente, revitalização e ampliação de edificações. De infraestrutura complementar, compacta ou integrada. De destinação ambientalmente correta do lodo, por exemplo, adensamento, desidratação e transporte para o aterro sanitário, situado no município de Cachoeira Paulista/SP, cerca de 36 quilômetros de distância do SAAE Aparecida/SP. Ou reaproveitá-lo como subproduto para fins agrícolas e industriais (Gottfried et al., 2008; Lustosa et al., 2017; CETESB, 2018; FAO; UNEP, 2019).

Vale ressaltar que, a inserção de uma nova matriz de reciclagem não potável, para demais subprodutos de ETAs exige-se a constatação de outras condicionantes externas e internas compatíveis com essa origem, composição, tecnologia de tratamento e finalidade pretendida. Assim como, a aplicação de outras múltiplas barreiras desde o tratamento até o consumo final dessa nova matriz. No momento, isso não é o foco da dissertação, são apenas destaques para novos estudos e futuros projetos que podem ser implantados no município de Aparecida/SP.

2.6 DISPOSITIVO TÉCNICO LEGAL DE USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA NÃO POTÁVEL MUNICIPAL

2.6.1 Mundo

No cenário internacional a prática de reciclar água acontece desde a Idade de Bronze, a 5.000 anos a.c. e atualmente existem inúmeros projetos de reciclagem de água de sucesso distribuídos pelos cinco continentes do Planeta, que faz reciclagem de água desde a irrigação até para saciar a sede humana (Angelakis et al., 2018; APA, 2019). Porém os primeiros dispositivos técnicos e legais apareceram no século

XX, especificamente em 1918, quando a Califórnia, Estados Unidos da América - EUA, regulamentou a reciclagem de água para fertirrigação.

Hoje, esse Estado americano possui uma coletânea normativa, Statutory Water Rights Law and Related California Code Sections, para a gestão e regulação de recursos hídricos. É referência no uso de água residuária municipal para fins domésticos, irrigação de áreas verdes urbanas entre outros. E reconhece o potencial do uso de água residuária para expandir o abastecimento público de água potável, no Estado até 2030, desde que seja associado à aplicação de múltiplas barreiras para assegurar a qualidade da água reciclada.

Bem como, para evitar os possíveis agravos ao meio ambiente e à saúde humana. Como nos Estados Unidos da América não tem uma legislação nacional, cada estado formula sua. Por isso, não só a Califórnia, mas também, o Arizona, Colorado, Flórida, Nevada, Texas, Alabama, Geórgia, Petersburgo, Veneza, Dakota, Washington, etc., têm seus dispositivos legais e fazem uso de água reciclada para os fins de higiene, industriais, comerciais, energéticos, ecológicos, paisagísticos, combate incêndio, etc. (Moura *et al.*, 2020; State of California, 2024).

Portanto o Guidelines for Water Reuse the Environmental Protection Agency - EPA orienta que o uso de água reciclada não potável, em ambientes municipais deve passar por tratamento secundário que inclui processos de lodo ativado, filtros de gotejamento, sistemas biológicos rotativos e lagoas de estabilização. E com os parâmetros de Demanda Biológica de Oxigênio - DBO e de Sólidos Suspensos - SS inferiores a 30 mg/l.

Ainda, por meios de filtração convencional, areia, carvão e seixos. Ou sistemas de membranas. Por processo de desinfecção com ozônio, cloro e/ou outros produtos químicos, a fim de remover os microrganismos patogênicos. Ainda mais, a aplicação de água reciclada em meio urbano deve ser com acesso controlado, por meio de barreiras físicas, cercamento, tapumes e placas de sinalização, para evitar possíveis inconvenientes ao público (USEPA, 2012; Moura *et al.*, 2020; Santos; Lima, 2022; State of California, 2024).

O Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia disciplinam a reciclagem de água por meio do Regulamento 741/2020. Onde estão os requisitos mínimos de qualidade de água reciclada, ações de monitoramento, gestão de riscos e outros. E salienta que a reciclagem não potável de água residuária é uma alternativa eficaz de abastecimento de água, uma vez que 11% da população

européia sofre com a escassez de água. Apesar de já reciclar 1 bilhão de metros cúbicos ao ano, de água residuária para múltiplos fins.

Ainda assim, a União Europeia precisa reciclar seis vezes mais sua água residual urbana (EU, 2020). Atualmente, vários países da comunidade europeia, como o Chipre, França, Grécia, Itália, Espanha, Portugal, etc. já realizam a reciclagem de água residuária para fins urbanos. Em Portugal, a Agência Portuguesa do Ambiente - APA disciplina a reciclagem de água residuária não potável em ambiente urbano, para indústria, paisagismo, recreação, combate incêndio, lavagem de ruas e veículos (Moura *et al.*, 2020; APA, 2019).

No Guia para a Reutilização de Água: Usos não potáveis estão as recomendações sobre enquadramento, avaliação de riscos, grau de exposição, grupos de pessoas vulneráveis, barreiras físicas, químicas, biológicas, monitoramento entre outros critérios indispensáveis para o uso de água reciclada não potável, na nação portuguesa. Inclusive, a APA considera os parâmetros qualitativos de água para reutilização no processo de licenciamento ambiental até para uso agrícola.

Por fim, ressalta que a reutilização não potável de água municipal é uma fonte sustentável de água para os múltiplos fins (APA, 2019). Por isso, deve ser encarada como uma perspectiva de gestão integrada de água e de fomento ao desenvolvimento sustentável, pois, reduz a pressão sobre as massas de água, utiliza ao máximo o volume de água retirado dos recursos hídricos e aumenta a resiliência dos países europeus, em relação às mudanças climáticas, em especial, nos períodos de secas (APA, 2019; EU, 2020).

Na Ásia existem outros casos de reciclagem não potável de água residuária municipal de sucesso, como a China, Turquia, Japão, Jordânia entre outros países. No caso da Jordânia, o Ministério de Água e Irrigação reconhece que os recursos hídricos renováveis estão diminuindo e a demanda por água aumentando. Nesse contexto, que o uso de fontes não convencionais, a água recuperada supre a demanda do abastecimento público de água nos ambientes urbanos e rurais. E é uma forma de garantir o acesso à água, higiene e saneamento.

Por isso, as três prestadoras de serviços públicos de saneamento, Miyahuna, Yarmouk Water Company e Aqaba Water tratam quase toda produção de água residuária municipal para atender os usos domésticos, empresariais e públicos. As 31 estações de tratamento de água residuária reciclam 90% dos efluentes e

consideram os parâmetros de qualidade físicos e químicos da água reciclada não potável até para irrigação de culturas agrícolas, a fim de promover segurança alimentar, bem estar humano e ecológico.

Enquanto minimizar a contaminação do solo, da água superficial e subterrânea, conforme a National Water Strategy 2016 - 2025 and National Water Strategy 2023 - 2040. Tudo isso é para que a Jordânia coleta, trata, recicla e usa cada vez mais, a água residuária municipal, de forma eficaz, eficiente e responsável. Ao mesmo tempo, se adapta aos extremos climáticos que irão exacerbar a escassez física e de abastecimento de água existente na região médio oriental do continente asiático (Moura *et al.*, 2020; Jordan, 2016, 2023).

Na África, a reciclagem de água residuária é realizada desde 1960, época que iniciou o projeto piloto da Estação de tratamento de Água Residual em Daspoort, em Pretória. No momento, essa prática ocorre na Namíbia, Tunísia, entre outros países. No caso da África do Sul a implementação de reciclagem não potável de água residuária foi definida em 2013, pela Lei Nacional da Água, Lei nº 36 de 1998, especificamente o Anexo D, da National Strategy for Water Reuse - NSWR. Para uso recreativo urbano, principalmente irrigação de campo de golfe e agrícola.

Naquele momento, para implementar a prática em ambientes urbanos foi considerada a transparência de informações da reciclagem não potável de água residuária, as tecnologias de tratamento, metodologia adequada, educação ambiental, social e psicologia dos usuários. Atualmente, a África do Sul considera os critérios de qualidade, segurança, tratamento, custo-benefício de água reciclada, bem como, a percepção social, cultural e ambiental. E salienta que a reciclagem não potável de água é uma estratégia para equilibrar a disponibilidade hídrica futura.

No que se refere às tecnologias de tratamento, o país utiliza de processos convencionais e avançados, como os sistemas de membrana e oxidação para reciclar água e universalizar a prestação de serviços públicos de sistemas de abastecimento de água e saneamento. Inclusive, esses processos são testados e comprovados para as condições sul africanas. Em particular nas Estação de tratamento de Água e Reutilização de Durban, Malahleni e Beaufort West (Moura *et al.*, 2020; Republic of South Africa, 2022).

Na Oceania, a Austrália é o primeiro país a desenvolver diretrizes nacionais para reciclagem de água residuária municipal até para fins potáveis, com protocolos detalhados para a validação de desempenho de tratamento da água reciclada,

associado à gestão de riscos e educação ambiental (Khan *et al.*, 2018; Moura *et al.*, 2020). Tudo isso para assegurar a qualidade do produto final, água reciclada compatível com o uso pretendido. E minimizar os possíveis agravos para os ecossistemas naturais e a saúde humana.

Por exemplo, a água reciclada por meio de tratamento secundário, com redução de microorganismos patogênicos é para a irrigação de produtos alimentícios a ser processado, enquanto a água reciclada de tratamento terciário para os alimentos consumidos crus, alface, tomate etc. Percebe-se que os avanços relacionados à prática de reciclagem de água, nesse país foi impulsionada pelos extremos do clima, especificamente, as secas, levando a formular leis específicas para o uso de água residuária em meio urbano e rural.

Hoje, os australianos veem a reciclagem de água residuária como uma oportunidade de negócio, em que os prestadores de serviços de água e saneamento de algumas cidades principais como, Adelaide, Melbourne, Sydney, Brisbane e outras fazem aquisição de propriedades para gerenciar o aproveitamento de água residuária municipal e comercializar a água reciclada não potável para os produtores rurais do entorno, que visam expandir a produção de vegetais, grãos, cana de açúcar, uvas, algodão e melhorias de pastagens (Radcliffe, 2022).

Observa que com a expansão mundial de projetos de reciclagem de água residuária municipal. Em 1973 a WHO publicou as primeiras diretrizes para o uso não potável de água residuária em culturas agrícolas e ao longo de quatro décadas passou a estimular as nações a reciclarem água residuária com segurança, bem como, formular seus dispositivos técnicos e legais para essa prática. Em 2016, as diretrizes anteriores foram atualizadas observando o conceito de segurança da água adotado em 1999, com o Plano de Segurança da Água - PSA.

Com a finalidade de minimizar a propagação mundial de doenças por veiculação hídrica. E um ano depois, em 2017, reconhecer a necessidade da reciclagem de água residuária para fins potáveis, com a publicação do Potable Reuse: Guidance for producing safe drinking water, visando os aspectos socioeconômicos de escassez física e de abastecimento público de água potável em alguns países do globo (WHO, 2017; Shoushtarian; Negahban-Azar, 2020; Santos; Lima, 2022).

De fato, o arcabouço legal sobre o uso de água residuária, das nações vem evoluindo ao longo dos anos. Mas ainda, existem países que estão discutindo suas

formalizações legais, os que apenas possuem normas orientativas, outros com leis pouco específicas e até aqueles com legislações avançadas, ainda assim, possui limitações em relação a definição de tecnologias de tratamento dessa água, monitoramento de substâncias não reguladas, entre outros. Mas isso não significa que a reciclagem das várias fontes de água residuária municipal é insegura.

O foco é definir o uso de água reciclada compatível com a finalidade pretendida (Shoushtarian; Negahban-Azar, 2020). Sendo assim, o uso de água residuária potável e não potável no mundo, é uma fonte de água a mais, sustentável e adicional para universalizar a prestação de serviços de água, higiene e saneamento, principalmente nas áreas que mais sofrem com a escassez física e de abastecimento de água doce. Assim como, poluição do solo, de água e insegurança alimentar.

Por isso, a elaboração participativa e transparente de dispositivos técnico legais, para o uso de água residuária não potável ou potável, em ambientes urbano e rural. E com compatibilidade com as peculiaridades locais ou regionais. E agregado à educação ambiental para coibir os fatores psicossociais que ainda limitam o uso de água reciclada, auxílio na busca de respostas eficientes para as preocupações sobre segurança da água reciclada, dos riscos para a saúde humana e do meio ambiente (Bruni, 1993; Mukherjee, 2020; Lucchesi *et al.*, 2021).

2.6.2 Brasil

Após as publicações das diretrizes da WHO observando as questões sociais, econômicas e ambientais, especificamente relacionadas à escassez física e de abastecimento público de água. Alguns países começaram a adotar as recomendações da WHO e fazer as adequações conforme suas necessidades locais ou regionais. Nesse contexto, o Brasil instituiu a Década Brasileira da Água, com o Decreto nº 22 de março de 2005, que foi revogado pelo Decreto nº 10.473/2020. Para estimular políticas públicas, programas e projetos de uso sustentável da água.

Assim como, passou a reconhecer que nenhuma água de excelente qualidade deveria ser utilizada para fins que exijam água com uma qualidade inferior ou incompatível com o fim pretendido. Por isso, o CNRH publica as Resoluções nº 54/2005 e nº 121/2010, que são orientações de reciclagem não potável de água residuária, para uso em culturas agrícolas e plantações de florestas (Brasil, 2005,

2010; Santos; Lima, 2022). Consequentemente, os Estados brasileiros iniciaram a elaboração de suas legislações para o uso não potável de água reciclada.

O que resultou em várias experiências de uso não potável de água reciclada em ambientes rurais e urbanos, com legislação específica. É o caso dos Estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro, Bahia, Ceará, São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Distrito Federal, Mato Grosso do Sul e Paraná. Hoje, a água residuária reciclada é particularmente utilizada para múltiplos usos não potáveis urbanos. Como, irrigação paisagística, uso ornamental de fontes, chafarizes, lagos, lavagem de logradouros, pátios, garagens, áreas externas pública e privada.

Como também, para a lavagem de veículos comuns ou especiais de mineração, construção civil, coleta seletiva, resíduos sólidos urbanos, trens, aviões, desobstrução de tubulações, galeria pluvial ou de esgoto, construção civil, edificações, combate a incêndio em área urbana, descargas sanitárias e mictórios predial, comercial, industrial, etc., controle de emissões de partículas, vulgo “poeira” e Estação de Tratamento de Esgotos - ETEs. Vale ressaltar que às vezes, a utilização é de forma ampla ou limitada.

Mas isso depende das necessidades e oportunidades de cada Estado brasileiro (Bahia, 2010; Ceará, 2017; São Paulo, 2020; Minas Gerais, 2020; Rio Grande Do Sul, 2020; Moura *et al.*, 2020; Distrito Federal, 2022; Mato Grosso Do Sul, 2022; Paraná, 2023; IRdA, 2023). Pelo exposto, até agora cada Estado e município vem definindo suas regulamentações facultativas ou obrigatórias. Porém com a Lei Federal nº 14.026 de 2020, Novo Marco Legal de Saneamento Básico (Brasil, 2020).

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA passou a ter competência para instituir normas de referências, conjunto de normas jurídicas, para a padronização técnica, econômica, contratual, ... de gestão e regulação de água e saneamento no país (Oliveira, 2022). E as tomadas de decisão sobre a prestação de serviços públicos de acesso à água, saneamento básico e gerenciamento de resíduos sólidos com foco em pessoas, Planeta, prosperidade, paz e parcerias, a fim de alcançarem os objetivos do desenvolvimento sustentável.

Aliado a isso também foi publicada a Lei Federal 14.546 de 2023, que estabelece as medidas de prevenção para os desperdícios, o aproveitamento de água pluvial e a reciclagem não potável de água cinzas. E a União deve estimular essas medidas para as novas edificações, atividades paisagísticas, agrícolas,

florestais e industriais. Portanto, é possível que a ANA edite a qualquer momento, uma norma de referência, para a padronização da prática de reciclagem não potável de água residuária municipal, no Brasil (Brasil, 2020, 2023).

Como também, para integrar os projetos atuais e futuros de reciclagem não potável de água residuária municipal, com o Plano Nacional de Saneamento Básico - PNSB, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS e o Plano Nacional de Recursos Hídricos – PNRH. E, finalmente, impor indiretamente aos prestadores de serviços públicos municipais ou estaduais a adesão dessas normas, através da indução econômica aos recursos federais disponíveis, conforme a Lei Federal nº 9.984 de 2000 (Brasil, 2020; Oliveira, 2022).

2.6.3 Estado de São Paulo

A Resolução Conjunta nº 01/2017, elaborada pela Secretaria de Saúde, Secretaria de Meio ambiente e Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos - SES/SMA/SSRH é o marco para a prática de reciclagem não potável de água residuária municipal, no Estado, uma vez que, é o primeiro dispositivo técnico legal com padrões e regras para o uso não potável de água reciclada em zona urbana. Depois com a Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020, o uso não potável de água reciclada em meio urbano foi definido em categorias e classes.

A Classe A, uso não potável irrestrito, para a irrigação paisagística, lavagem de logradouros e outros espaços públicos e privados, construção civil, desobstrução de galerias de água pluvial e rede de esgotos, lavagem de veículos e combate a incêndio. A Classe B, uso não potável restrito, que exclui o uso em combate a incêndio e restringe a lavagem de veículos, apenas para a parte externa. Também, foi estabelecido alguns padrões de qualidade, periodicidade analítica, sinalização exclusiva, etc. (São Paulo, 2017, 2020).

Observa-se que o uso não potável de água reciclada em meio urbano, quando executada adequadamente é uma ferramenta adicional para lidar com a escassez física e de abastecimento público de água nos municípios (Nascimento *et al.*, 2023). Especialmente na região leste do Estado de São Paulo, onde a diferença entre disponibilidade hídrica e a demanda pelos usos múltiplos de água é extrema, devido à industrialização e ao adensamento populacional.

A proporção que reduz os impactos negativos gerados pelas inúmeras fontes de água residuária municipal, que compromete a qualidade das bacias hidrográficas (São Paulo, 2014, (WWAP, 2017). Por isso, projetos de reciclagem não potável de água residuária municipal, como os das ETEs São Miguel Paulista, Jesus Netto, Parque Novo Mundo, Franca e Santo André, São Bernardo do Campo e São Caetano do Sul - ABC devem ser estimulados, financiados e executados em todo Estado, a fim de alcançar os objetivos do desenvolvimento sustentável da Agenda 2030 (ANA, 2018; SABESP, 2020).

Mas para isso é preciso lidar com as dificuldades que ainda limitam essa prática. Como as complexidades de concorrência com a prestação de serviços públicos de abastecimento de água potável, valor econômico da água reciclada não potável, aspectos legais restritivos, durabilidade contratual entre produtor e usuário, definição de padrões de qualidade compatível com o fim pretendido, captação e a distância de usuários, investimento em sistema de distribuição e interligação para os usuários entre outros fatores, de acordo com a ANA (ANA, 2017).

Apesar da ETE ABC, passa a impressão que reciclar água é fácil, porque possui o quinto maior empreendimento de produção de água não potável reciclada industrial do mundo e o maior da América do Sul, denominado Aquapolo Ambiental. Com capacidade para tratar 1000 litros por segundo, de água residuária municipal da grande ABC paulista. Através de processos biológicos, ultrafiltração, osmose reversa e nanofiltração. E destiná-la às indústrias do Polo Petroquímico de Capuava e aos municípios paulistas, Guarulhos, Santo André e Mauá.

Contudo, não é tão fácil assim, devido às complexidades sociais, econômicas, ambientais e legais local ou regional (ANA, 2016, 2017; SABESP, 2020; Aquapolo, 2022). Outro projeto inovador é a ETE de Franca, que foi projetada para realizar o aproveitamento de produtos e subprodutos de água residuária municipal. Como exemplo, os 2.500 metros cúbicos de biometano que será utilizado como biogás na frota de veículos especiais, movido à gás natural veicular - GNV, na produção energética hidráulica e solar.

Ainda, segundo a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP, projeto como esse também pode ser implantado nas ETAs, para aproveitar o lodo gerado no processo de tratamento de água potável, como produto ou subproduto para pavimentos, deixando de ser destinado aos aterros sanitários (SABESP, 2020). Além de tudo é uma oportunidade para se adequarem à Lei

Estadual nº. 997/1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente, conforme os artigos 2º e 3º, (São Paulo, 1976) a seguir:

Art. 2º - Considera-se poluição do meio-ambiente a presença, o lançamento ou a liberação, nas água, no ar ou no solo, de toda e qualquer forma de matéria ou energia, com intensidade, em quantidade, de concentração ou com características em desacordo com as que forem estabelecidas em decorrência desta Lei, ou que tornem ou possam tornar a água, o ar ou solo:

I - impróprios, nocivos ou ofensivos à saúde;

II - inconvenientes ao bem estar público;

III - danosos aos materiais, à fauna e à flora:

IV - prejudiciais à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Art. 3º - Fica proibido o lançamento ou liberação de poluentes na água, no ar ou no solo.

Parágrafo único - Considera-se poluente toda e qualquer forma de matéria ou energia que, direta ou indiretamente, cause poluição do Meio Ambiente de que trata o artigo anterior.

E ao seu Decreto Regulamentar nº. 8.468/1976, que institui o sistema de prevenção e controle da poluição do meio ambiente, no Estado de São Paulo, em acordo com os artigos 2º, 3º e 4º, (São Paulo, 1976) em sequência:

Art. 2º - Fica proibido o lançamento ou a liberação de poluentes na água, no ar ou no solo.

Art. 3º - Considera-se poluente toda e qualquer forma de matéria ou energia lançada ou liberada nas água, no ar ou no solo:

I - com intensidade, em quantidade e de concentração, em desacordo com os padrões de emissão estabelecidos neste Regulamento e normas dele decorrentes;

II - com características e condições de lançamentos ou liberação, em desacordo com os padrões de condicionamento e projeto estabelecidos nas mesmas prescrições;

III - por fontes de poluição com características de localização e utilização em desacordo com os referidos padrões de condicionamento e projeto;

IV - com intensidade, em quantidade e de concentração ou com características que, direta ou indiretamente, tornem, ou possam tornar ultrapassáveis os padrões de qualidade do meio-ambiente, estabelecidos neste Regulamento e normas dele decorrentes;

V - que, independentemente, de estarem enquadrados nos incisos anteriores, tornem ou possam tornar as água, o ar ou o solo impróprios, nocivos ou ofensivos à saúde; inconvenientes ao bem estar público; danosos aos materiais, à fauna e à flora prejudiciais à segurança, ao uso e gozo da propriedade, bem como às atividades normais da comunidade.

Art. 4º - São consideradas fontes de poluição todas as obras, atividades, instalações, empreendimentos, processos, operações, dispositivos móveis ou imóveis, ou meios de transporte que, direta ou indiretamente, causem ou possam causar poluição ao meio ambiente.

Parágrafo único - Para efeito da aplicação deste artigo, entende-se como fontes móveis todos os veículos automotores, embarcações e assemelhados e como fontes estacionárias, todas as demais.

Outro exemplo de reciclagem não potável de água residuária municipal e com dispositivo legal específico para essa prática é o município paulista de Campinas/SP. A Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento - SANASA é responsável pela prestação dos serviços públicos de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário, que inclui as duas Estação de Produção de Água de Reúso - EPAR, a EPAR Capivari II, em operação desde 2011 e a EPAR Boa Vista, que está em fase de teste ou em pré-operação.

E a EPAR Anhumas, com previsão de término para 2026, que juntas terão capacidade de reciclar 1.845 litros por segundo de água residuária municipal para usuários do município de Paulínia/SP e o Aeroporto de Viracopos, de Campinas/SP, que a utilizará para fins não potáveis industriais, paisagístico, limpeza de pistas e de sanitários (ANA, 2017; Campinas, 2023). Mas ainda existem investimentos para reciclar a água residuária municipal dos processos de tratamento nas ETES Anhumas, Santa Mônica, e Icaraí, até 2030.

Para isso utilizará de sistemas de membranas de ultrafiltração, processos biológicos aeróbicos e anaeróbicos, o que produzirá mais de 1800 litros por segundo de água reciclada não potável e beneficiará mais de 270 mil pessoas (Campinas, 2023). Pelo exposto, o Estado de São Paulo vem avançando no uso de água reciclada em zona urbana. E tem potencial para continuar, principalmente após a aprovação da prática de reciclagem indireta potável de água residuária municipal, em 2022, pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB.

Nesse caso, a água residuária proveniente das ETES, tratadas com tecnologias avançadas e seguras, retornam de forma planejada aos corpos hídricos superficiais, aumentando a qualidade e a quantidade da vazão hídrica e que será captada de maneira indireta, junto com a água bruta para tratamento público de água potável, em acordo com a Decisão de Diretoria nº 134/2022/P/C/E/I (CETESB, 2022; Campinas, 2023). Essa decisão é um avanço para a prática de reciclagem de água residuária municipal.

Uma vez que, o país, ainda tem dificuldade de reconhecer a importância da reciclagem das diversas fontes de água residuária municipal por causa dos fatores estruturais de aceitação cultural fixado pelo paradigma de abundância hídrica,

psicossocial devido ao aspecto “nojo” relacionado à palavra “reúso”, que transmite a ideia de algo contaminado, inseguro, uma ameaça à saúde humana e ambiental, política por conta de interesses difusos e legais em razão do desconhecimento da integração dos princípios ambientais para a prática (ANA, 2017; WWAP, 2017).

2.6.4 Município de Aparecida/SP

Apesar de não possuir projetos de reciclagem não potável de água residuária municipal, até o momento, a Lei Municipal nº 4.253 de 2020 que institui a Política Municipal de Saneamento Básico de Aparecida/SP é o único dispositivo legal que reconhece a possibilidade de reciclá-la, como parte da prestação de serviços de esgotamento sanitário, manejo e drenagem de água pluvial e abastecimento de água potável, pois a água residuária municipal, sem destinação final ambientalmente adequada causam contaminação dos recursos hídricos.

Por isso, a captação de água bruta para abastecimento de água potável está intrinsecamente ligada à gestão de água residuária municipal, que deve ser tratada adequadamente antes de ser devolvida ao recurso hídrico receptor ou reciclada, para não causar prejuízos ao meio ambiente e à saúde pública. E, é dever do referido município, como titular da prestação de serviços públicos de saneamento básico, assegurar seu tratamento e reciclagem segura (CONESAN, 2010, 2011; Aparecida, 2020; Brasil, 2020; São Paulo, 2021).

Reduzir o índice de perdas de água potável no sistema de abastecimento público de água, que é de 54,5%, (IBGE, 2017) deixar de despejar as diversas fontes de água residuária municipal, sem tratamento, como a de retrolavagem de filtros da ETA, no Paraíba do Sul, o que é realizado até hoje (CONESAN, 2010, 2011; São Paulo, 2021). Portanto, a reciclagem não potável de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA é uma necessidade devido às vulnerabilidades municipais expostas acima.

Bem como, é uma oportunidade para o município supracitado promover a prestação universal, equitativa, adequada, eficiente, integrada, regionalizada, e sustentável dos serviços públicos de saneamento básico, enquanto minimiza as perdas de água potável e a poluição aquática através da reciclagem não potável das diversas fontes de água residuária municipal, segundo a Lei Federal nº 14.026 de

2020, (Bruni, 1993; Brasil, 2020) podendo iniciar com a reciclagem não potável da água residuária de retrolavagem dos 03 filtros da ETA.

2.6.5 Para a água residuária de retrolavagem de filtros de Estação de Tratamento de Água

A priori, observa-se que os dispositivos técnicos legais de uso não potável de água residuária municipal em ambiente urbano, no cenário internacional, brasileiro, paulista e aparecidense são mais voltados para a água residuária provenientes de ETEs. Às vezes são de caráter orientativo e/ou obrigatório, por exemplo:

- Lei Estadual/SP nº. 997/1976 e Decreto nº. 8.468/1976;
- Resolução CNRH nº. 54/2005;
- Resolução CONERH/BA nº. 75/2010;
- Resolução CNRH nº. 121/2010;
- Resolução CONAMA nº. 430/2011;
- Resolução COEMA/CE nº. 02/2017;
- Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH/SP nº. 01/2017;
- Resolução Conjunta SES/SIMA/SP nº 01/2020;
- Deliberação Normativa CERH/MG nº. 65/2020;
- Lei Municipal de Aparecida/SP nº. 4.253/2020;
- CONSEMA/RS nº. 419/2020;
- Resolução ADASA nº. 005/2022;
- Resolução CERH/MS nº. 72/2022 ;
- Decisão da Diretoria CETESB nº. 134/2022/P/C/E// 2022;
- Resolução CERH/PR nº. 122/2023;
- Lei Federal nº. 14.546/2023;

Até pode incluir a água residuária de ETAs, especialmente a água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros, no contexto desses dispositivos técnicos legais citados acima, porém com adaptações para lidar com a complexidade de fatores condicionantes externos e internos que a impactam. Como, os associados às alterações climáticas, uso e ocupação do solo das bacias hidrográficas urbanas, tipo

de adensamento populacional, exploração e/ou exploração de água bruta, origem, composição, tratamento e fim pretendido.

Padrões de qualidade específicos, diversidade de tecnologia de tratamento de água potável, volumes, tipos de camadas filtrantes, intensidade, quantidade de reversão de fluxo e critérios de retrolavagem de filtros de ETAs, e demais que interferem na geração e na reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs. Isso, ainda desafiam os tomadores de decisão a formularem dispositivos técnicos legais específicos nesses cenários para o uso não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs nas cidades.

Uma vez que, esses dispositivos devem ser elaborados de forma integrada, concisa e coesa com as peculiaridades locais e/ou regionais. Com a cooperação, apoio, parceria da comunidade técnico científica e social. De modo transparente e com controle social. Apesar disso, o conhecimento científico aponta o uso não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs, como uma tendência global impulsionada pela escassez física e de abastecimento de água, especialmente, em ambientes urbanos, semi áridos e áridos do planeta.

Mas, requer no mínimo, tratamento primário e recirculação regulada, nos recursos hídricos locais e na entrada dos sistemas de tratamento de água potável, com a finalidade de minimizar os possíveis impactos para a qualidade da água em tratamento. Do mesmo modo, deve ser reciclada e usada com segurança nos ambientes urbanos, a fim de garantir os demais usos não potáveis de água. Sendo assim, a municipalidade pode explorar o potencial de reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs, transformando-a em soluções de abastecimento de água.

Principalmente, frente ao aumento das secas, estiagens, extremo calor, escassez física e de abastecimento de água. Por consequência, esses fatores climáticos pressionaram os tomadores de decisão a avaliarem suas particularidades e potencialidades locais e regionais, para reciclar a água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs. E formularem emendas, tratados, convenções, leis, medidas, decretos, resoluções e portarias, que norteiam seu uso de forma adequada, segura, não potável, com risco aceitável e adaptado à realidade de cada cidade.

O exposto acima aponta que considerar a terceira etapa metodológica: Elaboração de dispositivo técnico, legal, participativo e municipal, antes de implementar a reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros

da ETA, no contexto de Aparecida/SP, traz segurança jurídica para a prática, uma vez que elucida detalhes sobre a origem, volume, tecnologia de tratamento, distribuição, tipo de transporte, reservação, finalidade pretendida, ambiente urbano de uso e padrões de qualidade específicos.

As múltiplas barreiras para o tratamento e aplicação de água reciclada não potável de retrolavagem de filtros da ETA, usuário e suas responsabilidades, responsabilidade legal e técnico do SAAE do Aparecida/SP, parceiros e cooperadores, planos de contingência integrados, tipos de programas educativos, corretivos e de financiamento, indicadores de gestão, gerenciamento e monitoramento, periodicidade analítica, procedimentos analíticos e definição de pontos de monitoramento no tratamento.

E nos ambientes urbanos de Aparecida/SP, tipos de licenças ambiental e sanitária, gestão de riscos por meio medidas estruturais e não estruturais de prevenção, mitigação e preparação, gestão de desastres com resposta e recuperação, frente às possíveis anormalidades durante o processo de reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA e após o uso de água reciclada não potável de retrolavagem de filtros da ETA nos ambientes urbanos do município supracitado.

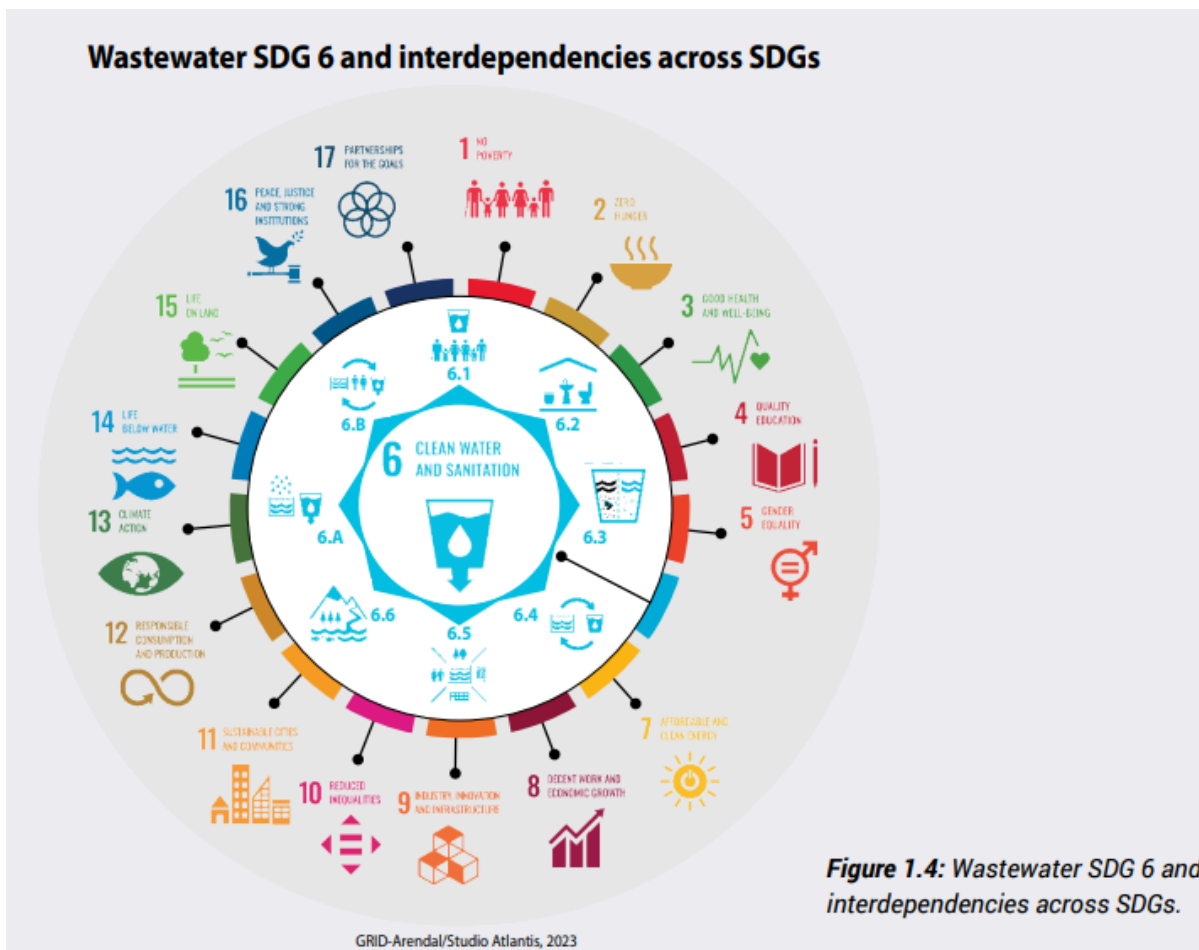
2.7 RELAÇÃO INTRÍNSECA DO ODS 6 COM OS OUTROS ODS

Em 2015, foi aprovada a Agenda 2030, com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS e as respectivas metas, após a United Nations - UN debater as questões de pobreza, prosperidade, bem-estar humano e desenvolvimento sustentável com seus Estados membros, parceiros e a sociedade civil mundial. Sendo o ODS 6, água potável e saneamento, o principal dessa dissertação, porém a água é um recurso natural, limitado, de domínio público, dotado de valor econômico, e é essencial para a manutenção da vida (Brasil, 1997; ANA, 2019, 2022).

Por essa razão, a água é uma só, independente se for fluvial, pluvial, doce, salobra, salina, salgada, superficial, subterrânea, líquida, condensada, congelada, bruta, tratada, residuária, e até reciclada. É o elemento de conexão intrínseco entre os ODS, (Figura 12) mas nem sempre é reconhecida, o que aumenta a indiferença de corresponsabilidade de todos a zelar pela sua integridade e sustentabilidade.

Para garantir os múltiplos usos da água, saúde pública e o desenvolvimento social, econômico e sustentável, das nações (ANA, 2019; IRdA. 2024; UNEP, 2023).

Figura 12 - ODS 6 e a interdependência dos outros ODS.



Fonte: UNEP (2023).

Contudo para garantir os múltiplos usos da água, saúde pública e o desenvolvimento social, econômico e sustentável. Os países devem cumprir a ambiciosa meta 6.3 do ODS 6 até 2030, pois para melhorar a qualidade da água, é necessário combater e controlar a poluição gerada, especialmente pelas inúmeras fontes de água residuária municipal, por exemplo, a água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs. À medida que aumenta o seu tratamento para 50% e substancialmente sua reciclagem.

Da mesma maneira que devem regular e fiscalizar o uso de substâncias e materiais químicos perigosos (UNEP 2023). Uma vez que, os contaminantes químicos não regulamentados presentes nos recursos hídricos superficiais e

subterrâneos, é um desafio para gestão integrada de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs (Bruni, 1993; Gottfried *et al.*, 2008; WWAP, 2017; Hamilton *et al.*, 2018; Frota *et al.*, 2021; Qian *et al.*, 2020, 2021, 2023; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023; Xie *et al.*, 2024).

Percebe-se que a efetivação da referida meta tem sido bem-sucedida em áreas urbanas e suburbanas, onde essa água é encontrada em abundância e gratuita. Por consequência, a implantação de ETEs e ETAs mais sustentáveis para tratá-la, em particular a água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs, gera oportunidade de emprego e renda, o que contribui indiretamente com a erradicação da pobreza, já que, existem 485 milhões de pessoas, no mundo, vivendo em extrema pobreza, sem alojamento, água, higiene e saneamento adequado.

Segundo o Índice de Pobreza Multidimensional Global de 2023 - MPI, e United Nations Development Programme and Oxford Poverty and Human Development Initiative - UNDP and OPHDI (WWAP, 2017, SABESP, 2020; UNDP; OPHDI 2023). Assim como, no combate à fome, pois o interesse de usar água reciclada, bio sólido, nitrogênio, fósforo, ureia, azoto, potássio e outros subprodutos das múltiplas fontes de água residuária municipal, como a de retrolavagem de filtros de ETAs, fomenta a agricultura sustentável e promove segurança alimentar (WWAP, 2017; UNEP 2023).

Mas, para isso é preciso estimular o aproveitamento dos 16,6 milhões de toneladas de azoto, 3 milhões de toneladas de fósforo e 6,3 milhões de toneladas de potássio existentes nessa água, para produzir alimentos seguros (Qadir *et al.* 2020). E proporcionar saúde e bem-estar a todos, pois, anualmente, mais de 600 milhões de pessoas adoecem e 420 mil vem a óbito, por causa do consumo de alimentos inseguros, em todo o mundo (FAO, 2019; Lucchesi *et al.*, 2021; UN; Water, 2021).

E a falta de tratamento adequado, seguro, com risco aceitável e adaptado à realidade local para as diversas fontes de água residuária municipal, envolvendo a de retrolavagem de filtros de ETAs é um dos fatores que impulsionaram esse dado. Por isso, sua reciclagem não potável precisa estar integrada às políticas públicas de saúde, dignidade humana, infância e juventude (SABESP, 2020; UNEP, 2023). Contudo, é preciso investir em educação de qualidade, em particular, educação ambiental que promova um estilo de vida sustentável, equitativo e pacífico.

A fim de contribuir com a sustentabilidade planetária. E com a redução da percepção psicossocial negativa do conceito “reúso de água”, apenas, substituindo-o

por “água reciclada”, o que seria uma substituição baseada em evidências, semelhante ao que houve com o conceito “carro velho” para “carro seminovo”, experiência positiva que pode ser adotado para a reciclagem não potável das várias fontes de água residuária municipal, como a reciclagem não potável de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs.

Essa substituição já vem sendo observada no contexto internacional, com objetivo de superar o fator “nojo”, transmitido pelo termo “reúso” (WWAP, 2017). Estima-se que a produção anual das múltiplas fontes de água residuária municipal, englobando a água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs, seja de 380 milhões de metros cúbicos, em todo o mundo e a tendência é aumentar em 24% até 2030 e 51% até 2050 (Qadir *et al.* 2020; Qian *et al.*, 2021, 2023; SAAE, 2019, 2024; Xie *et al.*, 2024).

Por isso, efetivar a igualdade de gênero, encorajando às mulheres a assumirem papéis de liderança nas políticas públicas de água, higiene e saneamento, favorece a gestão e regulação da água, como a de retrolavagem de filtros de ETAs, já que é uma parcela das inúmeras fontes de água residuária municipal produzida. E, as mulheres são as principais responsáveis pelo acesso à água, higiene e saneamento nas comunidades (UNW; DPAC, 2015). Logo, as mais expostas aos riscos associados ao contato direto e indireto com água contaminada.

Ao exercer atividades domésticas e profissionais, por exemplo, as operadoras de ETAs (World Bank; ILO; Wateraid; WHO, 2019; Xie *et al.*, 2024). Consequência da falta de garantia ao direito humano à água potável que afeta mais de 2 bilhões de pessoas e saneamento que atinge mais de 3,6 bilhões de pessoas, no mundo (WWAP, 2023). É evidente a necessidade de universalizar o acesso à água, higiene e saneamento, bem como, eliminar quaisquer formas de defecação humana a céu aberto (UN; Water, 2021; Wateraid, 2023).

Nesse contexto, o uso não potável de água reciclada de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs é uma oportunidade para garantir a universalização dos serviços de abastecimento de água, higiene e saneamento. E se as nações aproveitassem os subprodutos provenientes dos 380 milhões de metros cúbicos das várias fontes de água residuária municipal produzida no mundo, abrangendo a de retrolavagem de filtros de ETAs geraria energia limpa para mais de 158 milhões de residências (Freitas *et al.*, 2010; Lustosa *et al.*, 2017; Qadir *et al.*, 2020).

Entretanto, a reciclagem não potável das inúmeras fontes de água residuária municipal, por exemplo, a reciclagem não potável de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs deve ser executada de maneira adequada, segura, com risco aceitável, adaptado à realidade local ou regional e com uso de múltiplas barreiras físicas, químicas e biológicas desde o tratamento até o consumo final, visando o bem estar, saúde pública, principalmente à saúde do trabalhador e trabalho decente.

Para os que atuam em ETEs, ETAs, limpeza de sanitários, sistema de esgotamento sanitário, manejo e drenagem de água pluviais (Hamilton *et al.*, 2018; World Bank; ILO; Wateraid; WHO, 2019; APA, 2019; Qian *et al.*, 2021, 2023; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023; UNEP, 2023). Especificamente as operadoras de ETAs, que são as mais atingidas por doenças associadas ao contato com a água residuária contaminada, ao executar o procedimento de retrolavagem de filtros nas ETAs (SAAE, 2019, 2024; Xie *et al.*, 2024).

Sendo assim, sua reciclagem está intrinsecamente ligada à prestação dos serviços e comportamentos seguros WASH, water, sanitation and hygiene, indispensáveis para alcançar os demais objetivos da Agenda 2030. No entanto, é preciso, cooperação, parceria, financiamento público e privado da indústria, direcionado à inovação de ETEs e ETAs sustentáveis, assim como de outras infraestruturas compatíveis com a realidade local de cada país (SABESP, 2020; OECD, 2023; WWAP, 2023; UN; Habitat; Wateraid, 2023).

E que reduza as inúmeras desigualdades globais, especialmente as relacionadas aos serviços WASH, o que exige uma abordagem holística do saneamento, incluindo a implantação de banheiros, esvaziamento, transporte, tratamento e a reciclagem segura dessa. Com responsabilidades e padrões claros para manejá-la. A fim de garantir sua qualidade, conforme a finalidade pretendida. E apoiar as ações de segurança hídrica local e global (UNDP; OPHDI 2023; Wateraid, 2023; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023).

Portanto, o financiamento público e privado para projetos de reciclagem não potável de água residuária de ETEs e ETAs, (Figura 13) como, a de retrolavagem de filtros de ETAs, é um instrumento econômico, que estimula a economia circular, sustentabilidade nas cidades, o consumo racional de água, evitando os desperdícios, gera produção responsável de água reciclada, através do uso de

tecnologia de tratamento adequado para a cada tipo de água residuária e finalidade pretendida (WWAP, 2017; SABESP, 2020; WWAP, 2023; UNEP, 2023).

Figura 13 - Reciclagem das múltiplas fontes de água residuária de ETAs e ETEs e a transição para a economia circular.



Fonte: SABESP (2020).

Estima-se que somente com o aproveitamento dos subprodutos das diversas fontes de água residuária municipal, sem excluir a de retrolavagem de filtros de ETAs, como biossólido, nitrogênio, fósforo, ureia, azoto, potássio e outros, é possível substituir e atender a demanda mundial de 13,4% dos fertilizantes agrícolas convencionais, (Qadir *et al.*, 2020) uma maneira de reduzir os gases de efeito estufa que provoca destruição da camada de ozônio, aumento de temperatura, de catástrofes e insegurança hídrica global (IPCC, 2018; EU, 2019; UNEP, 2023).

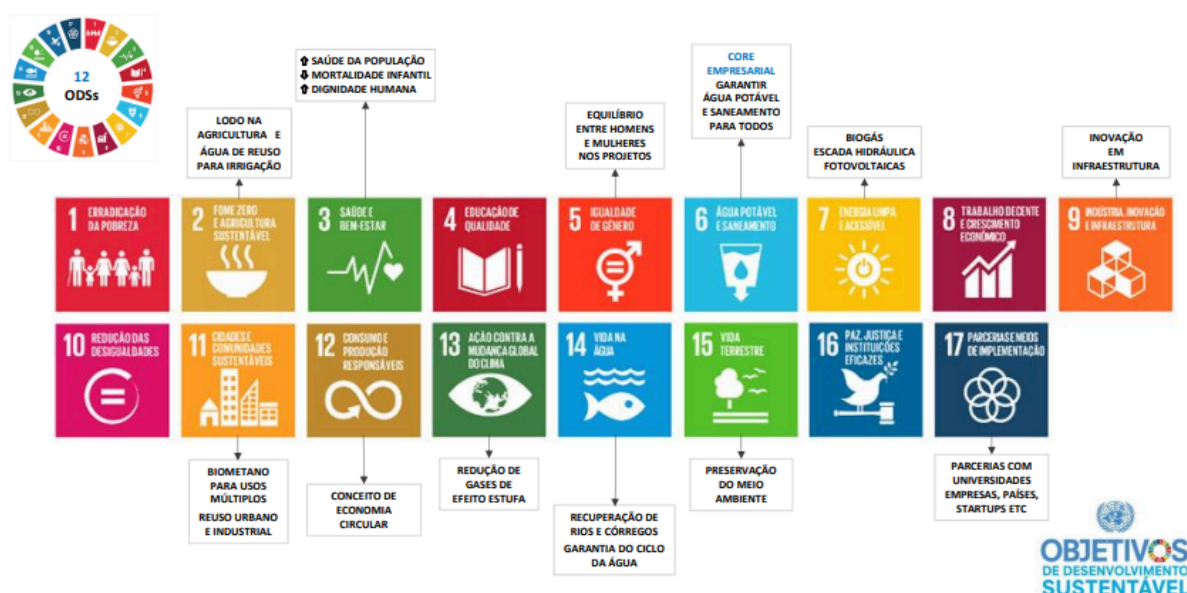
Sendo assim, a reciclagem não potável desse tipo de água é uma ação de adaptação e resiliência contra a mudança global do clima, que aumentará as secas, a insegurança energética, alimentar, a escassez física e de abastecimento de água potável, nas próximas décadas. Nesse caso, a água reciclada proveniente do processo de retrolavagem de filtros de ETAs, ajuda diminuir o estresse hídrico, a vulnerabilidade desses tipos de escassez e mantém a vazão ecológica dos sistemas hídricos receptores (IPCC 2022, 2023; UNEP, 2023; Wateraid, 2023).

Além disso, a gestão das várias fontes de água residuária municipal, como, a de retrolavagem de filtros de ETAs, recupera a qualidade dos recursos hídricos assegurando vida na água, a qualidade do solo e do ar atmosférico garantindo bem-estar para a vida terrestre. Por isso, os atores globais precisam firmar compromissos sólidos para sua gestão, deixando de negligenciar seu potencial de reciclagem, transformando-a em soluções seguras de abastecimento de água e de

conservação ecológica (Bruni, 1993; WWAP, 2017, 2020; IPCC, 2022, 2023; UNEP, 2023).

Além de tudo, reciclá-la é uma medida de paz e justiça contra os conflitos pelos múltiplos usos da água, previsto para aumentar devido aos extremos do clima, crescimento populacional, uso e ocupação do solo mundial. O que exigirá, das instituições globais, atuação eficaz através de parcerias, e fortalecimento dos meios de implementação dos 17 objetivos para o desenvolvimento sustentável (Figura 14) (UN; Water, 2018; Flörke *et al.*, 2018; UNESCO; I; WSSM, 2020; Melo *et al.*, 2020; WWAP, 2017, 2020, 2023; UNEP, 2023; Wateraid, 2023).

Figura 14 - Reciclagem de água residuária de ETAs e ETEs e ODS.



Fonte: SABESP (2020).

2.8 POR QUE RECICLAR ÁGUA RESIDUÁRIA MUNICIPAL NO PLANETA?

Com certeza essa interrogação, bem como as demais apresentadas a seguir, possuem um teor de ambição frente aos múltiplos desafios associados a efetivação da prática de reciclagem de água residuária municipal em diferentes contextos e fins pretendidos. Contudo, o foco no momento é hierarquizar o conteúdo examinado, reverberando a necessidade e oportunidade de reciclar as várias fontes de água residuária municipal, como a água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs.

Considerando-as como um instrumento multidisciplinar que precisa ser melhor explorado e difundido com segurança, risco aceitável e adaptado às complexidades globais, nacionais, estaduais e municipais. Para lidar com as vulnerabilidades relacionadas ao crescimento populacional, à escassez física de água, à escassez de abastecimento de água, à poluição, aos extremos do clima, aos conflitos entre usuários de água, ao uso e ocupação do solo, ... e aumentar a capacidade de adaptação e resiliência local.

2.8.1 Necessidade global

De implementar um plano de ação mundial direcionado a um caminho sustentável e resiliente, composto por 17 objetivos e 169 metas a serem alcançadas até 2030, para beneficiar 8 bilhões de habitantes, mas pode chegar a 9 bilhões em 2037 (UN, 2023). Esse fato provoca inúmeros desafios para atingir os ambiciosos objetivos da Agenda 2030, a começar pelo fornecimento de água em quantidade e qualidade para 2 bilhões de pessoas que não têm acesso a água potável e 3,6 bilhões que não têm os serviços de saneamento (Figura 15) (WWAP, 2023).

Figura 15 - Você sabia?



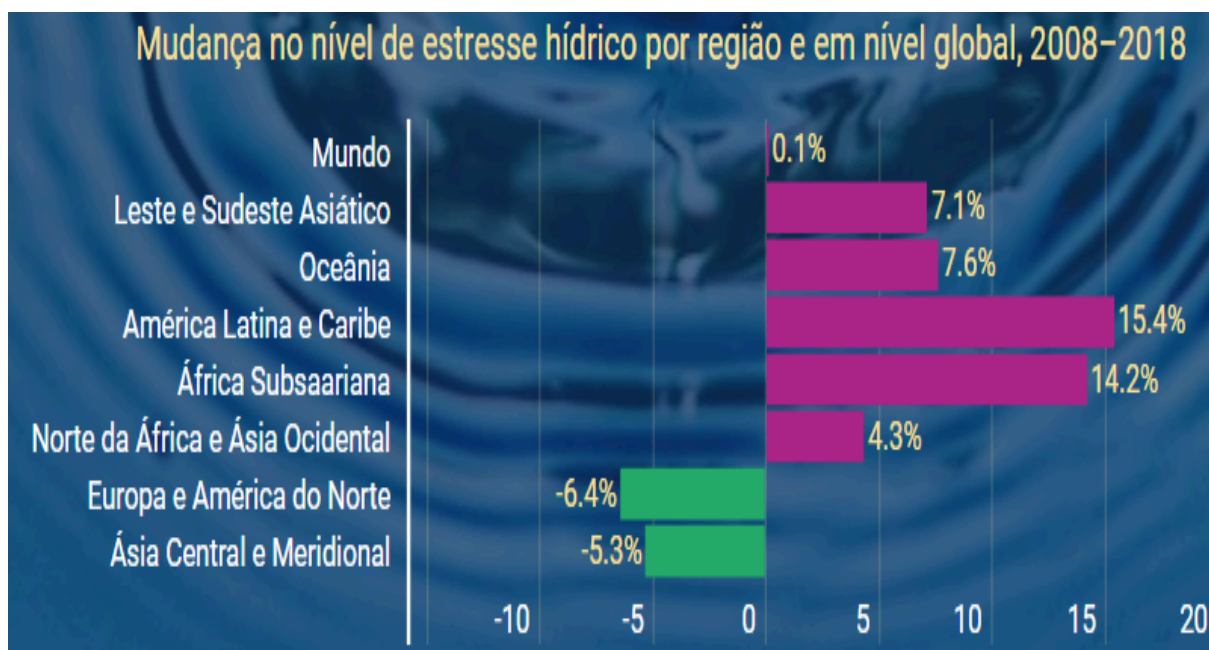
Fonte: WWAP (2023).

Ainda mais, a população urbana tende a dobrar, sofrendo mais com a falta de água, esgoto doméstico e condições inadequadas de higiene até 2050 (WWAP, 2023). Também, aumentará a competitividade entre os usuários de ambientes urbanos e rurais, por causa da repentina urbanização, consequentemente a demanda por água nas cidades aumentará em 80% até 2050 (Flörke *et al.*, 2018). Por isso, a disponibilidade da água doce potável se torna um desafio cada vez maior em um planeta globalizado (WWAP, 2023).

Estima-se que o consumo mundial de água, no último século teve um aumento sêxtuplo em relação ao anterior, sendo que sobe aproximadamente 1% ao ano a proporção que cresce a população, a economia e os padrões de consumo (WWAP, 2020). Por conseguinte, existem $\frac{2}{3}$ de pessoas vivendo com escassez física ou de abastecimento de água pelo menos durante 01 (um) mês, por ano, no mundo e cerca de 500 milhões em locais com o dobro de extração ou exploração dos recursos hídricos (WWAP, 2017).

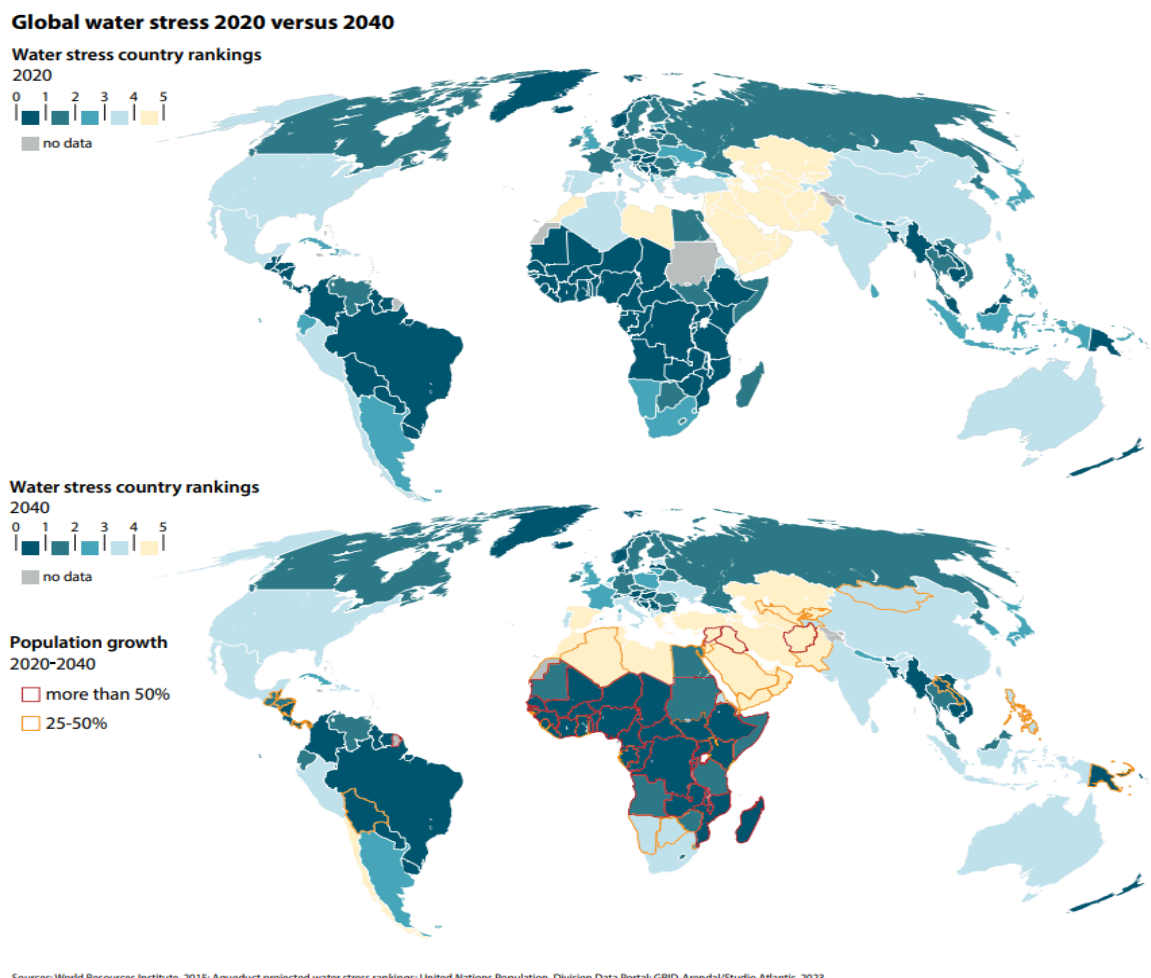
Por esses motivos, os tomadores de decisão e todas as partes interessadas precisam firmar parcerias ou compromissos sólidos para evitar uma crise mundial iminente, diminuir o estresse hídrico das fontes superficiais e subterrâneas que vem ocorrendo desde 2008, em diversas localidades do planeta (Figura 16) (Lucchesi *et al.*, 2021; UN; Water, 2021; WWAP, 2023). Com a tendência de continuar aumentando até 2040, devido ao rápido crescimento populacional e a falta de gestão e governança sustentável dos recursos hídricos (Figura 17) (UNEP, 2023.).

Figura 16 - Mudança no nível de estresse hídrico por região e global de 2008 a 2018.



Fonte: WWAP (2023).

Figura 17 - Estresse hídrico global 2020 versus 2040.



Fonte: UNEP (2023).

Mais os extremos climáticos que intensificará a escassez física e de abastecimento de água nas áreas em que já enfrentam essa problemática, assim como, provocará estresse hídrico, onde, ainda existe abundância de água, o que elevará o crescimento das irregularidades e das incertezas no abastecimento de água, em especial, nos locais suburbanos (Bruni, 1993; WWAP, 2017, 2020). Com isso, observa-se que os fatores climáticos e seus respectivos impactos sob a água trará alterações abruptas na hidrologia global.

Por exemplo, as altas temperatura provocará ineficiência na autodepuração, diminuindo o oxigênio dissolvido, elevando a concentração de substâncias químicas reguladas ou não, resultando em má qualidade da água, principalmente nas secas, um fenômeno natural recorrente no mundo, com características espaciais e temporais que variam significativamente de uma região para outra, sustentado de

disponibilidade hídrica abaixo do normal, devido às séries mínimas e esporádicas de precipitação anual, denominado vazão baixa (Van Loon, 2015; WWAP, 2020).

Essas secas podem ser meteorológicas, quando ocorre a combinação natural dos fenômenos de precipitação abaixo do normal com alto potencial da evapotranspiração em uma área atmosférica extensa, por um longo período. Ou seca hidrológica, quando existe uma combinação complexa de fenômenos hidroclimatológicos, consequência de variações anormal de tempo, movimentação de massas de ar, em grande escala e persistente, associado ao comportamento dos oceanos com a atmosfera global (Tallaksen *et al.*, 2023).

Como a seca de umidade de solo ou seca agrícola, gerada pelo déficit hídrico no sistema radicular entre solo e vegetação, impactando os ecossistemas naturais e a safra. Ou seca socioeconômica, resultado das secas meteorológica, hidrológica e umidade de solo ou agrícola, em que ocorre ineficiência no sistema hídrico, no atendimento dos múltiplos usos da água e riscos para os ecossistemas e a saúde humana, exigindo rígida gestão, governança, regulação e ação negociada da água para evitar um colapso ambiental e humano.

E seca de vazão, que ocorre quando se tem aridez, uma característica do clima árido, mais a escassez física de água causada pelo mau uso dos recursos hídricos, a escassez de abastecimento de água, momento que a demanda ultrapassa a disponibilidade da oferta de água, resultando numa complexidade de tomada de decisão de gestão e governança hídrica, em que todos esses fatores e secas ocorrem simultaneamente, provocando inúmeros prejuízos sociais, culturais, econômicos, ambientais e até perdas de vida humanas (Van Loon, 2015).

Segundo o Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC, com o aumento de temperatura de 1,5°C para a 2°C, essas secas terão frequência e magnitude significativamente maiores sobre as fontes de água doce e nos diversos sistemas humanos, por exemplo, as extremas secas agrícolas, que atingirá as áreas ao norte do continente sulamericano, região do mediterrâneo, oeste chinês e as áreas de altas latitudes ao norte do continente americano e euroassiatico, resultado da combinação entre as mudanças no ciclo hidrológico e temperatura.

Atualmente, já existem cerca de 163 milhões de habitantes no mundo vivendo em regiões com secas extremas, hidrológica ou agrícola, e a taxa de mortalidade relacionada às secas chega a 34%, sendo a África, o continente mais impactado. As estatísticas de 1970 a 2019 apontam que as secas são responsáveis por 7% dos

desastres, no cenário internacional, o que gera entre 4% a 5% de redução no plantio agrícola, perda de 166 bilhões de dólares, consequência das secas meteorológicas em todo planeta (IPCC, 2022).

Pelo exposto observa que a ação insustentável do homem na Terra tem afetado todas as partes do ciclo hidrológico, influenciando a severidade das secas sobre os ecossistemas aquática, atmosférico e terrestre, tal como as atividades humanas relacionada a matriz energética, transporte aquaviário, turismo, recreação, pesca, disponibilidade de água doce para abastecimento público, industrial, agricultura irrigada entre outros setores que depende da extração e exploração dos recursos hídricos global (Bruni, 1993; USGS, 2019; Tallaksen *et al.*, 2023)

Por isso, a gestão das secas e água será cada vez mais desafiadora e urgente, assim como, as ações de prevenção, adaptação e redução de riscos, pois, a água está no centro do desenvolvimento sustentável e suas interconexões ultrapassar as dimensões socioeconômicas e ambientais abrangendo segurança hídrica, alimentar, energética, ecossistêmica, climática, as cidades sustentáveis, economia circular, saneamento, saúde pública, etc., que dependem da água e vulneráveis aos extremos do clima (Van Loon, 2015; WWAP, 2020; UNEP, 2023).

Desse modo, assegurar o direito humano ao acesso à água, higiene e saneamento é ir de encontro à implementação limitada, desigual e desproporcional da prestação de serviços de água potável, higiene e saneamento básico, que afeta especialmente os pobres, idosos, crianças, mulheres e pessoas com deficiência. E a escassa adaptação e mitigação aos extremos climáticos, indispensável para o alcançar os objetivos e as metas da Agenda 2030, Marco SENDAI e Acordo de Paris sobre Mudança Climática.

A fim de reduzir significativamente as múltiplas perdas causadas por várias catástrofes potencializadas pela ação insustentável do homem (WWAP, 2020; UNDRR, 2015). Enquanto em ritmo quadruplicado, com a cooperação das políticas públicas de saúde, ocorre o cumprimento dos ambiciosos objetivos de universalização dos serviços de água, higiene e saneamento até 2030, com segurança, risco aceitável, adequado e adaptado, em um mundo longe de ser sustentável (UNICEF; WHO; 2020, 2021; WHO; UNICEF; World Bank, 2022).

Onde, 1,4 milhão de pessoas morrem e 74 milhões têm seus anos de vida reduzidos por causa do contato com serviços de água, saneamento e higiene inadequados ou sem segurança (WHO, 2019). E 149,2 milhões de crianças, com

idade inferior a 5 anos tem seu desenvolvimento físico e cognitivo afetado pela má alimentação. Por esse motivo, a implantação segura dos serviços de água, higiene e saneamento, reduz a desnutrição infantil, insegurança alimentar e outras causas de morte no mundo (Lucchesi *et al.*, 2021; UN; Water, 2021; WHO, 2021).

Como também, diminui os riscos à saúde dos profissionais que atuam nas áreas de prestação de serviços de água, higiene e saneamento, residencial ou público, que são os mais vulneráveis, a serem acometidos por doenças devido ao contato com as várias fontes de água residuária municipal (World Bank; ILO; Wateraid; WHO, 2019). Tal como, coíbe a disseminação de doenças, em locais ocupados por migrações forçadas em razão de intolerância religiosa, exploração, conflitos, extremismo, terrorismo, guerra, fome, pobreza e violência (WWAP, 2023).

Nesse contexto, as tomadas de decisão para reduzir os impactos sobre os recursos hídricos, a prestação dos serviços de água, higiene e saneamento, não podem excluir a gestão das várias fontes de água residuária municipal, como a de retrolavagem de filtros de ETAs, um desafio associado ao uso e ocupação do solo, a principal causa da poluição hídrica mundial, com mais de 80% de despejos em água e solo, que causou 842 mil mortes, em 2012 (WWAP, 2017, 2023). E continua contaminando as fontes de acesso à água doce de 2 bilhões de habitantes.

Bem como, disseminando doenças como, cólera, disenteria, pólio, teníase, cisticercose, toxoplasmose, hepatite A, esquistossomose, legionelose, malária, dengue, chikungunya, zika vírus, leptospirose, febre tifoide, Vale do Rift e amarela (WWAP, 2017; UNICEF; WHO, 2021, 2022). Isso porque os níveis de tratamento são baixos ou inseguros, pois 44% das diversas fontes de água residuária municipal, incluindo a de retrolavagem de filtros de ETAs, em 2020, foi devolvida ao meio ambiente, inadequadamente (WWAP, 2017; UN; Habitat; WHO, 2021).

Do mesmo modo que seu tratamento gerou indiretamente 4% das emissões de carbono, em 2014 (IEA, 2017). Como também, 11,8% de gás metano (CH₄), assim como, suas descargas lançam 4,2 % de óxido nitroso (N₂O) na atmosfera de todos os países do mundo, o que contribui com aumento de fósseis por exemplo, o dióxido de carbono - CO₂ e outros gases de efeito estufa - GEEs, e ajuda a alterar a temperatura, frequência e magnitude dos fenômenos de estiagem, seca e precipitação global (IPCC, 2018; EU, 2019).

Mas nem sempre a universalização dos serviços de água, higiene e saneamento diz respeito à melhor gestão e governança das inúmeras fontes de

água residuária municipal, tampouco inclui a de retrolavagem de filtros de ETAs, porque apenas 60% podem ser considerados efetivos, ou seja, 26% em áreas urbanas e 34% rurais, isto é, previne efetivamente o contato humano com excretas. Uma vez que, os países desenvolvidos tratam aproximadamente de 70% de suas diversificadas fontes de água residuária urbana e industrial que produzem.

Como a água residuária de procedimento de retrolavagem de ETAs, a fim de promover qualidade ambiental e suprir a escassez hídrica. Enquanto os países em desenvolvimento trata 38% e os países subdesenvolvidos apenas 8% devido à falta de infraestrutura, técnica e financiamento, o que justifica os dados estatísticos de mais de 80% das múltiplas fontes de água residuária municipal no mundo, englobando a de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs ser lançada em água ou solo, sem nenhum tratamento (CONESAN, 2010, 2011; WWAP, 2017).

Causando contaminação por diversos microorganismos patogênicos ou oportunistas, por exemplo, vírus, fungos, algas, protozoários, bactérias e outros presentes em materiais orgânicos, além de contribuir com a absorção e adsorção de substâncias inorgânicas das diversificadas fontes de produção humana e animal (Chen *et al.*, 2016; ANA, 2017; Hamilton *et al.*, 2018; APA, 2019; WWAP, 2017, 2020; São Paulo, 2021; CETESB, 2022, 2023; SAAE, 2019, 2024; Qian *et al.*, 2021, 2023; Xie *et al.*, 2024).

2.8.2 Oportunidade das nações

A medida que aumenta a população, consumo, competitividade, conflitos entre usuários por água doce, extração, exploração excessiva dos recursos naturais, urbanização acelerada, mau uso do solo e os extremos climáticos, fazer o uso otimizado e reciclar as várias fontes de água residuária municipal é uma estratégia frente a esses fatores globais, principalmente em regiões com escassez hídrica (Flörke *et al.*, 2018). Como a Europa Ocidental, que já recicla 16% dessa água, incluindo a água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs.

E o Médio Oriente com Norte da África que também já reciclam 15% desse recurso. Representando respectivamente a estimativa de 5,7% e 5,8% da população mundial (Jones *et al.*, 2021). Sendo assim, a prática de reciclar as diversas fontes de água residuária municipal, no cenário internacional ocorre devido à proporção entre a produção das múltiplas fontes de água residuária municipal e as ações humanas,

pois, aumenta a demanda por usos de água, consequentemente se produz mais dessa água, inclusive a de retrolavagem de filtros de ETAs.

E a poluição dos ecossistemas do planeta, isso, porque a maioria dos países, exceto os mais desenvolvidos, não realiza tratamento adequado para essa água. Por consequência, são despejadas nos recursos hídricos, no solo, afetando a qualidade da água, a produção de alimentos, a saúde humana e o meio ambiente. Tudo porque a água após o uso é vista como um “problema” a ser descartado e esse tipo de atitude negligencia os impactos negativos imediato, inferioriza-a como parte do ciclo de gestão hídrica e impede que esse recurso seja melhor explorado.

A falta das várias fontes de água residuária municipal, especialmente a de retrolavagem de filtros de ETAs, no debate socioambiental e socioeconômico compromete a efetivação da Agenda 2030 (WWAP, 2017). Uma vez que a água é um elemento conectivo indispensável, nem sempre reconhecido, porém essencial para atingir todos os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS, assim como a ineficiência de ações adaptativas e de mitigação contra os extremos do clima que impõe risco ao ODS 6, Água potável e Saneamento.

Bem como, aos demais ODS, por exemplo, o 13, Ação contra a mudança global do clima, que acontece de forma paralela ao Acordo de Paris sobre Mudança Climática, pois não possui instrumento legal que os vincule (WWAP, 2020). Considerando esses fatores, é preciso, que as nações firmam acordos internacionais para gestão e governança equitativa e sustentável dos recursos hídricos, reduzindo o déficit de 40% do abastecimento global de água. Tal como, para ações de adaptação e mitigação contra as alterações climáticas.

Como, a frequência e magnitude das secas e outros extremos que vem afetando a comunidade global, principalmente, os mais vulneráveis, sem acesso à água, higiene e saneamento (IPCC, 2018; WWAP, 2023). Nesse caso, a água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs, se recicladas com segurança, risco aceitável é uma ação de adaptação e mitigação contra as alterações climáticas (Hamilton *et al.*, 2018; Zielina; Dabrowski, 2021; Qian *et al.*, 2021, 2023; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023; Xie *et al.*, 2024).

Já que, o uso não potável de água reciclada, em particular de retrolavagem de filtros de ETAs promove a sustentabilidade ecológica, social e econômica. Adaptação aos fenômenos de estiagem e seca. Otimização, racionalização e eficiência no uso da água, porém seu tratamento deve ser seguro, adequado à

finalidade pretendida, com risco aceitável, padrões específicos e adaptado à realidade local, para contribuir com a redução de riscos à saúde humana e ambiental. Expandir a prestação dos serviços de água, higiene e saneamento.

E coibir a defecação ao ar livre de quase 1 bilhão de pessoas no mundo (WWAP, 2017, 2020). Sendo assim, esse uso é considerado viável para os países em desenvolvimento e subdesenvolvido, que possui pouca taxa de tratabilidade das várias fontes de água residuária municipal, como a água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs. Desafio de efetivar a meta 6.3 do ODS 6 até 2030, em prol do interesse público e com respeito aos acordos normativos de promoção à qualidade ambiental e bem estar humano (WWAP, 2017).

Como exemplo, os países árabes que já reciclam a água residuária de ETEs e ETAs para promover melhorias no fornecimento e expansão dos serviços de abastecimento de água, higiene e saneamento (WWAP, 2015). Especificamente, a Jordânia, em 2012 iniciou o projeto de ampliação da estação de tratamento para as múltiplas fontes de água residuária municipal de As-Sama, compreendendo a de retrolavagem de filtros de ETEs e ETAs, combinando pacote financeiro de empresas privadas doadoras e governo jordaniano.

Para expandir a prestação desses serviços para as cidades de Amã e Zarqa, mais populosa da Jordânia. A meta inicial é expandi-los de 2,3 para 3,5 milhões de habitantes até 2050, sendo que 70% para a população de Amã e 75% de Zarqa. Esse caso é o primeiro do Oriente Médio, e pode servir de estímulo para novos projetos em mercado emergente, pois o governo e os usuários locais são beneficiados, não subsidia o setor privado, e é um mecanismo para a materialização de projetos para as múltiplas fontes de água residuária municipal.

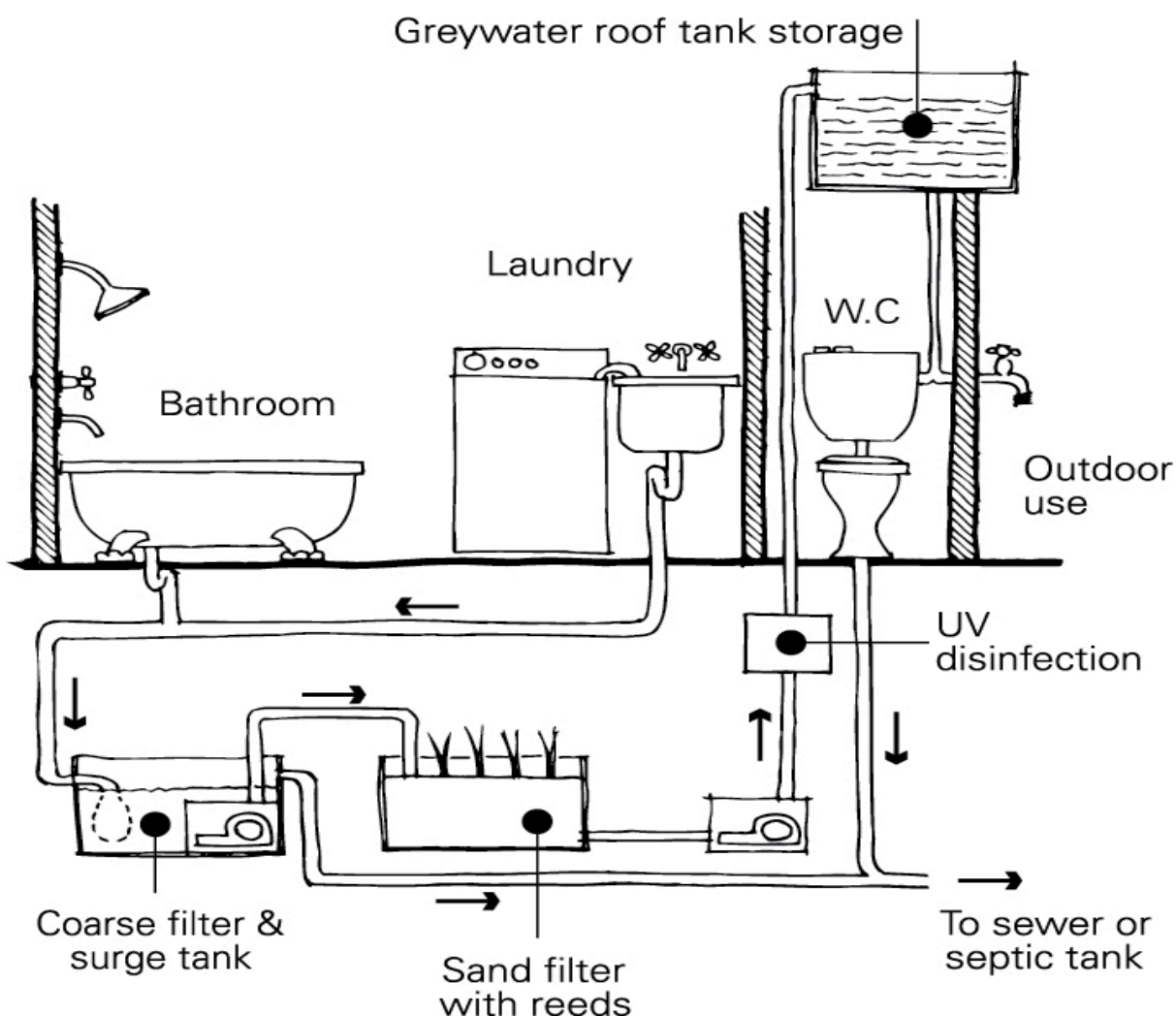
Principalmente, frente às vulnerabilidades de quantidade e qualidade de água no Oriente Médio. Portanto, esse tipo de parceria público privada, conhecido como financiamento de lacunas de viabilidade e subsídios, é indispensável para fomentar projetos para o tratamento das inúmeras fontes de água residuária municipal (WWAP, 2023). Outro fato, é a Austrália que recicla as múltiplas fontes de água residuária municipal, frente ao aumento das mudanças climáticas, principalmente, após a “Seca do Milênio”, ocorrida entre os anos de 2000 e 2010.

Que levou a nação australiana repensar suas políticas públicas de gestão e governança da água, os projetos de infraestrutura e a educação ambiental (Radcliffe, 2015). Com a finalidade de reduzir os impactos na quantidade e

qualidade de água, por isso, adotou um sistema de reciclagem não potável de água residuária municipal, onde a água residuária doméstica é destinada para reservatórios próprios e tratadas. Depois retorna as casas, através de sistema hidráulico não potável, à parte, conforme a (Figura 18).

Com objetivo de ser utilizado na descarga de sanitários, irrigação de jardins, limpeza de veículos, calçadas, garagens, entre outros usos não potáveis. Esse tipo de sistema promove a gestão e governança participativa da água, o reconhecimento sustentável e econômico das inúmeras fontes de água residuária municipal, como uma fonte alternativa de água para atender a demanda hídrica das áreas urbanas e rurais, que enfrenta escassez de abastecimento de água devido ao mau uso e fenômenos de secas (Your Home, 2023).

Figura 18 - Sistema de reciclagem não potável de água.



Fonte: Your Home (2023).

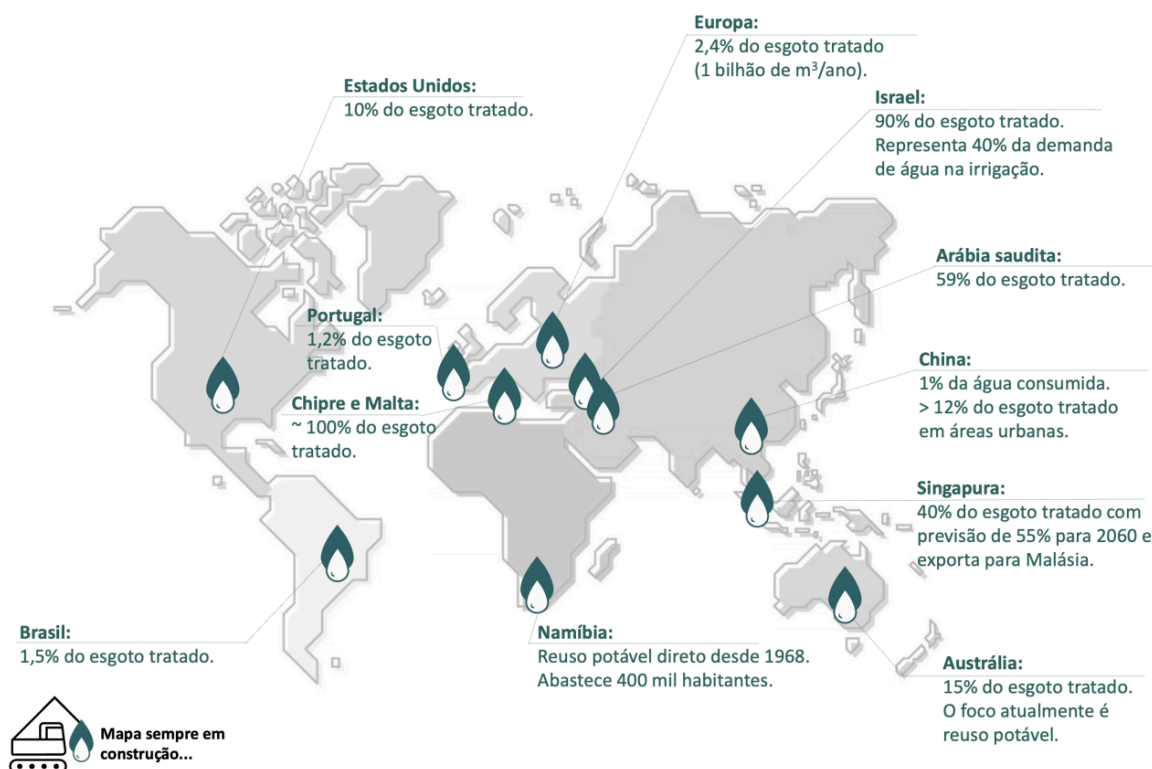
Por essa razão, a Austrália possui destaque no cenário internacional por desenvolver projetos de reciclagem de água até para fins potáveis, com a combinação de gestão de riscos e educação ambiental. O objetivo é produzir resultados sociais, econômicos, ambientais e de saúde pública para a atual e as futuras gerações. Ainda, foi o primeiro país a desenvolver diretrizes nacionais para reciclagem das inúmeras fontes de água residuária municipal com protocolos detalhados para a validação de desempenho de tratamento.

Tudo para assegurar se os múltiplos processos executados com tecnologia de ponta estão garantindo a qualidade do produto final, água reciclada não potável e potável (Khan *et al.*, 2018). Esses exemplos de gestão e governança participativa da água, parceria público privada para projetos de água reciclada não potável e potável, promove expansão da prestação dos serviços de abastecimento de água e esgoto sanitário, inibe a poluição gerada pela falta de tratamento das diversas fontes de água residuária em ambientes urbanos e rurais.

Que ameaça a provisão de água limpa e a capacidade dos ecossistemas hídricos. Além de ser uma estratégia para lidar com os fenômenos de seca, que comprometem os sistemas de água, higiene e saneamento (WWAP, 2020). Dessa forma as diversas fontes de água residuária municipal, em especial, a de retrolavagem de filtros de ETAs, deixam de ser um “problema” e passam a ser uma solução sustentável de acesso à água, higiene e saneamento para os povos, uma ação global contra as mudanças climáticas.

Tal como, um meio de transição para a economia circular, pois associa desenvolvimento econômico global com a sustentabilidade dos recursos naturais (WWAP, 2017; UNEP, 2023). Em consideração a isso, várias nações (Figura 19) vem usando as inovações tecnológicas de saneamento para reciclar as inúmeras fontes de água residuária municipal e transferi-la aos diversos atores da sociedade global, com finalidade de criar oportunidades para gestão e governança eficiente de água interiores, transfronteiriças e recicladas.

Figura 19 - Porcentagem de água reciclada no mundo.



Fonte: IRdA (2023).

Uma vez que, esse recurso é acessível, valioso e precisa ser melhor explorado como fonte quantitativa e qualitativa de água, instrumento de despoluição de bacias, ferramenta de avaliação e monitoramento multidisciplinar (WWAP, 2017, 2023; IRdA, 2023). Já que, as diversas fontes de água residuária municipal, principalmente a de retrolavagem de filtros de ETAs, possuem 99% de água e 1% de diversos tipos de sólidos, substâncias orgânicas, inorgânicas e agentes biológicos de fontes produtoras diversificadas.

Que podem ser classificadas quanto aos impactos negativos à saúde pública, ao meio ambiente e às inúmeras atividades humanas. No caso de água residuária de origem doméstica, a vantagem é o menor potencial de substâncias perigosas, mas ainda assim existe a presença de substâncias reguladas e não reguladas, de uso comum da população. Que fazem parte da composição química de ansiolíticos, antibióticos, antiinflamatórios, analgésicos, reguladores de hormônios como etinilestradiol, bisfenol, levonorgestrel e outros (WWAP, 2017; CETESB, 2022).

Por causa disso, sua exploração exige aplicação de técnica, para prevenção ou redução de poluição, coleta e tratamento, fonte sustentável de água e

recuperação de produtos e subprodutos ecológicos, que são as quatro fases circulares das múltiplas fontes de água residuária municipal, sem excluir a água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs. Logo, fundamentais para sua gestão e governança em âmbito local e regional (Freitas *et al.*, 2010; Lustosa *et al.*, 2017; WWAP, 2017; SAAE, 2019).

Na primeira fase, prevenção ou redução da poluição deve primeiro efetuar as ações de prevenção, geração mínima, educação ambiental e fiscalização do uso de substâncias químicas reguladas e não reguladas. Depois, as ações de correção, isto é, tratamento seguro, com risco aceitável, adequado, com padrões específicos, adaptado à finalidade pretendida e a realidade local. Já que, as medidas corretivas exigem mais investimento se comparado com as de prevenção. Mas, independentemente se a medida for preventiva ou corretiva.

É indispensável o monitoramento contínuo em todo ciclo de gestão e governança das múltiplas fontes de água residuária municipal, (WWAP, 2017) porque, qualquer fato não mensurado gera desconhecimento de causa e falta de avaliação efetiva dessa gestão e governança, o que justifica a necessidade de múltiplas barreiras, que são ações de proteção de natureza química, como o controle de determinados parâmetros no processo de produção, armazenamento, distribuição e aplicação de água reciclada não potável.

Ou de natureza biológica, eliminação de microrganismos patogênicos e oportunistas. E de natureza física, que é a sinalização adequada para evitar o uso em fins não pretendidos (WHO, 2017; ISO, 2018; APA, 2019; São Paulo, 2020; CETESB, 2022). Na segunda fase, coleta e tratamento, é necessário, atentar que existem várias fontes de produção, isso, porque a eliminação predominante de excrementos é através da água (Brasil, 2005; Raschid-Sally; Jayakody, 2008; WWAP, 2017; Aparecida, 2020; Jones *et al.*, 2021).

Bem como, para os desafios locais ou regionais de uso e ocupação do solo, processos de urbanização, atividade econômica, densidade demográfica, viabilidade, gestão e governabilidade municipal. Em relação ao desafio da viabilidade, observa que, os sistemas descentralizados de pequeno porte vêm crescendo no cenário internacional. Porque, se comparado com um sistema centralizado, o seu financiamento custa cerca de 20% a 50% para instalar e de 5% a 25% para operar e mantê-lo.

Por esse motivo, o tratamento das múltiplas fontes de água residuária municipal, menor é uma tendência global, pois pode ser gerido de maneira comunitária, como nos casos de campos de refugiados, comunidades satélites e bairros rurais, a fim de poupar água potável e assegurar o acesso à água, higiene e saneamento, especialmente em regiões áridas ou semiáridas (WWAP, 2017, 2020). Mesmo caso, é a água residuária de procedimento retrolavagem de filtros de ETAs (SAAE, 2019; Qian *et al.*, 2021, 2023; Xie *et al.*, 2024).

Que vem sendo explorado como um recurso de recuperação ambiental, uso parcial na caixa de entrada de água bruta de ETAs e na substituição de água potável em fins não potáveis (Hamilton *et al.*, 2018; São Paulo, 2020). Outra forma econômica de tratá-la é usando soluções baseada na natureza, por exemplo, a fertirrigação, em que a água residuária originária de pocilgas, redis, estábulos, viveiros, granjas e outros são reutilizadas na agricultura e pastagem. Mas para isso, deve ser avaliado o quantitativo de carga poluidora, tipos de substância regulada ou não regulada.

E a capacidade de suporte do ecossistema, para não exceder os limites ecossistêmicos, perder a eficiência da autodepuração e causar agravos socioambientais e humanos (Van Loon, 2015; WWAP, 2017). Na terceira fase, fonte sustentável de água, a reciclagem não potável das múltiplas fontes de água residuária municipal, sem excluir a de procedimento retrolavagem de filtros de ETAs têm como objetivo auxiliar no atendimento à demanda mundial pelo uso da água, evitar a captação de água bruta de melhor qualidade, cada vez mais distante.

Mitigar os conflitos entre usuários de água, promover viabilidade econômica, mas para isso, a reciclagem não potável das inúmeras fontes de água residuária municipal, como a de procedimento retrolavagem de filtros de ETAs precisa estar próximo das fontes geradoras e deve adotar o uso de variável sub-rogada para os padrões de qualidade serem proporcionais aos fins pretendidos (Lustosa *et al.*, 2017; WWAP, 2017; Hespanhol, 2019; Filho, 2017, 2021; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023; Xie *et al.*, 2024).

Na última fase, recuperação de produtos e subprodutos, a reciclagem não potável das várias fontes de água residuária municipal, por exemplo, a água residuária de procedimento retrolavagem de filtros de ETAs, gera aos setores hídrico e saneamento a oportunidade de reduzir as emissões de GEEs, através da recuperação do biogás e da geração de energia geotérmica (WWAP, 2017; Lustosa

et al., 2017; SABESP, 2020; Qadir *et al.*, 2020; Aquapolo, 2022; Campinas, 2023; UNEP, 2023).

Ainda mais, sabendo que mais de 80% dessa, abrangendo a de retrolavagem de filtros de ETAs, sem tratamento auxilia no aumento da concentração desses gases na atmosfera global e contribui com os extremos hidrometeorológicos (UNESCO; UN; Water, 2020; WWAP, 2020; IPCC, 2022). E, o biogás pode ser aproveitado como fonte de energia elétrica em processos de aquecimento ou resfriamento industrial, bem como, nas próprias ETEs, ETAs e ETARs - Estação de Tratamento de Água Residuária.

Para auxiliá-la na redução de custos operacionais, participação em ações de créditos e programas de carbono. Além disso, possui custo-benefício, ajuda a fomentar o desenvolvimento socioeconômico, ambiental e a impulsionar a transição para a economia circular local ou regional (WWAP, 2017, 2020; UNEP, 2023). Mas também, pode ser aproveitado o bio sólido, fertilizante orgânico, mineral, composto de nitrogênio e fósforo, que dependendo da origem, tamanho e localização dessas estações de tratamento.

Esse bio sólido possui menor carga de substâncias químicas, risco aceitável ao meio ambiente e a saúde pública em relação ao lodo de uma estação de tratamento centralizada (WWAP, 2017). Com isso, as nações têm uma alternativa para lidar com a escassez mundial de reservas de fósforo mineral (Cordell *et al.*, 2014). Como também, pode aproveitar a ureia proveniente da urina que possui 88% de nitrogênio e 66% de fósforo, essencial para o crescimento das plantas e o agronegócio mundial.

Além do mais, a otimização do sistema de tratamento de água potável, das diversas fontes de água residuária municipal, e sua reciclagem, como a reciclagem não potável de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs, reduz perdas de água, energia, contribui com a pegada hídrica das organizações corporativas de água e saneamento, estimula a competitividade de mercado, investimentos e consumidores sustentáveis (SAAE, 1969; IBGE, 2017; WWAP, 2017, 2020; Xie *et al.*, 2024).

Em razão disso, as diversas fontes de água residuária municipal, inclusive a de retrolavagem de filtros de ETAs, é um recurso acessível, viável, realista e deve ser melhor explorado, diante dos extremos climáticos de precipitação baixa, seca, aumento de temperatura e outros influenciados pela ação insustentável do homem.

Portanto, incluí-la na gestão e governança hídrica local é coibir práticas antigas e inadequadas nos serviços de água e saneamento, bem como fornecer oportunidade e inovação para uma governança socioambiental (WWAP, 2017, 2023).

Pelo exposto, o uso não potável de água reciclada em meio urbano, como a de retrolavagem de filtros de ETAs é uma tendência, em especial, nos países do médio oriente, africano, asiático, europeu e norte americano. Na maioria, o amplo acesso e a gratuidade das diversas fontes de água residuária municipal são em áreas periféricas, por causa da falta de saneamento e a proximidade de cultivos agrícolas. É o caso de países árabes, que essa água é parte central nos planos de gestão e governança hídrica.

E após serem tratadas, com segurança são usadas na agricultura e recarga subterrânea. Estima-se que em 2013, 71% da coleta das diversas fontes de água residuária municipal, nesses países foram tratadas adequadamente, sendo que 21% foram usadas na produção de alimentos e recarga aquífera. Por isso, é uma perspectiva regional de segurança hídrica considerando relações interconectadas da água com geração de energia, produção de alimentos, melhorias de saneamento e medidas de adaptação e mitigação contra as alterações do clima.

Enquanto nos países asiáticos seus subprodutos como, sais, nitrogênio e fósforo possuem valoração econômica. E tem importância significativa para subsistência local, porque é um negócio lucrativo, em que a geração de renda dos fertilizantes originários de água residuária de ETEs e ETAs ultrapassam os custos para tratá-la. Consequentemente, observa-se mais apoio governamental para sua gestão e governança em ambiente urbano nesses países (WWAP, 2017; Moura *et al.*, 2020; UN; Water; ESCAP, 2022; Jordan, 2016, 2023).

Já nos países europeus e nos Estados Unidos da América os níveis de tratamento dessa água vêm gradativamente melhorando nos últimos 20 anos, inclusive, com a finalidade de saciar a sede humana. Mas, ainda existe um volume considerável das múltiplas fontes de água residuária municipal, abrangendo a de retrolavagem de filtros de ETAs que são coletadas e lançadas sem tratamento nos recursos hídricos e no solo (CONESAN, 2010, 2011; WWAP, 2017; São Paulo, 2021; CETESB, 2022, 2023; SAAE, 2019, 2024).

Enquanto a estimativa de seu tratamento, em países latinos e caribenhos chega a atingir 30% devido às melhorias na prestação dos serviços de água potável e esgotamento sanitário urbano, fortalecimento socioeconômico nas últimas décadas

por causa da integração das economias regionais desses países com o mercado internacional (WWAP, 2017). E, o maior uso não potável das inúmeras fontes de água residuária municipal é em regiões áridas, como Lima, Capital do Peru, e semiáridas, caso do Nordeste brasileiro.

A fim de atender o déficit entre oferta e demanda por água em períodos de seca, como houve no Sudeste brasileiro entre os anos de 2014 a 2016. De fato, as inúmeras fontes de água residuária municipal é uma fonte inovadora, adicional, segura e sustentável de água para as cidades, porém é preciso promover condições transformadoras de apoio à economia circular, cidades sustentáveis, otimização, racionalização, redução de perdas e reciclagem para esse tipo de água (CEIVAP, 2015; WWAP, 2017; UN; Water, 2021).

Como exemplo a reciclagem não potável de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETAs (SAAE, 2019; Qian *et al.*, 2021, 2023; Xie *et al.*, 2024). Para essas condições transformadoras acontecerem é fundamental apoio político, institucional e financeiro das pequenas iniciativas descentralizadas e locais, assim como, para as maiores, centralizadas e regionais, por exemplo, tratamento adequado, seguro, com risco aceitável, adaptado à realidade local, adaptação de arcabouço legal, instrumento de enquadramento por classe, regulação, capacidade técnico administrativa, transparência e acesso a informação sobre essa água.

Assim como de seus subprodutos, porque a falta ou pouca ou a sobreposição de padrões de qualidade que envolve essa prática causa insegurança de mercado (World Bank, 2016; ANA, 2017; WWAP, 2017; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023). E provoca rejeição psicológica, desinteresse de investidores, inviabilidade da prática por alto custo de investimento ou por investimento inadequado às peculiaridades locais e regionais (SAAE, 2019, 2024; Whately *et al.*, 2023; IAS, 2024).

Que em geral é mais oneroso se comparado com os impactos negativos socioeconômico, ambiental e de saúde pública. Por isso, é indispensável a recuperação de custos e mecanismos de financiamento apropriados para a gestão e governança das múltiplas fontes de água residuária municipal visando tecnologia adequada, adaptada à realidade local, de baixo custo, com risco aceitável, descentralizadas, que produzam qualidade, eficiência e o mínimo de falhas (World Bank, 2016; ANA, 2017; WWAP, 2017, 2020; APA, 2019; UNEP, 2023).

Inclusive é bom que os preços, tarifas, taxas aplicadas sobre essa água sejam inferiores às de água potável para atrair demanda de mercado, aceitação

pública de todos os atores sociais, incluindo os de baixa renda que são os mais vulneráveis, vivem nas áreas periurbanas e mais expostos a contato com essa água não tratada. Por causa disso é urgente minimizar os riscos de surtos por doenças transmitidas pela água, alimentos e vetores, bem como a poluição e outros impactos negativos ambiental e humano.

Ainda mais, essa população mais exposta, na maioria possui percepção limitada dos riscos para a saúde humana, quando em contato com áreas contaminadas por inúmeras fontes de água residuária municipal não tratada, devido ao baixo nível de escolaridade e pobreza. Por isso, são necessárias medidas socioeducativas de prevenção e gestão de riscos para evitar exposição acima do risco aceitável à saúde humana e ao meio ambiente, por meio da construção do conhecimento e capacidades dos atores envolvidos (WWAP, 2017; APA, 2019).

Como, banco de dados sobre origem, composição, tratamento, fim pretendido, padrões qualitativos, volumes e outros fatores relacionados à sua reciclagem, pois essas informações são importantes para os tomadores de decisão formularem políticas públicas, normas de referências, diretrizes, planos adequados às peculiaridades locais, em que serão assegurados equilíbrio ambiental e bem-estar humano. Mas, até nos países mais desenvolvidos existe essa falta de dados para sua gestão, principalmente de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs.

Por consequência, gera ausência de conhecimento técnico científico e dificuldade para definir o uso de tecnologias adequadas para remoção eficiente de substâncias químicas, em particular as não reguladas, durante seu tratamento. Por isso, a necessidade de transferência tecnológica, parceria e cooperação entre os países para alcançarem a meta 6.3 do ODS 6, da Agenda 2030. E não se pode excluir a participação social nas tomadas de decisão sobre essa água, pois a falta de conscientização e aceitação social impede a prática.

Por causa de paradigmas socioculturais, desconhecimento e insegurança associada aos riscos ambientais e humanos. Diante disso, esses riscos devem ser monitorados, mensurados, avaliados e divulgados periodicamente para estimular a aceitação pública, por meio da potencialização de impactos positivos e mitigação dos negativos. E não negligenciar os extremos do clima, que irão impactar a gestão das diversas fontes de água residuária municipal global, inclusive sua prevenção e gestão de riscos (WWAP, 2017; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023).

Em particular, da água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs que já sofrem interferência de microrganismos patogênicos e oportunistas. Matéria orgânica dissolvida, sólidos suspensos e totais, compostos orgânicos e inorgânicos. Subprodutos de desinfecção, trihalometanos, ácidos haloacéticos, nitrosodimetilamina, halo acetonitrilas e halo acetamideos. Substâncias solúveis em hexana de origem mineral, vegetal e animal (Gottfried *et al.*, 2008; Hamilton *et al.*, 2018; Qian *et al.*, 2021, 2023; Xie *et al.*, 2024).

2.9 POR QUE RECICLAR ÁGUA RESIDUÁRIA MUNICIPAL NO BRASIL?

2.9.1 Situação Brasileira

Como os demais países da América Latina e Caribe, o Brasil possui inúmeros desafios de gestão, governança e regulação de água, devido à falta de financiamento, equidade tarifária, infraestrutura institucional, técnica e legal. Consequentemente, dificuldades no alcance das metas da Agenda 2030. Em especial, a meta 6.3, referente ao aumento substancial da reciclagem segura adequada, com risco aceitável e adaptado à realidade local das várias fontes de água residuária municipal, para reduzir a poluição da água, solo e ar atmosférico.

Estima-se que em 2021 foi despejado ao meio ambiente, sem nenhum tipo de tratamento, mais de 4 milhões de metros cúbicos das diversas fontes de água residuária municipal produzida no país, (WWAP, 2023; GTSCA, 2023) englobando a de retrolavagem de filtros das mais diversas ETAs brasileiras. A falta de tratamento adequado, seguro, com risco aceitável e adaptado à realidade local, para essa água atinge mais de 21 milhões de crianças e adolescentes que convivem com o racismo ambiental, pobreza e doenças de veiculação hídrica.

Assim como, impacta cerca de 66 milhões de brasileiros com insegurança alimentar, principalmente, crianças com idade inferior a 5 anos. Somente a água residuária de origem doméstica não coletas no país, gerou 29% das emissões dos gases potenciais do aquecimento global (IBGE, 2017; SEEG, 2020; GTSCA, 2023). O que contribui com extremo calor, redução de vazão e indisponibilidade hídrica, que já afeta severamente os países da América Latina e Caribe (WWAP, 2020). E, quando ocorre a combinação de extremo calor e fenômenos de secas.

Esses impactos são gravíssimos (CEMADEN, 2024). Aliado à exploração ou a exploração excessiva dos recursos hídricos, para atender a crescente demanda pelos múltiplos usos da água, que aumentou em 80% nos últimos 20 anos. Ainda com a previsão de ultrapassar os 100% nas próximas décadas, para continuar garantindo os usos de água dos setores produtivos e das cidades, em crescimento acelerado e desordenado, que já sofrem com a escassez de abastecimento de água, por motivo da poluição aquática.

Na maioria, causada pelas múltiplas fontes de água residuária municipal (WWAP, 2017, 2020; GTSCA, 2023). Do uso não otimizado da água, que gera mais de 50% de perdas de água potável nos sistemas de tratamento, reservação e distribuição pública de água. O que resulta em mais de 50 milhões de brasileiros, vivendo em áreas urbanas ou suburbanas com intermitência e racionamento “forçado” de água, imposto pelas prestadoras de serviços de abastecimento de água potável (ANA, 2019, 2021; WWAP, 2020; GTSCA, 2023).

E para agravar essas situações, os fenômenos de secas estão com maior frequência, maior intensidade e menor tempo de retorno, ou seja, inferior a vinte anos, por causa das mudanças climáticas (ANA, 2023; IPCC, 2023). Calcula-se que entre os anos de 1992 a 2022 ocorreram mais de 28 mil eventos de secas e estiagens, o que atingiu mais de 123 milhões de pessoas, deixou mais de 50 mil desabrigados e desalojados e provocou 210 mortes, segundo o Atlas Digital de Desastres no Brasil (Brasil, 2023).

Os impactos humanos causados pelas estiagens e secas, supera os gerados pelas cheias. Os danos totais ultrapassam os 660 milhões de reais e os prejuízos econômicos são superiores a 300 bilhões de reais. Somado as 126 ocorrências de onda de calor e baixa umidade, que afeta mais de 1 milhão de pessoas, gera mais de 171 milhões de reais para os cofres públicos e para a população brasileira, que está cada vez mais vulnerável, devido às perdas psicossociais, culturais, econômicas, ambientais, humanas, etc. (ANA, 2023; Brasil, 2023).

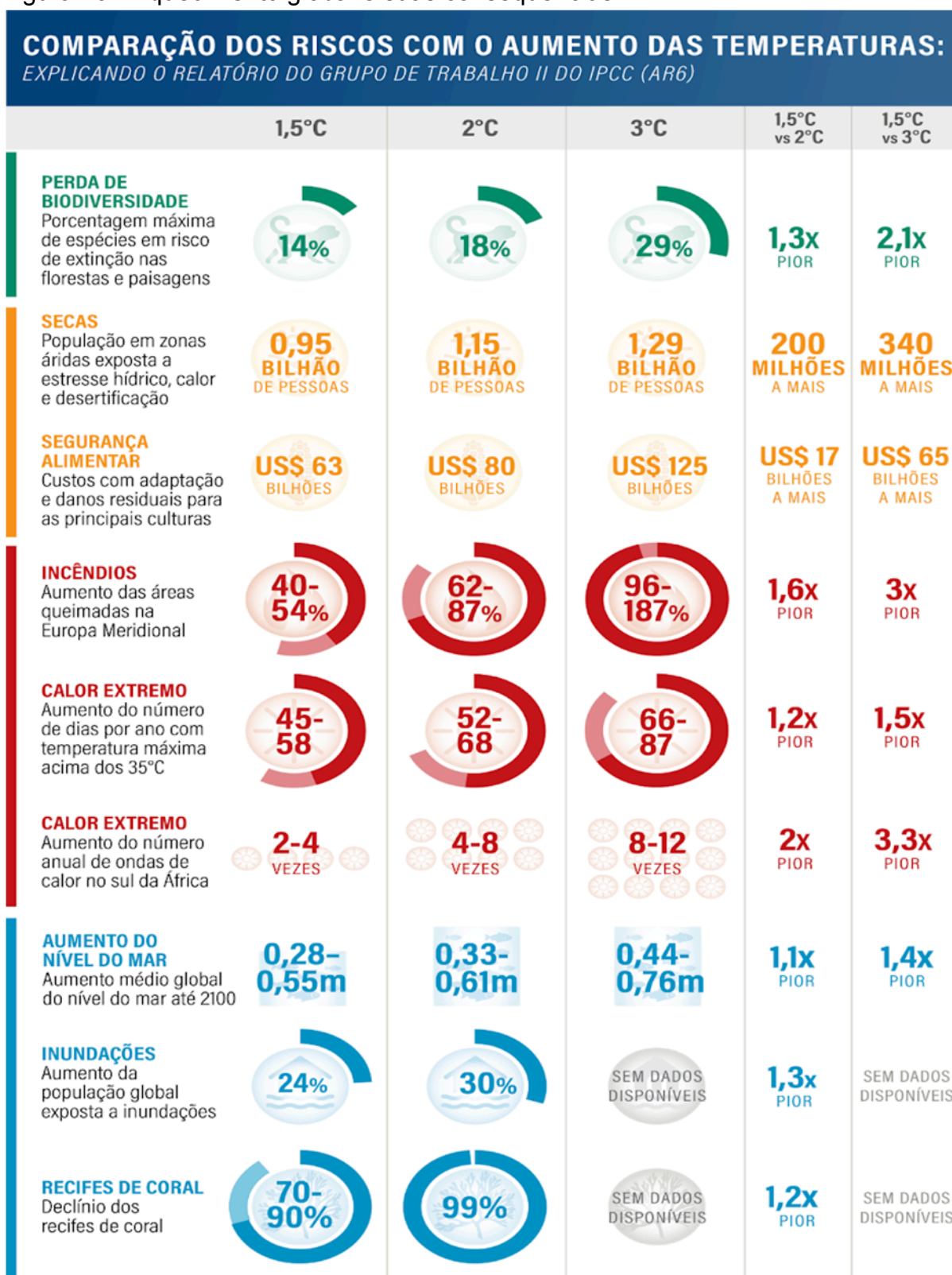
A tendência desses fenômenos, compostos por seca e calor, é intensificar os impactos sobre o ciclo hidrológico, comportamento das vazões, manejo de infraestrutura hídrica, regulação, gestão e governança da água. E levar os municípios a realizarem, cada vez mais, a prestação dos serviços de abastecimento público de água, com caminhões tanques, uma alternativa emergencial adotada por

falta do uso de fontes adicionais de água, (ANA, 2021, 2023; CEMADEN, 2024) como a reciclagem não potável das diversas fontes de água residuária municipal.

Vale ressaltar que desde 1950, a influência antrópica no planeta, vem aumentando a probabilidade de ocorrência das secas e calor em algumas regiões, por exemplo, as registradas em 1998, 2005, 2010, 2015, 2016 e 2023, na Amazônia, assim como, sobrepondo a capacidade de adaptação e resiliência municipal. O que evidencia a ineficiência de adaptação dos múltiplos setores e das diferentes regiões para lidar com esses fenômenos na atualidade e no futuro (IPCC, 2022, 2023; Tallaksen *et al.*, 2023; CEMADEN, 2024).

Diante disso, o Brasil precisa implementar medidas que assegurem resiliência, segurança hídrica e adaptação para os novos cenários impulsionados pelos extremos do clima, bem como garantir o acesso qualitativo e quantitativo de água para a atual e as futuras gerações (Brasil, 1997, ANA, 2024) Ao mesmo tempo que reduz os danos associados às secas e ao calor extremo, pois, a cada graus celsius aumentado na temperatura global, (Figura 20) o processo de evapotranspiração é desequilibrado, o que acarreta diversos efeitos hidrológicos.

Figura 20 - Aquecimento global e suas consequências.



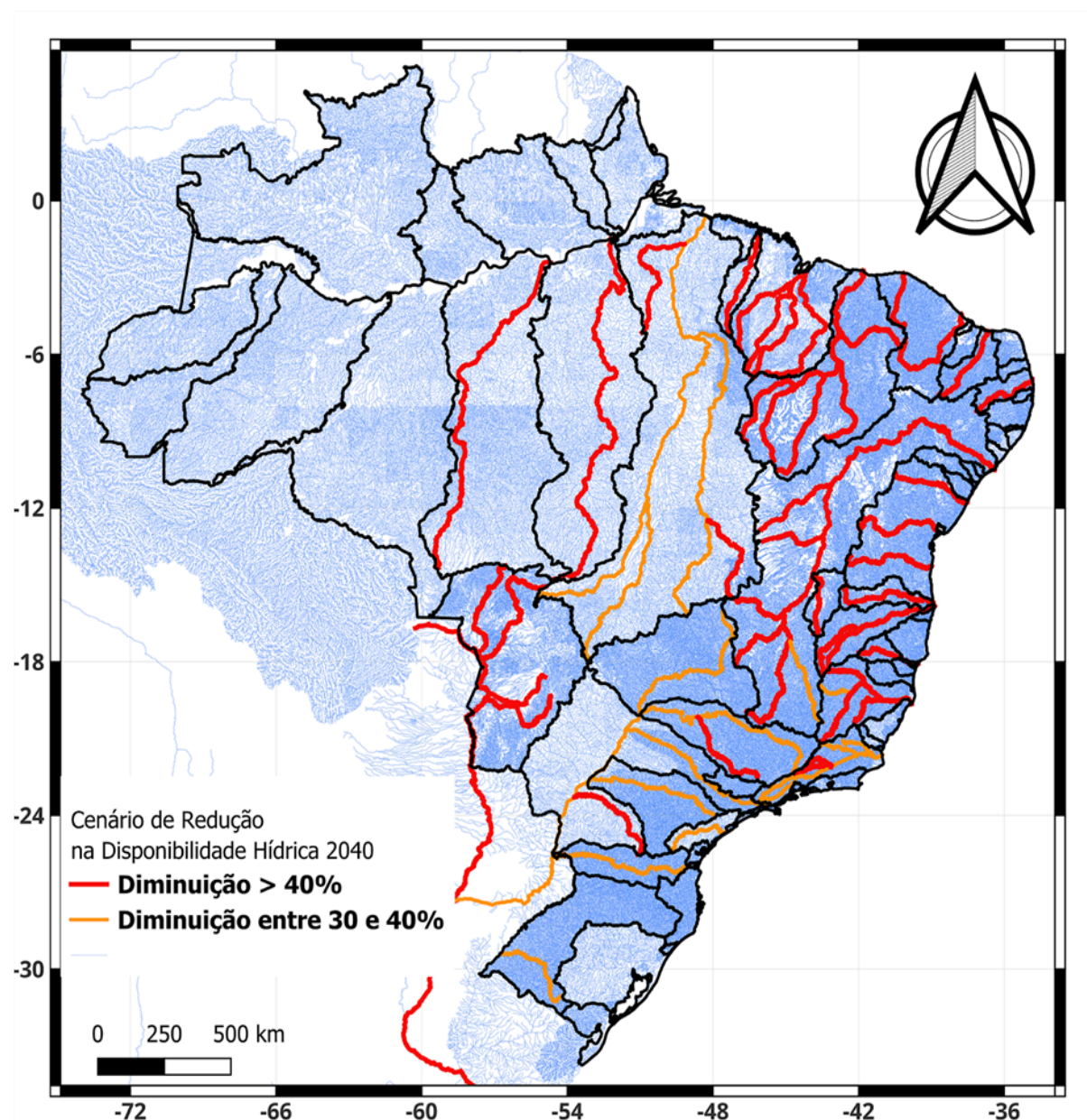
Nota: Para os riscos climáticos com intervalos projetados, usamos o ponto médio dos intervalos para comparar os riscos em diferentes limites de temperatura. As projeções de aumento do nível do mar correspondem a SSP1-1,9, SSP1-2,6, SSP2-2,45, os quais se aproximam ao aquecimento global em 1,5°C, 2°C e 3°C, respectivamente.



WORLD
RESOURCES
INSTITUTE

Entre esses efeitos está a redução da vazão hídrica, superior a 40%, nas regiões hidrográficas do Brasil até 2040, (Figura 21) consequência de menor precipitação, escassez hídrica, estiagens e secas frequentes na região Amazônica. Maior intermitência nos recursos hídricos superficiais do Semiárido Brasileiro, que já sofre com precipitação baixa, elevada temperatura, aridez, estiagens e secas. Aumento da demanda por água no litoral, por causa do crescimento populacional, industrial e das cidades, como, São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte.

Figura 21 - Cenário de redução na disponibilidade hídrica no Brasil até 2040.



Fonte: ANA (2024).

Com isso, há mais necessidade de água para a indústria, comércio, irrigação, refrigeração, consumo humano e agronegócio (IPCC, 2022, 2023, ANA, 2024). O que exige dos tomadores de decisão, medidas efetivas, inovadoras, contínuas, que considerem o risco climático futuro e o uso de outras fontes seguras de água, como dessalinização de água, aproveitamento de água pluvial e a reciclagem não potável das múltiplas fontes de água residuária municipal no planejamento, gestão e governança da água e da seca (Your Home, 2023; Brasil, 2023, ANA, 2024).

Portanto, é preciso preencher as lacunas atuais de gestão, governança hídrica e das secas, mesmo sob as incertezas climáticas, através do aprimoramento dos instrumentos de tomada de decisão, medidas de convívio com o risco aceitável aos fenômenos de secas, escassez física e de abastecimento de água e a reciclagem não potável das diversas fontes de água residuária municipal, por exemplo, a reciclagem segura não potável de água residuária originária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs.

Que pode ser incentivada e explorada, como fonte quantitativa e qualitativa de água segura, não potável, com risco aceitável e adaptado à realidade das diferentes ETAs brasileiras, para lidar com os atuais e futuros eventos de secas e estiagens (Gottfried *et al.*, 2008; Freitas *et al.*, 2010; Lustosa *et al.*, 2017; IBGE, 2017; Hamilton *et al.*, 2018; Filho, 2017, 2021; Zielina; Dabrowski, 2021; Qian *et al.*, 2021, 2023; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023; Xie *et al.*, 2024).

E ampliar a participação social nas tomadas de decisão de gestão, governança e regulação de água, (Moreira, 2014; Albuquerque, 2014; Bos *et al.*, 2017; WWAP, 2017; APA, 2019; Aguiar *et al.*, 2021; ANA, 2024) principalmente, em períodos com séries mínimas e esporádicas de precipitação anual, temperatura elevada, baixa vazão dos recursos hídricos e secas (Van Loon, 2015; WWAP, 2020; ANA, 2017, 2024). E intensos conflitos pelos múltiplos usos da água (Flörke *et al.*, 2018; Melo *et al.*, 2020; Santos; Lima, 2022).

2.9.2 Solução para o país

Considerando a necessidade de alcançar os objetivos da Agenda 2030, especialmente a meta 6.3, do ODS 6, a reciclagem das inúmeras fontes de água residuária municipal, em especial, a de retrolavagem de filtros de ETAs é um recurso adicional para enfrentar um dos maiores desafios na área de água e saneamento,

que é melhorar a qualidade da água, enquanto se controla e combate à poluição hídrica, por meio do tratamento adequado, seguro, com risco aceitável e adaptado à realidade local para essa água.

Aliado ao desenvolvimento social, econômico e sustentável nacional (UN; Water, 2018; WWAP, 2020, 2023). Geralmente, os problemas de má qualidade da água estão relacionados ao desenvolvimento insustentável dos países, ao crescimento da poluição difusa, principalmente, pelas várias de fontes de água residuária municipal, (WWAP, 2017, 2020; UN; Water, 2018; Jones *et al.*, 2021) por exemplo, a de retrolavagem de filtros de ETAs. (Shoushtarian; Negahban-Azar, 2020; Qian *et al.*, 2021, 2023).

E ao aumento do uso de substâncias químicas orgânicas e inorgânicas reguladas e não reguladas (Dubey *et al.*, 2020, Shah; Couto, 2021; CETESB, 2022). Por isso, seu tratamento adequado, seguro, com risco aceitável e adaptado à realidade local é um meio de avaliar e monitorar a qualidade da água (Chen *et al.*, 2016; Zielina; Dabrowski, 2021). E o grau dos impactos gerados nos recursos hídricos e no solo, o que é indispensável para nortear prioridades de planejamento, financiamento, prevenção, proteção e recuperação de sistemas produtores de água.

Especialmente em bacias hidrográficas urbanas (UN; Water, 2018; WWAP, 2017, 2020; UNEP, 2023). Bem como, dos meios de controle e combate às doenças transmitidas por bactérias, vírus, protozoários e outros microrganismos patogênicos presentes nas múltiplas fontes de água residuária municipal não tratada (UN; Water, 2018; World Bank; ILO; Wateraid; WHO, 2019; APA, 2019; UNEP, 2023). Além disso, a reciclagem não potável de água residuária municipal, em particular a de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs.

É uma medida climática, pois o aproveitamento de energia e recuperação de outros subprodutos dessa água, evita o lançamento de gases GEEs, na atmosfera global (UN; Water, 2018). Isso é essencial para o Brasil, que desde 1970 vem emitindo mais GEEs, em razão do aumento das diversas fontes de água residuária de origem agrícola, doméstica, comercial e industrial, como a de retrolavagem de filtros de ETAs entre outras, associadas ao crescimento dos setores produtivos e ao Produto Interno Bruto - PIB nacional.

E as metas de universalização dos serviços de água, higiene e saneamento (SEEG, 2020; MDR; SNS, 2021; MCID, 2024). Apesar do Brasil adotar a reciclagem das diversas fontes de água residuária municipal, apenas para os fins não potáveis,

essa prática é uma solução complementar para garantir os múltiplos usos da água, principalmente, em meio aos extremos do clima, pois aumenta a resiliência das comunidades afetadas por esses extremos, reduz o estresse dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

E a necessidade de respostas emergenciais para continuar garantindo o acesso à água, bem-estar socioeconômico e ambiental (Brasil, 2005; ANA, 2017; UN; Water, 2018). Além do mais, a reciclagem não potável das inúmeras fontes água residuária municipal nas cidades, especificamente a de retrolavagem de filtros de ETAs é um recurso de resposta emergencial para os municípios que realizam, a prestação dos serviços de abastecimento público de água potável, com caminhões tanques, em períodos de estiagens e secas.

Nesse caso, reciclá-la de modo adequado, não potável, seguro, com risco aceitável e adaptado à realidade local. Esse recurso pode ser usado em fins ambientais, parcialmente na caixa de entrada de água bruta de ETAs e na substituição de água potável em fins não potáveis (Hamilton *et al.*, 2018). Isso evita a captação de novos volumes de água bruta para fins não potáveis, aumenta a eficiência do uso da água, restringe o uso de água potável para os fins que exige padrões de potabilidade (UN; Water, 2018; Brasil, 2021; ANA, 2021, 2023).

O que é fundamental para os municípios localizados no Semiárido Brasileiro e na faixa leste do país, os que mais sofrem com a escassez física e de abastecimento público de água potável, (ANA; MIDR, 2015, 2017, 2020; MDR; SNS, 2021; MCID, 2024) devido aos fenômenos de extremo calor, estiagens e secas, as perdas de água tratada, o uso não otimizado da água, a poluição difusa e pontual das indústrias, como a água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs (CONESAN, 2010, 2011; CETESB, 2023; SAAE, 2019, 2024).

E o acúmulo de nutrientes nos reservatórios e açudes, gerado pela ocupação irregular do solo, desenvolvimento dos setores produtivos e das cidades costeiras (ANA; MIDR, 2015, 2017, 2020; CEIVAP, 2015, 2021). Porém, os tomadores de decisão municipal precisam incorporar a prática da reciclagem não potável das diversas fontes de água residuária municipal para fins urbanos. Como a reciclagem não potável de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs (Filho, 2017, 2021; Qian *et al.*, 2021, 2023).

Nas políticas, programas, projetos e estratégias de seus municípios, conforme suas realidades, capacidades, prioridades e desenvolvimento municipal (ANA, 2017;

WWAP, 2017; UN; Water, 2018). Uma vez que a insegurança no acesso à água, limita o desenvolvimento socioeconômico, impulsiona a migração populacional, coloca em risco o bem-estar humano e ambiental (UN; Water, 2018; Santos; Lima, 2022). Além de tudo, intensifica os conflitos pelo uso da água, especialmente, nas bacias hidrográficas urbanas.

Que já sofrem com insegurança hídrica, energética, poluição aquática, escassez e demanda excessiva de água, principalmente em períodos de extremo calor, estiagens e secas (Melo *et al.*, 2020; Santos; Lima, 2022). Nesse sentido, a reciclagem não potável das inúmeras fontes de água residuária municipal e de seus subprodutos é uma oportunidade de negócio, pois favorece o desenvolvimento socioeconômico nos ambientes urbanos (Sabesp, 2020; OECD, 2023; WWAP, 2023; Wateraid, 2023).

Tal como é uma ferramenta para coibir a migração populacional que impulsiona os assentamentos informais urbanos, o mal-estar social, os impactos negativos sobre o solo e os recursos hídricos das bacias hidrográficas urbanas (UN; Water, 2018; WWAP, 2017, 2020; UNEP, 2023). Ainda, a reciclagem não potável das inúmeras fontes de água residuária municipal, para fins urbanos, como a de retrolavagem de filtros de ETAs é uma medida contra as vulnerabilidades do clima, acesso à água, higiene e saneamento (IPCC, 2022, 2023, ANA, 2024).

Portanto, reduz os riscos, danos e prejuízos sociais, econômicos, ambientais e humanos causados por essas vulnerabilidades no país. Contudo, os tomadores de decisão dos setores públicos, privado e a sociedade civil precisam definir como a responsabilidade compartilhada e os múltiplos interesses associados a sua reciclagem não potável nas cidades, pode ser transformada em algo construtivo e inovador para a gestão e governança integrada dos recursos hídricos em meio ao calor extremo, estiagens e secas (ANA, 2017, 2024).

2.10 POR QUE RECICLAR ÁGUA RESIDUÁRIA MUNICIPAL NO ESTADO DE SÃO PAULO?

2.10.1 Situação Estadual

O Estado mais populoso do país, com uma população urbana superior a 45 milhões de habitantes, consequentemente faz exploração ou exploração excessiva

dos seus recursos hídricos, sendo a maioria, superficial e vulnerável, pois a proximidade insustentável do homem tem sido uma ameaça para os recursos hídricos de água doce, devido à poluição, excesso de captação de água bruta, supressão de mata ciliar, erosão, assoreamento da calha hídrica, eutrofização, uso e ocupação do solo (WWF, 2022; ANA, 2019, 2021, 2023).

Para atender a crescente demanda pelos múltiplos usos da água, em razão do crescimento populacional, retira 135 metros cúbicos por segundo de água bruta, para o abastecimento público de água potável. E cerca de 58 metros cúbicos por segundo de água bruta para manter o maior dinamismo econômico e industrial do Brasil. Ainda assim, para suprir a demanda de água da Região Metropolitana de São Paulo - RMSP, é necessário, a transposição de água dos rios Paraíba do Sul, Piracicaba, Capivari e Jundiaí (ANA, 2019, 2021, 2023).

Acontece que esse Estado esta é uma das regiões do Brasil impactada pela propagação das ondas de Rossby, consequentemente com o bloqueio subtropical da América do Sul - SSA, que impede o estabelecimento da zona de convergência do Atlântico Sul - ZCAS, reduz os índices pluviométricos e gera os fenômenos de extremos calor, estiagens e secas, no Sudeste, como exemplo as ocorridas nos anos de 1984, 2001 e 2014, em razão do maior quantitativo de dias de bloqueio na SSA (Coelho *et al.*, 2016; Rodrigues; Woollings, 2017).

Essas interações climáticas complexas na atmosfera global, aliada a antropização local provoca desequilíbrio no balanço hídrico, o que resulta em indisponibilidade hídrica, em especial, para o abastecimento público de água potável, irrigação agrícola e geração de energia hidrelétrica, a principal matriz energética do país. Como aconteceu em 2014, o ano mais seco já registrado, que impediu a recuperação dos reservatórios, principalmente os usados para o abastecimento público de água potável na macrometrópole.

E intensificou o debate sobre a segurança hídrica em ambientes de concentração populacional, industrialização, produção energética e de maior vulnerabilidade de escassez física e de abastecimento de água. Uma vez que, a falta de efetividade na operação, gestão e governança dos recursos hídricos, somado aos extremos do clima, favorece a instalação de crises hídricas, agrava os impactos sociais, econômicos, ambientais e humanos, o que pode gerar vítimas fatais em períodos de secas (Coelho *et al.*, 2016; ANA, 2014, 2019, 2021, 2023).

Vale ressaltar que essa escassez pode ser quantitativa e qualidade, pois os ecossistemas de água doce são conectados, sendo assim qualquer ameaça ou impacto significativo como a poluição difusa, acidentes ambientais de insumos com potencial poluidor, falta de tratamento adequado, seguro, com risco aceitável e adaptado à realidade local das múltiplas fontes de água residuária de origem doméstica, industrial, municipal e de retrolavagem filtros de ETAs, que são despejadas em uma área da bacia hidrográfica pode facilmente afetar outra.

Comprometendo a saúde da população e os múltiplos usos de água (ANA, 2014, 2015; WWF, 2022). Atualmente, mais de 12% dessa água coletada em São Paulo, é lançada ao meio ambiente sem nenhum tipo de tratamento e mais de 7% sequer é coletada, segundo o Instituto Água e Saneamento - IAS. O que contribui com acesso à água de má qualidade, intermitência e insuficiência de abastecimento. Logo, o acesso à água, higiene e saneamento adequado, seguro, com risco aceitável e adaptado às peculiaridades locais é um dos desafios do Estado.

Para garantir bem-estar ambiental e humano para a atual e as futuras gerações (Whately *et al.*, 2023; IAS, 2024). Nesse contexto, que a reciclagem não potável das inúmeras fontes de água residuária municipal, para fins urbanos, como a de retrolavagem de filtros de ETAs, favorece uma nova abordagem para atender à crescente demanda de água nas cidades paulistas, pois é uma resposta à intermitência ou insuficiência de abastecimento público de água para os fins urbanos não potáveis municipais.

Especialmente em meios aos eventos de extremo calor, baixa umidade e secas (UNESCO; I; WSSM, 2020). Contudo, os municípios paulistas, ainda não exploram o suficiente desse recurso, mesmo sabendo que o uso não potável de água reciclada ou água não potável em cor de púrpura gera segurança hídrica. Apesar de ser o primeiro Estado do país a regulamentar o uso não potável de água reciclada em ambientes urbanos, (São Paulo, 2017, 2020) bem como, a definir critérios e procedimentos para a água reciclada indireta potável (CETESB, 2022).

Ainda têm dificuldades de difundi-la, aliada aos princípios de acesso à informação, participação social, igualdade, equidade, não discriminação, sustentabilidade, prestação de contas, responsabilização e transparência. Cabe ressaltar que esses princípios são direitos humanos e comuns a prestação de serviços públicos e privados de acesso à água, higiene e saneamento básico

(Moreira, 2014; Albuquerque, 2014; UNW; DPAC, 2015; Bos *et al.*, 2017; WWAP, 2020; Aguiar *et al.*, 2021).

Sendo assim, os serviços público ou privado, especificamente de reciclagem não potável de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs para fins urbanos, nesse Estado deve assegurar o acesso à informação sobre a localização, produtores, distribuidores, usuários, processos de tratamento adequado, seguro, com risco aceitável e adaptado à realidade local, múltiplas barreiras desde o tratamento até o consumo final, parâmetros de qualidade específicos à finalidade pretendida.

Tal como, responsabilidades dos envolvidos na prática, gestão, comunicação de riscos, condições de funcionamento das instalações de produção, distribuição, transporte e reservação da água reciclada não potável, (APA, 2019; São Paulo, 2020; Aguiar *et al.*, 2021) para garantir a participação social em todas as tomadas de decisões referente à reciclagem não potável das diversas fontes de água residuária municipal para fins urbanos, como a de retrolavagem de filtros de ETAs e a recuperação de seus subprodutos junto à comunidade local.

Observando oferta, demanda, financiamento e lucratividade. Porque a falta de acesso à informação e a não aceitação social impede a difusão da prática (WWAP, 2017; Aguiar *et al.*, 2021). Tem que ser não discriminatório, isto é, sua reciclagem não potável em ambientes urbanos, bem como o aproveitamento de seus produtos necessita ter garantias de equidade de planejamento, financiamento, produção, comercialização e uso adaptado às finalidades desejadas.

De acordo com as peculiaridades das comunidades locais (Lustosa *et al.*, 2017; ANA, 2018, Aguiar *et al.*, 2021; Whately *et al.*, 2023). Estimular a sustentabilidade ambiental, já que a sua reciclagem para fins não potáveis urbanos, assim como a recuperação de seus subprodutos têm duas finalidades, minimizar a exploração e a exploração excessiva dos recursos hídricos, à proporção que combate e controlar a poluição aquática, principalmente pelo despejo das diversas fontes de água residuária municipal sem tratamento ou tratada inadequadamente.

Como exemplo, a água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros das diversas ETAs paulistas (IBGE, 2017; WWAP, 2017; Aguiar *et al.*, 2021; UN; Habitat; WHO, 2021; Qian *et al.*, 2021, 2023; CETESB, 2022, 2023; Xie *et al.*, 2024). Deve prestar contas das ações de sua reciclagem não potável para fins urbanos e de seus subprodutos, para à comunidade local, visando a responsabilização de atos

antiéticos, ilícitos, ilegal e inconstitucional relacionados a má conduta de produtores, distribuidores e usuários, que cause danos ao meio ambiente e à saúde pública.

Por isso, é imprescindível a transparência, acessibilidade e controle fiscal da qualidade, segurança e uso não potável da água reciclada ou uso não potável de água reciclada em cor de púrpura e de seus subprodutos em meio urbano (São Paulo, 2020; Aguiar *et al.*, 2021). Logo, o reconhecimento da origem, composição, coleta e destinação das várias fontes de água residuária municipal e seus subprodutos, define o tratamento adequado, seguro, com risco aceitável e adaptado à realidade municipal.

A tecnologia adequada para evitar os possíveis danos humanos e ambientais, acima do risco aceitável dessa reintrodução nas cidades. Os parâmetros qualitativos específicos à finalidade, meio de transporte, comercialização, fim pretendido e usuário final de água reciclada não potável ou em cor de púrpura (APA, 2019; Aguiar *et al.*, 2021; CETESB, 2022). A fim de promover eficiência no uso da água e a reciclagem das múltiplas fontes de água residuária municipal, sem excluir a reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs, conforme a meta 6.3 do ODS 6 (UNEP, 2023).

2.10.2 Solução para o Estado

Considerando as vulnerabilidades migratórias que aumenta o contingente populacional, as áreas de riscos, a exploração ou exploração excessiva dos recursos hídricos, a demanda, intermitência, insuficiência e a escassez de abastecimento de água para os múltiplos setores, principalmente em meio urbano, agravado pelos fenômenos de estiagens, secas e a escassez física de água, que esse Estado vem sofrendo, mais a poluição hídrica gerada, na maioria, pelas diversas fontes de água residuária municipal não reciclada (World Bank, 2019).

A reciclagem não potável das várias fontes de água residuária municipal, como a de retrolavagem de filtros de ETAs, para fins urbanos e o aproveitamento de seus subprodutos, em cidades com escassez física e de abastecimento de água, em especial nas regiões semi ou áridas, é uma fonte reserva de abastecimento de água, ainda que inicialmente seja apenas para usos não potáveis. E em locais que necessitam de transposições de longa distância para assegurar os múltiplos usos de água, em particular em meio às estiagens e secas, como a RMSP (WWAP, 2017).

É uma prática de economia circular, pois visa reduzir a lacuna entre disponibilidade e procura por água em ambientes urbanos, uma vez que sua utilização serve para os usos não potáveis de irrigação paisagística, lavagem de veículos, logradouros, outros espaços públicos e privados, construção civil, desobstrução de galerias de água pluvial, rede de esgotos e combate a incêndio em zona urbana (Brasil, 2005; Hamilton *et al.*, 2018; APA, 2019; UNESCO; I; WSSM, 2020; São Paulo, 2020; UNEP 2023).

No entanto para existir a reciclagem não potável das inúmeras fontes de água residuária municipal, incluindo a reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs é necessário a efetivação dessa economia nos municípios. Através da articulação e integração dos múltiplos atores locais, financiamento de tecnologias adequadas, alinhamento das políticas públicas de água com as dos setores de saneamento, energia e indústria, vontade política, aceitação psicossocial da água reciclada não potável ou em cor de púrpura.

E o reconhecimento da vitalidade da água para o desenvolvimento das cidades. Tal como, dos impactos causados pelas inúmeras fontes de água residuária municipal, como exemplo, a de retrolavagem de filtros de ETAs, não tratada, que são lançadas nos recursos hídricos estaduais (Brasil, 1997; UNESCO; I; WSSM, 2020). E, dos prejuízos das estiagens, secas e extremo calor cada vez mais frequentes e intensos devido ao aquecimento global.

Especialmente sobre as populações que sobrevivem em áreas de riscos, mais expostas às doenças ligadas à água, insegurança hídrica, alimentar e energética (WWF, 2022). Nesse caso, o uso não potável seguro de água reciclada, como a de retrolavagem de filtros de ETAs, para essas populações, serve como medida de prevenção e mitigação dos riscos hídricos e dá má qualidade de vida urbana (Bruni, 1993; Tominaga; Santoro; Amaral, 2009; Chen *et al.*, 2016; São Paulo, 2021; CEIVAP, 2021).

Porém, para que isso aconteça é necessário um diagnóstico comportamental dos usuários de água reciclada não potável nessas áreas, investir em educação ambiental adaptada à essas populações, com a finalidade de melhorar a valorização da água doce, ampliar o conhecimento dos benefícios sociais, econômicos, ambientais e de saúde pública ao usar água reciclada não potável, pois, a falta de apoio para projetos de reciclagem não potável das diversas fontes de água residuária municipal em comunidades periféricas.

Na maioria das vezes está associado a falta de orientação adequada para essas comunidades. Apesar de existirem inúmeros desafios a serem superados nesses bairros, é preciso considerar que a falta de ligação à rede de esgotamento sanitário e acesso improvisado à água doce, às vezes contaminada, é um dos principais fatores de impulso para reciclagem não potável das diversas fontes de água residuária municipal, em bairros periurbanos irregulares (UNESCO; I; WSSM, 2020; WWAP, 2017, 2020, 2023).

Mas não basta implementar apenas banheiros nessas comunidades sem a destinação ambientalmente adequada dessa água. Isso não resolve os desafios enfrentados por essas comunidades. É preciso que os prestadores de serviços públicos ou privados de WASH no Estado efetivem os serviços de água, higiene e saneamento nessas comunidades com metas, objetivos, integração e adequadas à realidade dessas populações, para que se sintam motivadas a participar da efetivação do saneamento básico de modo sustentável.

Sejam estimuladas a fazer o controle fiscal da qualidade do produto final, água reciclada não potável ou água reciclada não potável em cor de púrpura, que lhe será oferecida por essas prestadoras, conforme a finalidade pretendida (Wateraid, 2015; World Bank, 2019). Isso é crucial para a reciclagem não potável das várias fontes de água residuária municipal, como a de retrolavagem de filtros de ETAs, que possui uma série de riscos associados à saúde pública e ao meio ambiente (Hamilton *et al.*, 2018; Xie *et al.*, 2024).

Uma vez que o uso não potável sem planejamento de água reciclada pode trazer consequências negativas, (World Bank, 2019; Qian *et al.*, 2021, 2023; Xie *et al.*, 2024) para essas populações que já sofrem com a falta de efetividade de políticas públicas adequadas às suas necessidades de saneamento ambiental, higiene, habitação, geotécnica e climática (Tominaga; Santoro; Amaral, 2009; CNM, 2016). Nesse contexto, a reciclagem não potável das diversas fontes de água residuária municipal em ambientes urbanos das cidades paulistas.

É um instrumento de prevenção de desastres “naturais”, relacionados a processos erosivos e deslizamentos de encostas provocados, especialmente pela água residuária de origem doméstica não coletada em ambientes sub habitacionais (Tominaga; Santoro; Amaral, 2009). Do mesmo modo que a recuperação de seus subprodutos é um instrumento de lucratividade e rentabilidade para as prestadoras

de serviços públicos ou privados de WASH no Estado (World Bank, 2019; MDR; SNS, 2021; MCID, 2024).

E se o financiamento de projetos para sua reciclagem não potável em meio urbanos, bem como do aproveitamento de seus subprodutos vier de prestadoras de serviços privados é uma solução sem custos adicionais para os municípios paulistas e contribuintes. Esse tipo de parceria público e privada cria não só incentivo para a efetivação do uso não potável de água reciclada e de seus subprodutos, como também ajuda os municípios no desafio de cumprirem os objetivos da Agenda global 2030 (World Bank, 2019; Brasil, 2020).

Portanto, é fundamental explorar melhor o potencial de reciclagem não potável das múltiplas fontes de água residuária municipal, especificamente a de procedimento de retrolavagem de filtros das inúmeras ETAs paulistas, de maneira adequada, segura, com risco aceitável e adaptado à realidade local. Com a finalidade de efetivar objetivos do desenvolvimento sustentável, em especial o ODS 6, água potável e saneamento (Gottfried *et al.*, 2008; Freitas *et al.*, 2010; Lustosa *et al.*, 2017; IBGE, 2017; Hamilton *et al.*, 2018; Filho, 2017, 2021).

2.11 POR QUE RECICLAR ÁGUA RESIDUÁRIA MUNICIPAL NO MUNICÍPIO DE APARECIDA/SP?

2.11.1 Situação Municipal

Aparecida/SP (Figura 22) nasceu em 1717 e foi elevada à categoria de município em 1928. A referida cidade encontra-se situada na área leste do Estado de São Paulo, especificamente a Latitude, 22° 50' 53" ao sul e a Longitude, 45° 13' 39" ao oeste, consequentemente está inserida na Mesorregião do Vale do Paraíba Paulista e na Microrregião de Guaratinguetá/SP, bem como na Região Hidrográfica Atlântico Sudeste, especialmente no trecho paulista da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (CBH; PS, 2023; Aparecida, 2024).

Possui 120,890 Km² de área territorial, porém somente 6,26 Km² é urbanizada e cortado pelo leito dos Ribeirões da Chácara, dos Moraes e Sá, que são canalizados e impactados pelas diversas fontes de água residuária municipal não tratada, antes de desaguarem em 03 pontos distintos no Rio Paraíba do Sul. É limítrofe com Potim, ao norte, Lagoinha, ao sul, Guaratinguetá, ao leste e Roseira,

ao oeste. Possui 32.569 habitantes e uma densidade demográfica de 269,41 hab/Km² (CONESAN, 2010, 2011; IBGE, 2021, 2022; Cidade Brasil, 2024).

A economia local é fomentada pelo turismo religioso ligado à fé católica romana, que, anualmente, atrai mais de 12 milhões de turistas às atividades sacras do Santuário Nacional (Aparecida, 2024). Esse quantitativo de turistas representa um aumento populacional de aproximadamente 32,6% ao mês, se comparado ao quantitativo de habitantes mencionado acima, consequentemente, isso gera uma pressão significativa na prestação dos serviços de água, higiene e saneamento do município de Aparecida/SP.

Pois, é mais que o dobro de habitantes usando água potável e produzindo água residuária doméstica composta por água negra com excrementos, a água cinzenta de higienização pessoal, lavanderia e cozinha. Mais a água residuária comercial composta por substâncias oleosas e tensoativas proveniente principalmente da rede hoteleira, bares, restaurantes e outros. Logo, a mistura dessas diversas fontes de água residuária gerada e coletada nos 97 Km de rede de esgotamento sanitário em Aparecida/SP é definida como água residuária municipal.

Especificamente, água residuária municipal não tratada, que contamina os Ribeirões da Chácara, dos Moraes e Sá e em último, o Rio Paraíba do Sul, pois o Serviço Autônomo de Água, Esgotos e Resíduos Sólidos Urbanos - SAAE Aparecida/SP, Autarquia Municipal, criada pela Lei Municipal nº 1375/1969, prestadora exclusiva dos serviços públicos de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos urbanos do município de Aparecida/SP, desde 1970.

Apenas, afasta 96,1% das diversas fontes de água residuária municipal produzida, entretanto, não faz tratamento de nenhuma fonte de água residuária gerada em Aparecida/SP (IBGE, 2017; IAS, 2024). Inclusive, o SAAE Aparecida/SP encontra-se situado em uma área de preservação permanente - APP, isto é, no ponto de confluência do Ribeirão da Chácara com o Rio Paraíba do Sul, onde está o ponto PARB 02600 da rede básica de monitoramento em captação da UGRHI 2, bem como o ponto exclusivo de captação a água bruta para fins potáveis do município supracitado.

Ademais, esse ponto PARB 02600 localiza-se em um meandro do Rio Paraíba do Sul e fica aproximadamente 70 metros a jusante do Ribeirão da Chácara, um dos recursos hídricos mais impactado pelas diversas fontes de água residuária municipal gerada e não tratada pelo município em destaque, especialmente as produzidas pela área com maior adensamento populacional e turístico que

frequentam o Santuário Nacional, a feira livre, os hotéis, as pousadas, os bares, os restaurantes etc. Somado às produzidas pelo SAAE Aparecida/SP que também contaminam a foz do Ribeirão da Chácara.

Por consequência, o acúmulo de sedimento, areia, vegetação exótica invasora, matéria orgânica dissolvida e outros resíduos sólidos urbanos flutuantes encontrados nesses recursos hídricos. Mais o impacto do volume e a velocidade do fluxo hídrico nesse meandro do Rio Paraíba do Sul, ajuda a direcionar o fluxo hídrico contaminado que chega a foz do Ribeirão da Chácara, no ponto PARB 02600, concentrando-o ao entorno do sistema de bombeamento tanto flutuante como o fixo do município de Aparecida/SP.

Portanto é nesse contexto que está instalada a EEAB capaz de sugar até 240 L/s de água bruta para tratamento e abastecimento potável em Aparecida/SP. Como também está aproximadamente a uns 75 metros do Rio Paraíba do Sul, a ETA do SAAE Aparecida/SP instalada para tratar até 140 L/s, através de um sistema de tratamento convencional em funcionamento 24 horas ao dia. Contudo, essa ETA vem sendo operada acima do limite operacional projetado, isto é, chega a tratar até 243 L/s, de acordo com a capacidade total de bombeamento das 03 Estações Elevatórias de Água Tratada Potável em Aparecida/SP.

Ou seja, em média 14 milhões 947 mil litros de água potável por dia são distribuídas ao longo de 90 Km de rede do sistema de distribuição e reservação de água potável, com objetivo de assegurar os múltiplos usos de água, para 98,54% da população aparecidense (CONESAN, 2010, 2011; ANA, 2021; IBGE, 2017, 2022; IAS, 2024). No entanto, o exposto acima, provoca inúmeras vulnerabilidades na prestação do serviço de acesso à água potável, higiene e saneamento básico do município de Aparecida/SP.

A começar pela exploração superficial de água bruta para fins potáveis no ponto PARB 02600, com concentrações de *Escherichia coli*, *Giardia*, *Cryptosporidium* e outras, acima do permitido pela Portaria nº 888/2021/GM/MS, um indicador de qualidade de água contaminada com excrementos de animais e humanos. Consequentemente, o sistema de tratamento de água potável em operação e impactado pelo contexto exposto acima expõe os aparecidenses a riscos de contrair diversas doenças por veiculação hídrica.

Exemplo, gastroenterites, cólera, disenteria, hepatite A, ascaridíase, giardíase, leptospirose, febre tifoide, ... se houver ineficiência no processo de pré

oxidação no tratamento de água potável da ETA em Aparecida/SP, incluindo, mortes de munícipes em grupo de risco, como crianças de até 5 anos de idade, já que Aparecida/SP tem uma Taxa de Mortalidade Infantil de 12,23 por mil nascidos vivos, ou seja, quase a metade da média nacional, que é de 26,3 (IBGE, 2022; Magalhães *et al.*, 2021; UNICEF; WHO, 2021, 2022; CETESB, 2022, 2023).

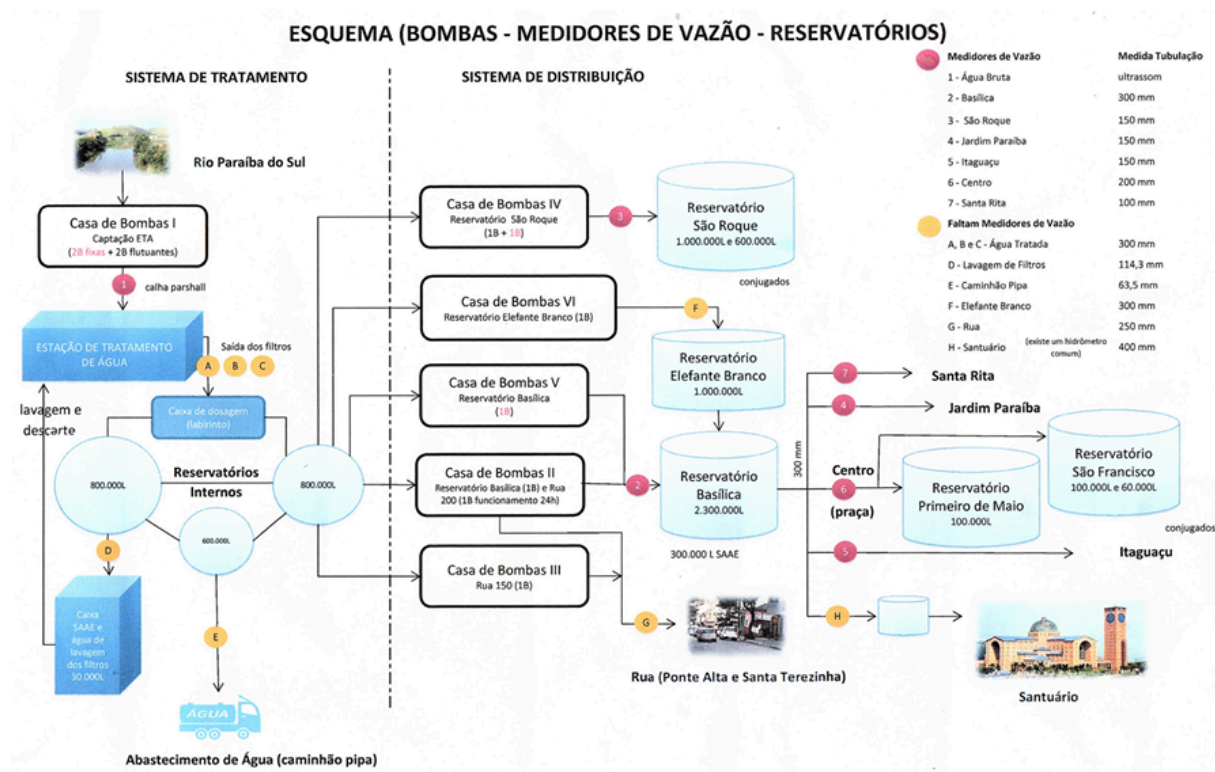
Vale ressaltar que é dever do Estado garantir abastecimento adequado de água potável para as condições de higiene pessoal e doméstica da população, conforme os acordos internacionais dos direitos humanos (UNW; DPAC, 2015; WWAP, 2020). Uma vez que o acesso à água potável de qualidade promove melhoria na qualidade de vida psicossocial, econômica e ambiental, bem como impulsiona o referido município a um futuro mais equitativo e saudável a todos, à proporção que reduz a pobreza, doenças e mortes na população local.

Outra vulnerabilidade é o índice de 54,5% de perdas de água potável (IBGE, 2017) devido à falta de plano preventivo e corretivo de consertos de vazamentos. De fiscalização contra as ligações clandestinas ao longo do sistema de distribuição ou por perfurações subterrâneas, usadas principalmente pela rede hoteleira. De hidrometração e leitura eficiente. De gerenciamento integrado dos sistemas computacionais de telemetria, reservação, bombeamento e regulação de vazões diurna e noturna encaminhada à distribuição (CONESAN, 2010, 2011).

Inclusive, as tubulações do sistema de distribuição, na maioria, são férreas e em operação há mais de 50 anos. Somado às condições inadequadas de manutenção e problemas estruturais da ETA e dos reservatórios integrados - R1, “Basílica”, “Elefante Branco” e “São Roque” de 1 milhão e 500 litros e “Elevado” para o procedimento de retrolavagem de filtros da ETA, com 30 mil litros, que são os quatro reservatórios internos com vazamento contínuo visível e invisível e sem mensuração de perdas de água tratada.

Assim como, os reservatórios - R2, “Basílica” e “Elefante Branco” de 33 milhões de litros, os reservatórios integrados - R3 “São Roque I e II”, de 1 milhão de litros, o reservatório - R4, “1º de Maio” de 1 milhão de litros, os reservatórios integrados - R5, “São Francisco I e II” de 150 mil litros, que são os sete reservatórios externos distribuídos nas áreas urbana e rural, (Figura 23) também, com múltiplos vazamentos, alguns sem diagnóstico, controle e correção efetiva de perdas de água potável, no município de Aparecida/SP (CONESAN, 2010, 2011).

Figura 23 - Sistema de reservação de água potável de Aparecida/SP.



Fonte: SAAE (2024).

Aliado a isso tem as vulnerabilidades na prestação do serviço de esgotamento sanitário, pois Aparecida/SP é um dos 32 municípios paulistas com porcentagem nula de tratamento, o que influencia no aumento da *Escherichia coli*, Fósforo Total e na classificação regular do Índice de Qualidade da Água - IQA no trecho do Rio Paraíba do Sul, a jusante desse município, que percorre a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI 2, em direção ao Estado do Rio de Janeiro/RJ (São Paulo, 2021; CETESB, 2022, 2023).

Mais, a água residuária produzida na retrolavagem de filtros, na assepsia de vidrarias, equipamentos e preparo de soluções físico-químicas do laboratório ambiental. E o lodo precipitado ao fundo dos floculadores e decantadores da ETA, que são despejados sem nenhum tipo de tratamento no Rio Paraíba do Sul, cerca de 30 metros a jusante da captação de água bruta, (CONESAN, 2010, 2011) o que também contribui com a má qualidade da água bruta do ponto, PARB 02600 e com a classificação regular do IQA (São Paulo, 2021; CETESB, 2021, 2022, 2023).

Uma vez que, essa água possui substâncias químicas reguladas utilizadas nos processos de coagulação, pré oxidação, floculação, decantação, filtração e fluoretação, tal como as não reguladas de origem antrópica que podem entrar na

ETA, misturada com areia, argila, silte, óleos graxos, tensoativos, coloides, nutrientes e a matéria orgânica (sobrenome Filho, 2017, 2021) Acrescido, aos microrganismos em decomposição, inclusive os patogênicos presentes no lodo gerado durante o processo de tratamento de água (WWAP, 2017; UNEP, 2023).

Que se não for tratado adequadamente e não receber a destinação final ambientalmente correta, causa desequilíbrio nos ecossistemas aquáticos, má qualidade da água, acúmulo de nutrientes, proliferação de microrganismos, eutrofização, redução de oxigênio dissolvido, extinção de espécies e outros impactos negativos, por exemplo, a degradação do solo, devido ao acúmulo de metais como zinco, cobre, ferro, manganês, chumbo, alumínio e outros (sobrenome Sobrinho *et al.*, 2019; Jones *et al.*, 2021; Morselli *et al.*, 2022).

Por último, essas vulnerabilidades, aliada ao aumento da especulação imobiliária da rede hoteleira, com objetivo de atender o turismo religioso local, bem como, a formação de áreas irregulares ao entorno dos bairros, Santa Edwiges, Vila Mariana, Santa Terezinha, São Roque, Aroeira, Santa Luzia, São Francisco, Itaguassu, etc. (CONESAN, 2010, 2011) vem pressionando os recursos hídricos, a prestação dos serviços públicos de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário local (UN; Water, 2018; WWAP, 2023).

Diante disso, a ANA classificou em 2019, o município de Aparecida/SP com vulnerabilidade quantitativa média de água devido à dependência de 100% do Paraíba do Sul, para assegurar os múltiplos usos da água. O aumento da demanda até 2025 e a necessidade de ações estruturais e não estruturais. E com vulnerabilidade qualitativa, pois o ponto PARB 02600 em Aparecida/SP contribui com de 83% de OD, 100% de E. coli, 77% de PT desconformes, alterando o enquadramento do Paraíba do Sul de Classe 2 para 3 e 4 (São Paulo, 2021).

Isso evidencia que o município de Aparecida/SP continua agindo com displicência na prestação dos serviços de água, higiene e saneamento. Mesmo após a escassez física e de abastecimento de água na Bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul entre 2014 a 2016. Então, Quais as estratégias de enfrentamento frente às vulnerabilidades quantitativa e qualitativa de água atual e futura, já que o cenário pluviométrico da Bacia permanece instável? (Farias; Pinto, 2018; Santana *et al.* 2020, 2021; Neves; Vilanova, 2021; Marques *et al.* 2023).

2.11.2 Solução para o Município

De encontro à situação municipal e à displicência na prestação dos serviços de água, higiene e saneamento básico em Aparecida/SP. Sugere-se como estratégia inicial e multidisciplinar de enfrentamento às vulnerabilidades quantitativa e qualitativa de água atual e futura do município supracitado, o tratamento adequado e seguro para a água residuária proveniente de procedimento de retrolavagem dos 03 filtros de ETA em Aparecida/SP, a fim de reciclá-la a risco aceitável e adaptado à realidade aparecidense visando três possibilidades de uso não potável.

A primeira possibilidade é tratar e destinar de forma ambientalmente correta a água residuária originária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP para minimizar a vulnerabilidade de autodepuração dos recursos hídricos que recebem o volume das inúmeras fontes de água residuária municipal não tratada ao atravessar o adensamento urbano do município em destaque, particularmente o Ribeirão da Chácara que recebe um volume significativo de água residuária municipal sem tratamento, que são geradas pela população residente.

Como também, pelo aumento populacional de 32,6% ao mês da demanda turística, especialmente em finais de semanas, feriados e datas comemorativas do calendário católico romano. Por consequência, desaguam no Rio Paraíba do Sul, à montante do ponto PARB 02600, contaminando a captação exclusiva de água bruta para fins potáveis no referido município. Logo, efetivar essa primeira possibilidade gera um “efeito em cadeia”, positivo, uma vez que assegura o enquadramento dos recursos hídricos receptores em classes.

Em particular, na foz do Ribeirão da Chácara e no trecho do Rio Paraíba do Sul, consequentemente melhora os parâmetros qualitativos da água bruta captada, reduz as paradas do sistema de bombeamento de água bruta, por causa do excesso de matéria orgânica dissolvida e aumento de turbidez no ponto PARB 02600. Evita o processo de tratamento acelerado e o “efeito arraste” na ETA do SAAE Aparecida/SP, após a paralisação da EEAB. Com a finalidade de recuperar o sistema de reservação de água potável reduzido do município citado anteriormente.

Proporcionalmente, isso melhora a eficiência de tratamento e o tempo de contato na pré oxidação, reduzindo a ação microbiana, especialmente patogênica. Ao mesmo tempo que reduz o consumo de produtos químicos, por exemplo, cloro gás e PAC dosado no pré tratamento de água para fins portáteis, evitando a formação de subprodutos por desinfecção e coagulação. Em último, gera impactos

positivos na produção de água residuária originária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP.

Exemplo, reduz o quantitativo de retrolavagem de filtros e o desperdício de água potável, bem como a perda das camadas filtrantes durante o procedimento de retrolavagem de filtros, garantindo vida útil das camadas filtrantes dos 03 filtros da ETA aparecidense, assim como melhora os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos do primeiro filtrado da água potável após o procedimento de retrolavagem de filtros e da água residuária de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP, facilitando seu tratamento e sua reciclagem não potável.

Nesse contexto que inicia a segunda possibilidade para o uso não potável da água residuária originária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP, isto é, reintroduzi-la no sistema de tratamento de água potável, visando mitigar a vulnerabilidade de perdas de água potável, pois através da ETA em destaque é tratado e distribuído em média 14 milhões 947 mil litros de água potável por dia, porém 8 milhões 146 mil e 115 litros de água potável é desperdiçado por falta de medidas estruturais e não estruturais.

É o caso do procedimento de retrolavagem dos 03 filtros da única ETA aparecidense que desperdiça de 90 mil a 810 mil litros de água potável por dia, ou seja, o equivalente a 0,6% até 5,4% do volume médio tratado e distribuído em Aparecida/SP, respectivamente. Portanto, efetivar essa segunda possibilidade de uso não potável no contexto da ETA do SAAE Aparecida/SP, possibilita ao referido município reduzir o índice de 54,5% para 53,4% e até 48,6 % de perdas de água potável, respectivamente.

Se considerarmos que o município de Aparecida/SP perde 8 milhões 146 mil e 115 litros de água potável e cobra cerca de 23, 00 reais por cada 10 mil litros de água potável, o mínimo por contribuinte (SAAE, 2024) Isso resulta em 18 mil 736 reais e 06 centavos por dia de desperdício de dinheiro público em todo sistema de abastecimento de água potável. Só, no procedimento de retrolavagem dos 03 filtros da ETA mencionada acima é desperdiçado ao dia, no mínimo 207,00 a 1 mil 863, 00 reais, enquanto deveria ser investido em medidas estruturais e não estruturais.

Pelo exposto, essa segunda possibilidade de uso não potável da água residuária proveniente de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP produz para o município supracitado diversos tipos de economia, por exemplo, a verde, pois ao injetá-la no sistema de tratamento de água potável evita exploração

excessiva dos recursos hídricos. Ainda, a economia circular, uma vez que esse tipo de água deixa de contaminar os recursos hídricos para ser transformada em matéria prima essencial no contexto da ETA mencionada acima.

Assim como, economia social, pois garante o acesso à água, higiene e saneamento gerando qualidade de vida e bem-estar social. Por último, economia monetária, pois evita o desperdício de recursos públicos financeiros para investir em fontes de água não convencionais, com objetivo de assegurar a disponibilidade quantitativa e qualitativa de água local, uma vez que, Aparecida/SP precisa de estratégias para enfrentar essas vulnerabilidades na atualidade e no futuro frente ao cenário global de instabilidade climática.

Nesse contexto que inicia a terceira possibilidade de uso não potável da água residuária originária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP, ou seja, utilizá-la para substituir o uso de água potável em fins não potáveis urbanos, por exemplo, construção civil, combate a incêndio, irrigação paisagística, desobstrução de galerias de água pluvial e rede de esgotos, lavagem de veículos, logradouros e outros espaços públicos e privados do município mencionada acima.

Também, com a finalidade de reduzir a vulnerabilidade de perdas e o uso irracional de água potável, já que, no mínimo é utilizado 26 mil litros de água potável em fins não potáveis, se considerarmos os 03 caminhões tanque do SAAE Aparecida/SP e 01 caminhão tanque da DSM abastecidos pelo menos uma vez a cada 24 horas. Esse uso irracional de água potável em fins não potáveis, no mínimo, resulta em 798,75 reais de gasto para o cofre público do SAAE Aparecida/SP, se considerarmos que 8 mil litros de água potável são vendidos à 243,00 reais.

Ou seja, esse é o valor econômico local cobrado pelo uso de água potável assegurado através do caminhão tanque (SAAE, 2024). Portanto, efetivar essa terceira possibilidade de uso não potável de água residuária proveniente de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA supracitada, também possibilita ao SAAE Aparecida/SP e ao município destacado, economia verde, já que, a água potável será utilizada apenas para os usos que exigem padrões de qualidade potável, segunda a Portaria nº 888/2021/GM/MS.

Enquanto, a água não potável será usada em fins urbanos que requer padrões de qualidade específicos, conforme a Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020. Ainda mais, economia circular, uma vez que a água residuária de

retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP, após processo de tratamento será reciclada com a finalidade de atender as solicitações de uso não potável de água, que já são assegurados pelos caminhões tanques do SAAE Aparecida/SP, DSM e terceiros, mas com água potável até o momento.

Por último, economia social e monetária, pois além de ser uma opção ecologicamente correta para o abastecimento de caminhões tanques “NÃO POTÁVEL”, também evita o desperdício de água potável em fins não potáveis urbanos e de dinheiro público. Nesse contexto, as três possibilidades de uso não potável de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP tem potencial para complementar a segurança hídrica, bem-estar humano, ambiental e o desenvolvimento socioeconômico de Aparecida/SP.

Sendo assim, são três possibilidades estratégicas que o município de Aparecida/SP tem para enfrentar as vulnerabilidades quantitativa e qualitativa de água atual e futura associada à instabilidade climática do cenário global, nacional, estadual e da Bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Especialmente em períodos composto por fenômenos combinados, extremo calor, baixa precipitação, estiagens, secas, escassez física e de abastecimento de água, (UNESCO; I; WSSM, 2020; Brasil, 2021; SAAE, 2024).

Portanto, a efetivação dessas possibilidades estratégicas promove benefícios diretos e indiretos aos usuários aparecidenses, ao SAAE e ao município de Aparecida/SP, pois, a água reciclada não potável proveniente de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA mencionada acima, em ambientes urbanos é uma medida que conecta o instrumento de enquadramento dos recursos de hídricos em classes, segundo os usos preponderantes de água com ações estruturais e não estruturais de saúde pública.

Uma vez que se reduz os parâmetros qualitativos desconformes de OD, PT, *E. coli*, *Giardia*, *Cryptosporidium*, ..., especificamente dos recursos hídricos utilizados para fins de abastecimento, ajustando-os ao permitido pela legislação brasileira, (CONAMA, 2005, 2011; ANA, 2021; São Paulo, 1976, 2021; CETESB, 2022, 2023) também reduz a possibilidade de disseminação de doenças por veiculação hídrica na população local (Brasil, 1997; CONAMA, 2005; São Paulo, 2021; CETESB, 2022, 2023; Sabia *et al.*, 2023).

Sendo assim, se essas três possibilidades de reciclagem não potável de água residuária oriunda de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE

Aparecida/SP forem efetuadas de modo adequado, seguro, com risco aceitável e adaptado à realidade local. Não só traz melhorias para a qualidade dos recursos hídricos locais, mas também para os demais da UGRHI 2, principalmente a jusante do município de Aparecida/SP, em direção ao Estado fluminense (CETESB, 2022, 2023; Sabia *et al.*, 2023).

Porque as inúmeras fontes de água residuária municipal gerada e não tratada, em particular o volume de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP, não necessariamente retorna à Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, onde o volume de água foi captado, (IBGE, 2017; SAAE, 2019, 2024) pois uma parte desse volume pode ser transferido para outras bacias, trazendo diversos prejuízos socioeconômico, socioambiental e humano (São Paulo, 1976, 2020; UNESCO; I; WSSM, 2020).

Pelo exposto, o uso não potável dessa nova fonte de água vem sendo cada vez mais incentivado frente às vulnerabilidades de escassez quantitativa e qualitativa de água associada à falta de medidas estruturais e não estruturais da municipalidade (APA, 2019; EU, 2020; ANA; MIDR, 2015, 2017, 2020, 2021, 2023). Sendo assim, é uma ação para a minimização de desperdício de água tratada, intermitência e racionalização “forçada” de água devido ao aumento populacional, uso e ocupação irregular de solo.

Portanto, uma ação essencial para Aparecida/SP que além de possuir as vulnerabilidades exposta acima, também possui 6,26 Km² de área urbanizada concentrada sobre área de preservação permanente - APP, morros, encostas e recursos hídricos locais (CONESAN, 2010, 2011; IBGE, 2017; Maimon; Gross, 2018; SAAE, 2019; São Paulo, 2021). Nesse caso, o uso não potável dessa fonte sustentável de água é uma medida para lidar com os impactos negativos associados ao crescimento populacional desordenado, uso e ocupação irregular de solo urbano.

Ainda mais, seu uso vem sendo estimulado como um recurso de uso parcial na caixa de entrada de água bruta de ETAs e em usos não potáveis nas cidades em crescimento irregular. Para que a água bruta captada para fins de abastecimento seja utilizada ao máximo nas ETAs e na substituição de água potável usada em fins não potáveis urbanos, (Hamilton *et al.*, 2018; São Paulo, 2020; Your Home, 2023) aumentando com isso a resiliência das cidades que já sofrem com esses impactos (Brasil, 2005, 2010, 2021; São Paulo, 2021; Santos; Lima, 2022).

No entanto para as cidades, em particular Aparecida/SP desfrutar dos benefícios desse tipo de reciclagem não potável de água, é preciso mitigar os riscos associados à saúde pública e ao meio ambiente, através da prevenção e gestão de riscos (WWAP, 2017; Maimon; Gross, 2018; APA, 2019; Lucchesi *et al.*, 2021). Saber lidar com os desafios relacionados aos microrganismos patogênicos, substâncias reguladas e não reguladas presente nas múltiplas fontes de água residuária municipal, como a de retrolavagem de filtros de ETAs (Qian *et al.*, 2021, 2023; Xie *et al.*, 2024).

Especificamente, a água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros da única ETA do SAAE Aparecida/SP que possui padrões qualitativos inconformes de DBO, turbidez, SST, coliformes termotolerantes, coliformes totais, *Giardia*, *Cryptosporidium*, óleos e graxos totais, leves, visíveis, visuais, substâncias solúveis em hexana, solventes, gasolina, substâncias inflamáveis e ferro dissolvido, se comparado com a legislação adotada, isto é, a Lei Estadual nº. 997/1976, o Decreto nº. 8.468/1976 e a Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020.

E com as demais observadas, a Resolução CONAMA nº 430/2011, Lei Municipal nº 4.253/2020 e a Decisão de Diretoria CETESB nº 134/2022/P/C/E//2022 (CONAMA, 2011; São Paulo, 1976, 2020; CETESB, 2022; SAAE, 2019, 2024). Por esse motivo, esse tipo de água deve ser tratada de modo adequado, seguro, com risco aceitável e adaptado à realidade local, antes de ser inserida no contexto urbano aparecidense (Aparecida, 2020, 2024). Com objetivo de garantir o bem-estar humano, social, econômico e ambiental (Maimon; Gross, 2018).

Logo, a inclusão de reciclagem não potável das inúmeras fontes de água residuária municipal, a começar pela reciclagem não potável da água residuária de retrolavagem de filtros da ETA em destaque, bem como, sua utilização não potável para os fins interno do SAAE e em ambiente urbano de Aparecida/SP é uma oportunidade para inovar a prestação de serviços públicos de água, higiene e saneamento (Filho, 2017, 2021; UNESCO; I; WSSM, 2020; SABESP, 2020; OECD, 2023; WWAP, 2023; Wateraid, 2023).

Em especial para atender a comunidade periurbana dos bairros formados em áreas de morros, encostas e nas várzeas do Rio Paraíba do Sul, que já sofrem com os desperdícios de água tratada, na maioria, pelo próprio SAAE Aparecida/SP, porque não tem plano preventivo e corretivo de consertos de vazamentos. E com a intermitência sazonal devido à infraestrutura inadequada de abastecimento de água

potável para assegurar a crescente demanda pelos múltiplos usos da água local (São Paulo, 2021; CONESAN, 2010, 2011; UNESCO; I; WSSM, 2020).

E à medida que as ações de reciclagem não potável das diversas fontes de água residuária municipal se efetivarem, deve também estimular o aproveitamento de outros subprodutos gerados nas únicas ETA e ETE do referido município, como, o lodo, o biometano, etc. Isso ajudará a cumprir vários objetivos da Agenda 2030, pois são práticas ambientais e sociais indispensáveis à gestão e governança dos serviços de água, higiene e saneamento (SABESP, 2020; MUISA *et al.*, 2020, UNESCO; I; WSSM, 2020; UNEP, 2023).

Inclusive, a Agenda 2030 aponta que para lidar com a escassez quantitativa e qualitativa de água até 2030, deve aumentar substancialmente a eficiência dos usos múltiplos da água em todos os segmentos, utilizar novas fontes água, como a reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs, aproveitamento de água pluvial, explorar e explotar sustentavelmente os recursos hídricos de abastecimento de água doce, principalmente em meio às incertezas climáticas e o estresse hídrico global (WWAP, 2020; Zhang; Oki, 2023).

Apesar de Aparecida/SP não possuir uma regulamentação específica para a gestão das múltiplas fontes de água residuária municipal, em especial, a de retrolavagem de filtros da ETA, esse assunto apenas é citado na Lei Municipal nº 4.253/2020. Tal como, o SAAE Aparecida/SP é o indicado como prestador exclusivo dos serviços de água potável, esgotamento sanitário e o manejo de resíduos sólidos urbanos. Logo, com experiência para efetuar essa gestão, como parte da gestão e governança integrada dos recursos hídricos locais (Aparecida, 2020).

Desde que embasado na Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020, do Estado de São Paulo e outras legislações pertinentes que se adeque às condições locais e voltadas para a água residuária de ETAs e não de ETEs (São Paulo, 2020). Depois de avaliar a eficácia de suas políticas, programas, leis e diretrizes que abrangem a proteção ao meio ambiente e à saúde pública, com objetivo de inserir gradualmente formas de financiamento de reciclagem não potável segura das diversas fontes de água residuária municipal.

A começar pela reciclagem não potável de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de sua única ETA, com eficiência econômica e ambiental, incluindo quantidade, qualidade e finalidade pretendida da água reciclada não potável em meio urbano. Essa avaliação é fundamental para identificar a

compatibilidade e contraditórios existentes nesses documentos governamentais, os desafios locais a serem enfrentados, os impactos positivos e negativos gerados com a implementação desse tipo de reciclagem.

Associado à gestão e governança sustentável dos recursos hídricos. A fim de proporcionar aos tomadores de decisões, mais conhecimento, segurança e responsabilidade de suas decisões (UNESCO; I; WSSM, 2020; Zarezadeh *et al.*, 2023; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023). Também, é preciso considerar a integração da ETA e da ETE com os meios de distribuição, reservação e as peculiaridades locais, uma vez que, o foco é fornecer a água reciclada não potável em quantidade, qualidade, com risco aceitável e padrões específicos.

Para a finalidade desejada e em local adequado (UNESCO; I; WSSM, 2020; Shoushtarian; Negahban-Azar, 2020). E enquanto não existe infraestrutura exclusiva de distribuição e reservação para essa água em Aparecida/SP, tampouco o reconhecimento legal específico, para o uso não potável de água reciclada proveniente de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs (CONAMA, 2011; ANA, 2016, 2017, 2018; São Paulo, 1976, 2020; Aparecida, 2020; CETESB, 2022; Brasil, 2005, 2010, 2023; UNEP, 2023).

Esse município pode expandir a uso dessa água reciclada não potável, em especial para as comunidades mais vulneráveis, (UNESCO; I; WSSM, 2020) que já sofrem com a falta de água potável e saneamento, através de caminhões tanques devidamente normatizados, conforme o ANEXO ÚNICO, da Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020. E da sensibilização do público envolvido, um fator indispensável para a efetivação da reciclagem não potável de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA, na cidade de Aparecida/SP.

Logo, essa sensibilização (UNESCO; I; WSSM, 2020; São Paulo, 2020) precisa começar pelos atores envolvidos na operacionalização da única ETA aparecidense, consequentemente para os demais segmentos do SAAE Aparecida/SP até atingir todos os segmentos municipais (Gottfried *et al.*, 2008; Freitas *et al.*, 2010; Chen *et al.*, 2016; Lustosa *et al.*, 2017; IBGE, 2017; Hamilton *et al.*, 2018; Filho, 2017, 2021; Zielina; Dabrowski, 2021; Qian *et al.*, 2021, 2023; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023; Xie *et al.*, 2024).

2.12 POR QUE RECICLAR ÁGUA RESIDUÁRIA DE RETROLAVAGEM DE FILTROS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA?

2.12.1 Necessidade

Primeiro, enfatizar que a água residuária proveniente de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs não pode ser ignorada no debate sobre as múltiplas fontes de água residuária municipal. Uma vez que, a maioria dos sistemas de tratamento de água para fins potáveis são convencionais, operam em condições inadequadas, com capacidade volumétrica acima do limite projetado, com índice significativo de perdas de água potável, sem destinação final ambientalmente adequada para seus resíduos, com carência de investimento estrutural e técnico.

Por isso, chegam a utilizar até 10% da água potável fabricada no sistema de tratamento de água potável, em procedimento de retrolavagem de filtros nas ETAs (Freitas *et al.*, 2010; Frota *et al.*, 2021; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023). Isso gera uma produção significativa de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs, contaminada com *Aspergillus fumigatus*, carbono orgânico dissolvido, matéria orgânica dissolvida, subprodutos de desinfecção, metais pesados, carvão ativado, micropoluentes orgânicos e inorgânicos.

Desreguladores endócrinos entre outros produtos farmacêuticos de uso comum da população (Echevarria *et al.*, 2020; Azadi Aghdam *et al.*, 2020; Caltran *et al.*, 2020; Valbonesi *et al.*, 2021). Por consequência, são vistas como um “problema” de âmbito internacional, brasileiro, paulista e aparecidense, pois, quando não recebem destinação ambientalmente correta contaminam o solo, os recursos hídricos e o ar atmosférico, trazendo inúmeros prejuízos sociais, econômicos e ambientais para a municipalidade.

Portanto, é dever dos prestadores dos serviços de água, higiene e saneamento garantir a gestão ambiental da água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs, antes de retornar aos recursos hídricos receptores (WWAP, 2017; São Paulo, 2020; IPCC 2022, 2023; UNEP, 2023; Wateraid, 2023). Por isso, a abordagem sobre reciclagem não potável das múltiplas fontes de água residuária municipal geradas nesses cenários não deve ser apenas focada em água residuária bruta ou tratada, proveniente de ETEs.

Como no contexto brasileiro que aborda a reciclagem não potável das múltiplas fontes de água residuária municipal, com foco em água residuária bruta ou tratada, proveniente de ETEs (Bahia, 2010; Ceará, 2017; Aparecida, 2020; São Paulo, 2020; Minas Gerais, 2020; Rio Grande Do Sul, 2020; Moura et al., 2020; Distrito Federal, 2022; Mato Grosso Do Sul, 2022; Paraná, 2023; CETESB, 2022; Brasil, 2005, 2010, 2023; ANA, 2019, 2022; ANA; MIDR, 2023; UNEP, 2023).

E raramente é mencionada a água residuária bruta ou tratada de ETAs. Tampouco, a água residuária gerada em procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs. Inclusive, o SAP - Sistema de Apoio às Políticas, ferramenta utilizada para apoiar a tomada de decisão relacionada ao ODS 6, (ANA; MIDR, 2023) aplicada no Brasil aponta que o país possui diversos desafios que dificultam o progresso das metas 6.3.1 e 6.3.2 do ODS 6, como, ausência de dados sobre tratamento de água residuária industrial, mas não menciona a água residuária bruta ou tratada de ETAs.

Porém, a água residuária bruta ou tratada de ETAs, em especial, a de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs é considerada de processo industrial, na maioria, tem 1% de matéria orgânica dissolvida com inúmeros contaminantes, mas por possuir 99% de água, os prestadores de serviços de água, higiene e saneamento ignoram a importância de seu tratamento lançando-as nos recursos hídricos receptores sem nenhum tipo de tratamento. No entanto, dependendo do uso e ocupação do solo das bacias hidrográficas urbanas.

Esse 1% de matéria orgânica dissolvida e presente na água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs possui concentração de substâncias orgânicas e inorgânicas não reguladas capaz de interferir na produção hormonal de peixes e até do ser humano, principalmente os que vivem constantemente entre as iniquidades das sociedades mais vulneráveis e que recebem pouco ou nenhum investimento para tratar adequadamente as múltiplas fontes de água residuária nelas geradas.

Por isso, é preciso investir e assegurar a conscientização pública sobre o tratamento adequado e seguro da água residuária de ETAs, em especial, a água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs, antes de retornarem aos recursos hídricos receptores. E de modo adaptado às condições das sociedades mais vulneráveis. A fim de promover equidade na prestação de serviços de água, higiene e saneamento. Desenvolvimento de capacidades locais. Financiamento para a municipalidade aprimorar a prestação de serviços de água, higiene e saneamento.

Uma vez que, a água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs, é uma fonte de água bruta para as ETARs ou “Fábrica de água”. É parte do ciclo de gestão e governança hídrica. É uma parcela das múltiplas fontes de água residuária municipal produzidas no país. Portanto, não pode ser desconsiderada no contexto brasileiro que deseja atender 99% da população com água potável em quantidade e qualidade, bem como, coletar e tratar 90% das inúmeras fontes de água residuária até 2033 (Brasil, 2007, 2020).

Por último, a necessidade de salientar que a reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs precisa ser abordada no contexto proativo de gestão e governança dos fenômenos combinados de estiagens, secas e extremo calor (Cid *et al.*, 2024). E não só, no momento reativo e de pressão para minimizar os impactos socioambientais das secas na municipalidade. Isso pode levar a exposição acima do risco aceitável à saúde humana e ambiental (WHO, 2017; ISO, 2018; WWAP, 2017; APA, 2019; São Paulo, 2020; UN; Water, 2021).

Porque a água residuária gerada em procedimento de retrolavagem de filtros nas ETAs contém inúmeros contaminantes orgânicos e inorgânicos. E sua reintrodução nos recursos hídricos receptores, na caixa de entrada de água bruta na própria ETA, para aumentar a oferta de água nos sistemas de tratamento para fins potáveis e para substituir o volume de água potável utilizada em fins não potáveis urbanos, principalmente, devido às precipitações irregulares, estiagens, secas, extremo calor, escassez física e de abastecimento de água nos municípios.

Precisa considerar estratégias de tratamento para remover determinadas substâncias orgânicas e inorgânicas precursoras e sucessoras que podem ser detectadas na água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs (Hamilton *et al.*, 2018; Qian *et al.*, 2020; Frota *et al.*, 2021). Sendo assim, tratar de água independente se for bruta, tratada, residuária, e até reciclada precisa ser uma prioridade de segurança municipal, estadual e nacional (Cid *et al.*, 2024). Já que, a maioria dos municípios têm pelo menos uma ETA.

Isto é, uma fonte de água mais para minimizar os impactos desses fenômenos na municipalidade, que é água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs. No entanto, a procrastinação de apoio para implementar projetos de reciclagem não potável de água residuária gerada em procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs na prestação de serviços de água,

higiene e saneamento. Como parte do ciclo de gestão e governança hídrica e dos fenômenos combinados de estiagens, secas e extremo calor.

Inibe o pensamento crítico para lidar com a gestão integrada de secas e recursos hídricos (Cid *et al.*, 2024). As medidas proativas de uso de água reciclada não potável de retrolavagem de filtros de ETAs em ambientes urbanos. E permanecem os paradigmas socioculturais, desconhecimento e insegurança associada aos riscos ambientais e humanos da implementação de reciclagem não potável de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs, nos municípios brasileiros.

Devido aos aspectos estruturais de aceitação cultural fixado pelo paradigma de “abundância hídrica”. Mas, a realidade é outra, pois o Brasil vem sofrendo secas severas nas últimas décadas, inclusive com impacto significativo de escassez de abastecimento de água, principalmente nas bacias hidrográficas urbanas do Sudeste, Centro Oeste, Sul, Norte e Nordeste. Logo, existe uma difusão de secas severas no país (Simões *et al.*, 2022; Domingues; Rocha, 2022; Silva *et al.*, 2023; Cuartas *et al.*, 2024; Santos *et al.*, 2024; Barbosa, 2024).

E ao aspecto “nojo”, sustentado pelo “desconhecido” sobre a importância de reciclagem não potável de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs no contexto das cidades. Porém essa realidade pode ser transformada, através do aprimoramento do aprendizado social (Cid *et al.*, 2024) sobre a implementação de reciclagem não potável de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs, associado a gestão integrada de recursos hídricos e secas.

2.12.2 Oportunidade

De salientar que a reciclagem não potável de água residuária gerada em procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs, está inserida nas metas de universalização, equidade, eficiência, integração, regionalização e sustentabilidade dos serviços de água, higiene e saneamento. Como também, na ambiciosa meta 6.3 do ODS 6 e intrinsecamente nos demais ODS, isso porque a água é uma só e o elemento conectivo entre todos os objetivos do desenvolvimento sustentável da Agenda 2030 (ANA; MIDR, 2023; UNEP, 2023).

Reciclá-las é uma oportunidade municipal, estadual, nacional e internacional para garantir acesso seguro à água potável em quantidade e qualidade (Brasil, 2007, 2020; ANA, 2019, 2022; ANA; MIDR, 2023; UNEP 2023). Já que, sua reciclagem não potável urbana aumenta a eficiência da remoção de contaminantes presentes em água. Economiza recursos hídricos (Chen *et al.*, 2016; ANA, 2017; Echevarria *et al.*, 2020; Azadi Aghdam *et al.*, 2020; Caltran *et al.*, 2020; Valbonesi *et al.*, 2021; Qian *et al.*, 2020, 2021, 2023).

Reduz a exploração e a exploração dos recursos hídricos, uma vez que, o volume de água retirado dos recursos hídricos para fins de abastecimento, nos municípios, passa ser utilizado ao máximo nas ETAs (Gottfried *et al.*, 2008; Filho, 2017, 2021; Xie *et al.*, 2024). E substitui a demanda de água potável usada em fins não potáveis urbanos (Hamilton *et al.*, 2018; APA, 2019; São Paulo, 2020). Por consequência, aumenta a resiliência dos municípios, principalmente dos que já enfrentam escassez de abastecimento de água.

Por causa do uso inadequado de água, de excelente qualidade ou de acordo com os parâmetros de potabilidade, em usos que requerem apenas água com padrões de qualidade específicos à finalidade pretendida (Brasil, 2005, 2010, 2021; Santos; Lima, 2022). Ou, pelas vulnerabilidades climáticas, como fenômenos extremos de secas e calor (CEIVAP, 2015; Van Loon, 2015; APA, 2019; EU, 2020; IPCC, 2022, 2023; Your Home, 2023; Tallaksen *et al.*, 2023; CEMADEN, 2024; ANA, 2024).

Portanto, esse recurso acessível, valioso, precisa ser melhor explorado como fonte quantitativa e qualitativa de água nos municípios (WWAP, 2017, 2023; Qian *et al.*, 2021; IRdA, 2023). Mas, para desfrutar dos benefícios da reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs, é preciso implantar tratamento e tecnologia adequada, segura, com risco aceitável e adaptada à realidade local. E fazer uso integrado das múltiplas barreiras, ferramentas físicas, químicas e microbiológicas, desde o tratamento até o consumo final.

Com a finalidade de prevenir ou reduzir os riscos associados à saúde pública e ao meio ambiente, através da prevenção e gestão de riscos (WHO, 2017; Maimon; Gross, 2018; Hamilton *et al.*, 2018; Mukherjee, 2020; Lucchesi *et al.*, 2021; UN; Water, 2021; Xie *et al.*, 2024). Portanto, é responsabilidade dos prestadores dos serviços de água, higiene e saneamento garantir a qualidade do produto final, água

reciclada não potável de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs (Khan *et al.*, 2018; Radcliffe, 2022; SAAE, 2019, 2024).

Independente da adaptação necessária à realidade social, econômica e ambiental de ETAs. Pois, esse tipo de água possui uma diversidade de microrganismos, incluindo patógenos, sólidos, orgânicos e inorgânicos, abrangendo as substâncias reguladas ou não proveniente da água bruta captada, da manutenção preventiva e corretiva nas ETAs, dos produtos químicos dosados no sistema de tratamento de água potável e do fluxo reverso das camadas filtrantes ao retrolavar os filtros das ETAs (Qian *et al.*, 2021, 2023; Xie *et al.*, 2024).

Sendo assim, é uma fonte alternativa, a mais, nova, complementar, eficaz, reserva, inovadora, adicional, segura e sustentável para assegurar os múltiplos usos da água nas cidades. É uma perspectiva local e regional de segurança hídrica. É uma estratégia para equilibrar a disponibilidade hídrica futura. É uma ferramenta para lidar com a escassez física e de abastecimento de água municipal. É uma estratégia de aproveitamento ao máximo do volume de água bruta outorgado dos recursos hídricos. É um instrumento que economiza recursos hídricos.

É uma ação para a minimização de desperdício de água tratada. É um instrumento de uso eficiente e otimizado da água. É uma resposta à intermitência, insuficiência e racionalização “forçada” de água em ambientes urbanos. É um recurso de resposta emergencial para prestação alternativa dos serviços de abastecimento público de água potável, com caminhões tanques, em períodos de estiagens e secas. É um instrumento de gestão e governança da água e secas. É um instrumento de prevenção de desastres “naturais”.

É uma ação de adaptação e resiliência contra os extremos climáticos. É uma medida climática contra o lançamento de gases GEEs na atmosfera global. É uma medida contra as vulnerabilidades do clima, acesso à água, higiene e saneamento. É uma opção ecologicamente correta de acesso à água, higiene e saneamento. É uma oportunidade para garantir a universalização dos serviços de água, higiene e saneamento. É uma necessidade municipal. É uma prática de economia circular para os ambientes urbanos.

É uma oportunidade de negócio, economia, lucratividade e rentabilidade para os contribuintes e prestadores de serviços de água, higiene e saneamento. É uma oportunidade para inovar a prestação de serviços de água, higiene e saneamento. É uma medida de atenuação dos conflitos pelos múltiplos usos da água nas bacias

hidrográficas. É uma ferramenta que coíbe a migração populacional, o mal-estar social e os impactos sobre os recursos hídricos e o solo das bacias hidrográficas. É um meio de avaliar e monitorar a qualidade da água.

É um instrumento de despoluição de bacias hidrográficas. É uma medida conexas ao instrumento de enquadramento dos recursos hídricos em classes, segundo os usos preponderantes da água. É um instrumento de avaliação e monitoramento do grau de impacto dos recursos hídricos e do solo. É um recurso disponível e gratuito para lidar com o desafio de melhorar a qualidade da água, controlar e combater a poluição hídrica. É uma oportunidade para assegurar saúde pública. É uma medida de prevenção e gestão de riscos.

É uma ferramenta contra as diversas patologias de veiculação hídrica municipal. É um instrumento de prevenção à saúde do trabalhador. É uma ferramenta de gestão ambiental obrigatória dos municípios e Estados, pois devem promover a destinação ambientalmente correta dos subprodutos gerados em processo de retrolavagem de filtros nas ETAs, antes de retornar aos recursos hídricos receptores (WWAP, 2017; São Paulo, 1976, 2020; IPCC 2022, 2023; UNEP, 2023; Wateraid, 2023).

É uma oportunidade para cumprir a legislação de prevenção e controle da poluição do meio ambiente. É uma medida de garantia dos direitos humanos e comuns da prestação dos serviços de acesso à água, higiene e saneamento. Pelo exposto, é uma tendência global, mas que precisa ser melhor explorada, como um instrumento multidisciplinar, uma vez que vai ao encontro de diversas diretrizes propostas nos planos de recursos hídricos nas três escalas de gestão e governança hídrica, que norteiam a implementação efetiva da PNRH.

E a atuação integrada e cooperativa dos tomadores de decisão do SINGREH. Ao enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, que permite compreender a situação quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos, associando suas condições presentes, as possibilidades futuras de sua recuperação e restauração, as limitações técnicas, institucionais, culturais, sociais e econômicas para alcançar sua sustentabilidade em um determinado período.

Ou seja, um indicador quantitativo e qualitativo dos recursos hídricos que temos, queremos e podemos ter. A outorga do direito de uso de recursos hídricos, que permite o monitoramento quantitativo e qualitativo dos usos da água na bacia

hidrográfica, o que é indispensável para formular um banco de dados composto por tipo de requerente, município, tipo de recurso hídrico, região hidrográfica, finalidade principal, padrões de qualidade específicos ao fim pretendido, tipo de interferência, quantitativo de volume, vazão e outras informações pertinentes.

A cobrança pelo uso dos recursos hídricos, que incentiva os usuários a reconhecerem o valor econômico da água como um bem público. O uso racional, sustentável e equitativo dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais. O financiamento de programas e projetos de conhecimento científico, mitigação, adaptação e resiliência local, de infraestrutura cinza e verde, para a melhoria da quantidade e qualidade dos sistemas produtores de água nas bacias hidrográficas estaduais, interestaduais e transfronteiriças.

A compensação aos municípios, que visa indenizar a municipalidade pela exploração e exploração dos recursos hídricos. E ao Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos - SINGREH que coleta, trata, armazena, recupera dados e informações sobre os recursos hídricos. Disponibilizando-os gratuitamente para os tomadores de decisão do SINGREH, prestadores de serviços de água, higiene e saneamento, conhecimento científico e sociedade em geral (Brasil, 1997; ANA, 2020; MDR; SNSH, 2022).

Além disso, a reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs, somada ao reaproveitamento do lodo das ETAs corresponde a economia de 2% a 5% do total de água em tratamento nas ETAs (Gottfried *et al.*, 2008). Somente, sua reciclagem não potável, em sistemas de tratamento de água convencional evita o uso de mais 5% do volume total de água tratada (Freitas *et al.*, 2010; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023). E gera uma economia hídrica nas ETAs em torno de 2% a 6% (Xie *et al.*, 2024).

Logo, a reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs gera múltiplos benefícios que sobrepõe às desvantagens provocadas nos sistemas produtores de água, nos sistemas de tratamento de água para fins potáveis ao injetá-la na caixa de entrada de água bruta das ETAs (Gottfried *et al.*, 2008). E o impacto direto aos padrões de potabilidade da primeira água filtrada, pois, inevitavelmente parte do residual do procedimento de retrolavagem, retorna à camada filtrante, após o reinício da etapa de filtragem nas ETAs (Zielina; Dabrowski, 2021).

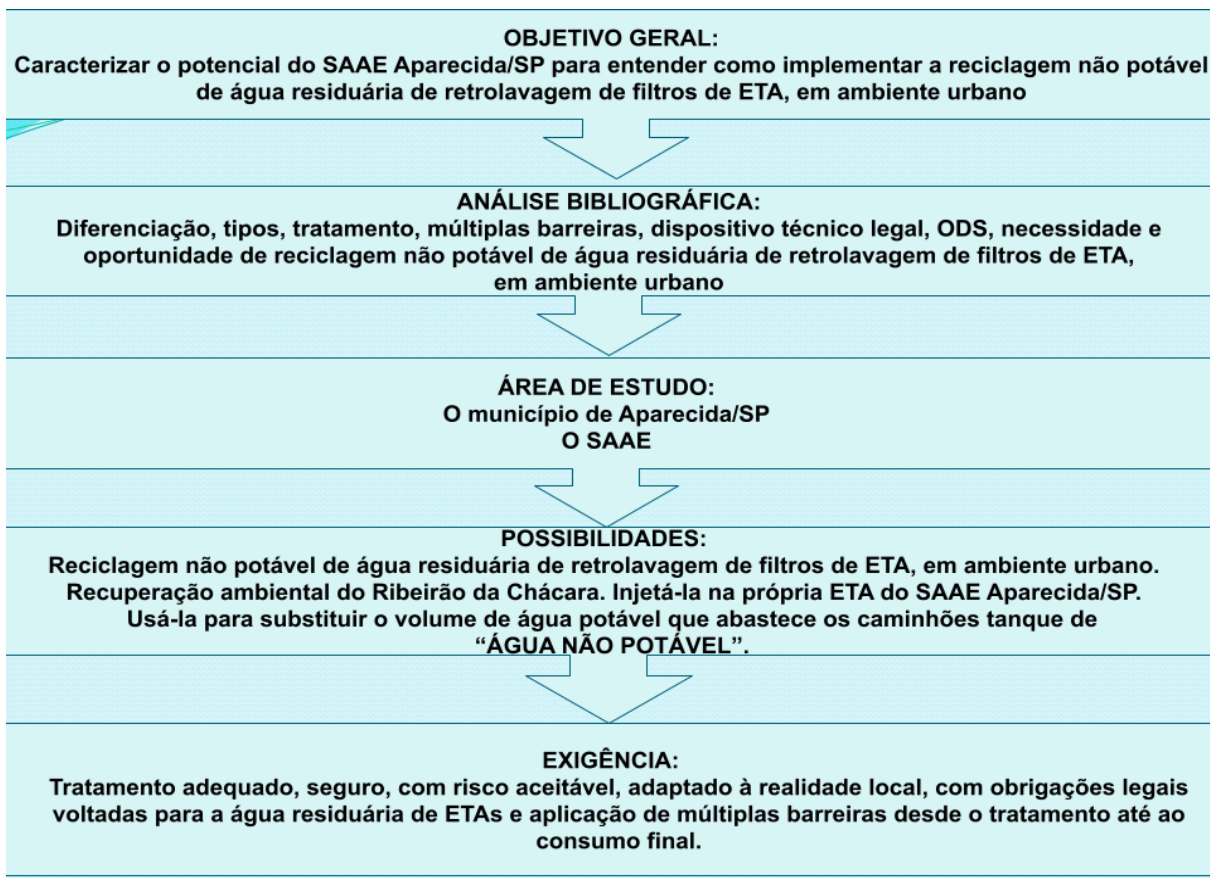
Por último, a reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs produz inúmeros impactos positivos que supera os possíveis impactos negativos ao substituir o uso de água potável em fins não potáveis urbanos, por exemplo, construção civil, combate a incêndio, irrigação paisagística, desobstrução de sistemas de água pluvial e sistemas de esgotamento, higienização de veículos, ruas, calçadas, pátios e outros espaços públicos e privados (Hamilton *et al.*, 2018; APA, 2019; São Paulo, 2020).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Pesquisa bibliográfica qualitativa, composta por artigos, manuais, relatórios, estudos, legislação, portal de informação e realidade do SAAE Aparecida/SP, área de estudo específica (Figura 24 e 25). E, quantitativa composta por levantamento, análise, resultados e validação de dados sobre o quantitativo de água residuária produzido com a retrolavagem de filtros da ETA. De abastecimento de caminhão tanque com água potável para fins não potáveis. As características físicas, químicas e microbiológicas da amostra de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA.

Para distinguir os tipos de uso não potável pretendido. E depreender os tipos de múltiplas barreiras para a aplicação da água reciclada não potável de retrolavagem de filtros de ETA, em meio urbano. Descrever a infraestrutura física existente no SAAE Aparecida/SP, para saber como aproveitá-la para água reciclada não potável de retrolavagem de filtros de ETA, em ambiente urbano. Portanto, para melhor compreensão dos resultados e seus respectivos aspectos metodológicos, foi adotado um sequencial, conforme cada objetivo específico proposto (Figura 26).

Figura 24 - Sequencial metodológico de pesquisa bibliográfica qualitativa



Fonte: Próprio Autor.

Figura 25 - Polígono de localização do SAAE Aparecida/SP

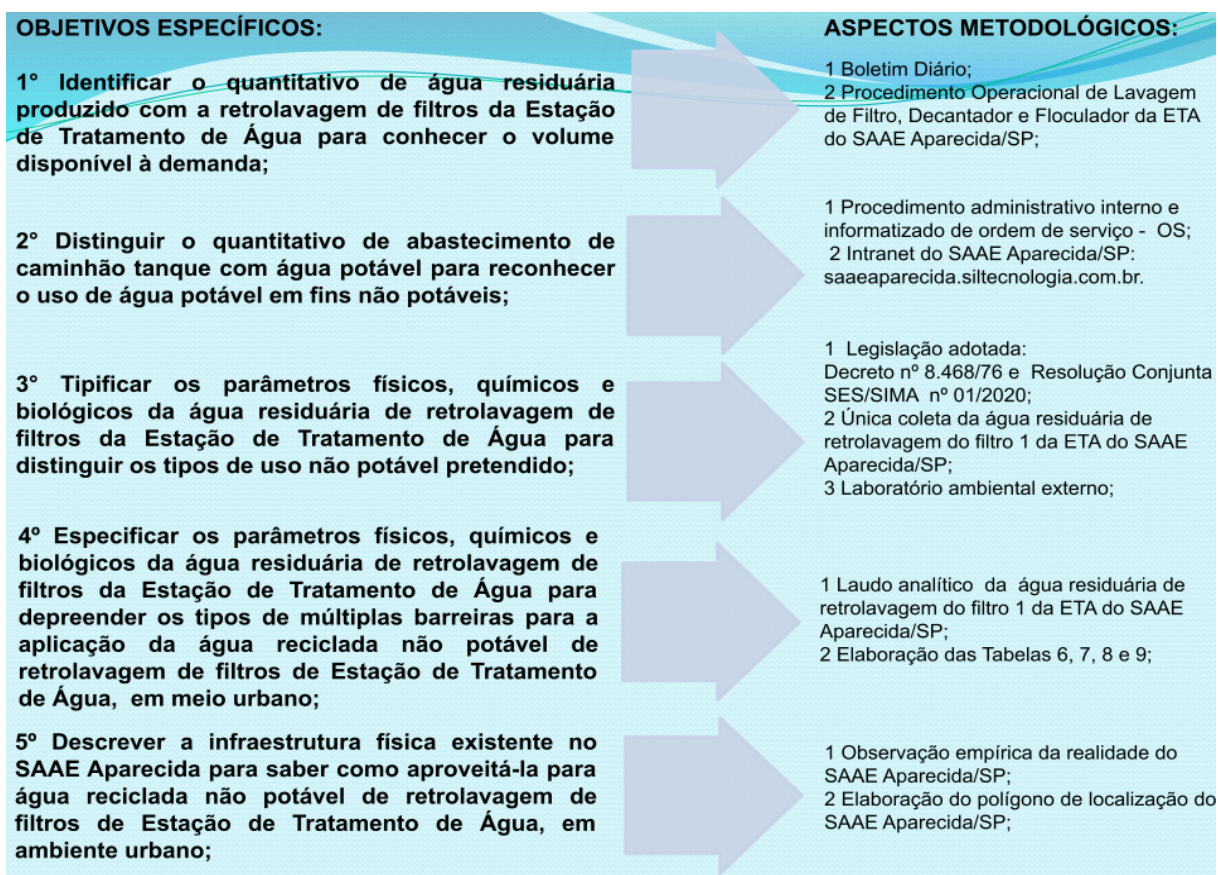


Nota: Em destaque o polígono em cor amarela delimitando a área de estudo específica.

Localização geográfica 22° 50' 44" S 45° 14' 07" W.

Fonte: Google Earth (2024).

Figura 26 - Sequencial metodológico de pesquisa bibliográfica quantitativa conforme cada objetivo específico proposto.



Fonte: Próprio Autor.

4 RESULTADOS E ASPECTOS METODOLÓGICOS

1º Identificar o quantitativo de água residuária produzido com a retrolavagem de filtros da Estação de Tratamento de Água para conhecer o volume disponível à demanda;

São gerados 90 mil litros por dia de água residuária de procedimento de retrolavagem dos 03 filtros da ETA. Abastece e descarrega diariamente 03 vezes o volume do Reservatório Elevado, que é de 30 mil litros, especialmente entre os meses de outubro a março, período de maior precipitação e temperatura na região Sudeste, o que eleva os níveis de sólidos dissolvidos nos recursos hídricos superficiais, consequentemente à turbidez da água bruta nos pontos de captação para abastecimento de água doce, dificultando o processo de tratamento de água.

Proporcionalmente a isso, Aparecida/SP recebe o maior fluxo de turistas, devido aos feriados nacionais da Padroeira, Natal, Réveillon, Carnaval e Páscoa, o que pode triplicar a produção de água residuária de retrolavagem de filtros na ETA que funciona com infraestrutura inadequada e processo de tratamento acelerado, a fim de assegurar a demanda dos múltiplos usos de água potável. Com isso, estima-se que pode ser gerado 810 mil litros por dia de água residuária com retrolavagem dos 03 filtros da ETA (CONESAN, 2010, 2011; SAAE, 2019, 2024).

O aspecto metodológico adotado para obter esse resultado foi o Boletim Diário da ETA, onde é anotado o quantitativo de retrolavagem dos 03 filtros da ETA em Aparecida/SP e segundo o procedimento é uma retrolavagem a cada 24 horas por filtro. Mas, na época de maior pluviosidade, temperatura elevada, feriado e finais de semana, os 03 filtros são retrolavados a cada 08 horas, porque sofre com saturação da má qualidade da água bruta, residual dos produtos químicos dosados no tratamento de água, “efeito arraste” dos processos de coagulação, floculação, decantação e outros que podem ocorrer durante a operacionalização da ETA (SAAE, 2019, 2024).

2º Distinguir o quantitativo de abastecimento de caminhão tanque com água potável para reconhecer o uso de água potável em fins não potáveis;

A Autarquia Municipal possui um caminhão tanque de “ÁGUA POTÁVEL” com capacidade para 8 mil litros e dois de “ÁGUA NÃO POTÁVEL”, ou seja, um com capacidade para 10 mil litros e o outro com aproximadamente mil litros. Ambos são abastecidos diariamente com água potável, dos reservatórios integrados - R1, a proporção que é registrado às Ordens de Serviços - OS, procedimento administrativo interno e informatizado de solicitação de usos múltiplos de água potável para atendimento público, privado, intra e extra municipal.

Além disso, quando ocorre a paralisação de um desses caminhões citados anteriormente devido à falha mecânica, o SAAE Aparecida/SP faz contratação emergencial de caminhões tanques para assegurar usos múltiplos de água. Esse atendimento emergencial, também é feito com água potável do R1 e “OS”. Além do mais, pode ocorrer a venda de água potável extra municipal, por exemplo, pessoa física ou jurídica prestadora de serviços transitório em Aparecida/SP. Esse atendimento extra municipal ocorre de duas formas.

A primeira o usuário solicita, compra e efetua o pagamento do volume de água potável descrito na “OS”. O SAAE Aparecida/SP vende e entrega com o caminhão tanque de “ÁGUA POTÁVEL”. A segunda o usuário solicita, compra, efetua o pagamento e transporta o volume de água potável, conforme descrito na “OS” e conforme a capacidade do seu caminhão tanque. O SAAE Aparecida/SP apenas vende o volume de água potável descrito na “OS”, com referencial de 8 mil litros, proporcionalmente ao seu caminhão tanque de “ÁGUA POTÁVEL”.

Além de tudo, tem o caminhão tanque de “ÁGUA NÃO POTÁVEL”, com capacidade para 7 mil litros da Diretoria de Serviços Municipais - DSM que é abastecido livremente com água potável do R1, ou seja, sem “OS”. O exposto, impossibilita quantificar o volume exato de água potável que sai do R1 para atender os múltiplos usos de água assegurado pelo SAAE Aparecida/SP, uma vez que, essas cinco formas de abastecimento de caminhões tanque são efetuadas sem hidrometração e “OS” com descrição subjetiva.

Apenas é possível, identificar que a solicitação de “OS” com os dizeres “Demanda Caminhão Pipa” e “Demanda Pedido de Água”, refere-se ao abastecimento de 8 mil litros de água potável para atendimento público, privado,

intra e extra municipal, a fim de atender os usos múltiplos associados a intermitência de abastecimento público de água, devido à manutenção emergencial, redução de pressão na rede de água potável, principalmente em pousadas e hotéis que se ampliam verticalmente sem planejamento.

Para assegurar abastecimento alternativo de água potável em assentamentos habitacionais com uso e ocupação de solo irregular e sem acesso à água potável, lavagem de ruas e calçadas do município, após feiras livres e cavalgada, apoiar o Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo em combate ao incêndio, irrigação de jardins públicos e uso de prestadora terceirizada de serviço transitório em Aparecida/SP, especialmente de construtora e empreiteira civil com contratos público e privado.

Enquanto a solicitação de “OS” com os dizeres “Demanda Caminhão Bola” e “Demanda Rede de Esgoto Entupida” refere-se ao abastecimento dos dois caminhões tanque de “ÁGUA NÃO POTÁVEL” um com capacidade 10 mil litros e o outro com mil litros de água potável para atendimento público, privado, intra e extra municipal, com objetivo de atender os usos múltiplos relacionados aos sistemas de esgotamento sanitário e água pluvial executados pelo SAAE Aparecida/SP ou por prestadora terceirizada de serviço público emergencial.

Como esvaziamento de sistema de esgotamento sanitário alternativo, por exemplo, fossa seca, séptica, adsorvente, estanque e negra de complexos habitacionais em áreas de uso e ocupação irregular do solo, sem saneamento, manejo e drenagem de água pluvial. Desobstrução pontual da rede pública de esgotamento sanitário, especialmente, onde a coleta de água residuária municipal é incompatível com a topografia do entorno. Logo, a água potável também é utilizada para atendimento não potável.

Pelo exposto, se considerarmos apenas os três caminhões tanque do SAAE Aparecida/SP e um caminhão tanque da DSM abastecidos pelo menos uma vez por dia, é possível dizer que o quantitativo mínimo de abastecimento de caminhão tanque com água potável que saí do R1 com objetivo de atender os múltiplos usos da água assegurado pelo SAAE Aparecida/SP, é 26 mil litros, sendo assim, esse é o volume mínimo de água potável utilizado em usos não potáveis urbanos no município de Aparecida/SP.

O aspecto metodológico adotado para obter o dado sobre a solicitação de “OS” com os dizeres “Demanda Caminhão Pipa” e “Demanda Pedido de Água” foi a

seguinte sequencial: logar a intranet, selecionar o recurso Lupa, depois o campo Pesquisa Avançada e Tipo de Solicitação: “Demanda Caminhão Pipa”, “Demanda Pedido de Água”, são dizeres de preenchimento padrão do sistema de registro de “OS”, bem como os de “Lavar”, “Molhar” e “Pedido de Água” no campo de Observação.

E para a solicitação de “OS” com os dizeres “Demanda Caminhão Bola” e “Demanda Rede de Esgoto Entupida”, o que mudou foi o campo do Tipo de Solicitação: “Demanda Caminhão Bola” e “Demanda Rede de Esgoto Entupida” e foi acrescentado ao preenchimento padrão os dizeres “Caminhão Bola” e “Rede de Esgoto Entupida” no campo da Observação. Por último, é emitido o download do relatório almejado. Vale ressaltar que o registro informatizado das “OS” passou a ser usado pelo SAAE Aparecida/SP a partir de 2009 (SAAE, 2024).

3º Tipificar os parâmetros físicos, químicos e biológicos da água residuária de retrolavagem de filtros da Estação de Tratamento de Água para distinguir os tipos de uso não potável pretendido;

Foi observado no ANEXO A - LAUDO ANALÍTICO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE PROCEDIMENTO DE RETROLAVAGEM DO FILTRO 1 DA ETA DO SAAE EM APARECIDA/SP que a água residuária produzida na retrolavagem do filtro 1 da ETA, possui alguns resultados qualitativos e de emissão em desacordo com o referencial legal adotado, conforme observa-se em destaque e em cor vermelha nas Tabela 1, 2, 3 e 4, abaixo. Já os demais se enquadram nos limites permitidos.

Tabela 1. Padrões de qualidade para as categorias de água reciclada não potável. Artigo 5º da Resolução Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020.				
Padrões de Qualidade		Categorias de Água Reciclada		Água Residuária de Filtro de ETA
Parâmetro	Unidade de Medida	Classe A	Classe B	
		Reciclagem Irrestrito Não Potável	Reciclagem Restrito Não Potável	Resultado Inconforme
Boro	mg/L	≤ 0,7	≤ 2,0	< 0,02500 mg/L
Coliformes termotolerantes	UFC/100mL	Não Detectável	≤ 120	Coliformes termotolerantes

ou <i>E. coli</i>				2700,0 UFC/100mL
		Não Detectável	≤ 200	Coliformes totais 3100 UFC/100mL
Cloreto	mg/L	≤106	≤350	28,0 mg/L
Cloro Residual Total - CRT	mg/L	≥ 0,5 para sistema de filtração por membrana	≥ 1	< 0,0100 mg/L
		≥ 1		
Condutividade elétrica - CE	dS/m	≤ 0,7	≤ 3,0	248 µS/cm 0,00248 dS/m
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO 5,20	mg/L	≤ 10	≤ 30	228 mg/L
<i>Giardia</i> e <i>Cryptosporidium</i>	cistos/L e oocistos/L	Não Detectável	-	< 0,1 cistos/L e oocistos/L
pH	-	6 a 9	6 a 9	6,9
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	≤ 0,5 para sistema de filtração por membrana	≤ 30	365,6000 mg/L
Turbidez	UNT	≤ 0,2 para sistema de filtração por membrana	-	36,730 UNT
		≤ 2		
Fonte: Adaptado de São Paulo (2020).				

Tabela 2. Padrões de qualidade.		
Artigo 11 da Lei Estadual nº 997/76. Decreto Regulamentar nº 8.468/76.		
Padrões de qualidade	Limite Máximo Permitido	Água Residuária de Filtros da ETA
		Resultado Inconforme
Arsênico	0,1 mg/L	< 0,00500 mg/L
Aspecto		Característico

Bário	1,0 mg/L	< 0,01000 mg/L
Cádmio	0,01 mg/L	< 0,00100 mg/L
Cianeto	0,2 mg/L	< 0,002 mg/L
Chumbo	0,1 mg/L	< 0,01000 mg/L
Corante Visual	Ausente	Ausente
Cobre	1,0 mg/L	< 0,00500 mg/L
Cromo total	0,05 mg/L	< 0,01000 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO 5,20	≤ 5 mg/L	228 mg/L
Estanho	2,0 mg/L	< 0,02500 mg/L
Fenóis	0,001 mg/L	< 0,000010 mg/L
Flúor	1,4 mg/L	0,82 mg/L
Gosto e Odor		0
Materiais Flutuantes	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes
Mercurio	0,002 mg/L	< 0,00010 mg/L
Nitrogênio Amoniacal	0,5 mg/L	< 0,1 mg/L
Óleos e Graxas totais Visuais		Presente
Nitrato	10,0 mg/L	1,4 mg/L
Nitrito	1,0 mg/L	< 0,01 mg/L
Selênio	0,01 mg/L	< 0,00500 mg/L
Zinco	5,0 mg/L	< 0,02500 mg/L
Fonte: Adaptado de São Paulo (1976).		

Tabela 3. Padrões de emissões. Artigo 18 da Lei Estadual nº 997/76. Decreto Regulamentar nº 8.468/76.		
Padrões de Emissões	Limite Máximo Permitido	Água Residuária de Filtros da ETA
		Resultado Inconforme
Arsênico	2,0 mg/L	< 0,00500 mg/L
Bário	5,0 mg/L	< 0,01000 mg/L
Boro	5,0 mg/L	< 0,02500 mg/L

Cádmio	0,2 mg/L	< 0,00100 mg/L
Chumbo	0,5 mg/L	< 0,00100 mg/L
Cianeto	0,2 mg/L	< 0,002 mg/L
Cobre	1,0 mg/L	< 0,00500 mg/L
Cromo Hexavalente	0,1 mg/L	< 0,05 mg/L
Cromo Total	5,0 mg/L	< 0,01000 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO 5,20	≤ 60 mg/L	228 mg/L
Estanho	4,0 mg/L	< 0,02500 mg/L
Fenol	0,5 mg/L	0,0000 mg/L
Ferro Solúvel - Fe ²⁺ +	15,0 mg/L	1,120 mg/L
Fluoretos	10,0 mg/L	0,82 mg/L
Manganês Solúvel - Mn ²⁺ +	1,0 mg/L	0,047 mg/L
Materiais Sedimentáveis	≤ 1,0 mg/L	< 0,1000 mg/L
Mercúrio	0,01 mg/L	< 0,00010 mg/L
Níquel	2,0 mg/L	< 0,00500 mg/L
Óleo e Graxas Totais	100 mg/L	35,6500 mg/L
pH	5 a 9	6,9
Prata	0,02 mg/L	< 0,00500 mg/L
Selênio	0,02 mg/L	< 0,00500 mg/L
Substâncias Solúveis em Hexana	≤ 100 mg/L	Presente
Temperatura	< 40°C	29,90
Zinco	5,0 mg/L	< 0,02500 mg/L
Fonte: Adaptado de São Paulo (1976).		

Tabela 4. Padrões de emissões.		
Artigo 19 da Lei Estadual nº 997/76. Decreto Regulamentar nº 8.468/76.		
Padrões de Emissões	Limite Máximo Permitido	Água Residuária de Filtros da ETA
		Resultado Inconforme
Arsênico	1,5 mg/L	< 0,00500 mg/L

Cádmio	1,5 mg/L	< 0,00100 mg/L
Cianeto	0,2 mg/L	< 0,002 mg/L
Chumbo	1,5 mg/L	< 0,00100 mg/L
Cobre	1,5 mg/L	< 0,00500 mg/L
Cromo Hexavalente	1,5 mg/L a 5,0 mg/L	< 0,05 mg/L
Cromo Total	5,0 mg/L	< 0,01000 mg/L
Estanho	4,0 mg/L	< 0,02500 mg/L
Fenol	5,0 mg/L	0,0000 mg/L
Ferro Solúvel - Fe ²⁺ +	15,0 mg/L	1,120 mg/L
Fluoreto	10,0 mg/L	0,82 mg/L
Materiais Sedimentáveis	≤ 20,0 mg/L	< 0,1000 mg/L
Mercúrio	1,5 mg/L	< 0,00010 mg/L
Níquel	2,0 mg/L	< 0,00500 mg/L
Óleo e Graxas Visíveis	Não Detectável	Presente
pH	6 a 10	6,9
Prata	1,5 mg/L	< 0,00500 mg/L
Selênio	1,5 mg/L	< 0,00500 mg/L
Solventes, Gasolina, Óleos leves e Substâncias explosivas ou inflamáveis em geral	Não Detectável	Presente
Substâncias Solúveis em Hexana	150 mg/L	Presente
Sulfeto	1,0 mg/L	< 0,01 mg/L
Temperatura	< 40°C	29,90
Zinco	5,0 mg/L	< 0,02500 mg/L
Fonte: Adaptado de São Paulo (1976).		

Os aspectos metodológicos anteriores a tipificação dos parâmetros mencionados, na água residuária produzida com a retrolavagem do filtro 1 da ETA, foram escolha do referencial legal, a Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020, especificamente, os padrões de qualidade para as categorias de água reciclada não potável, descrita no artigo 5º. Assim como, os do artigo 11, os padrões de emissões

dos artigos 18 e 19 do Decreto nº 8.468/76 que regulamenta a Lei nº 997/76 sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente no estado de São Paulo.

Em seguida, a cotação de no mínimo 03 propostas orçamentárias de laboratórios ambientais acreditados, a fim de aprovar uma única proposta a ser financiada através do Projeto CAPES/ANA AUXPE nº. 2717/2015, ou seja, a melhor proposta de custo-benefício para a administração pública e a garantia de qualidade na prestação dos serviços requeridos. Como resultado a proposta apresentada pela empresa Suprema Tecnologia Analítica Ltda, CNPJ: 04.233.577/0001-02 foi a escolhida entre as demais.

Depois, uma única coleta da água residuária produzida com a retrolavagem do filtro 1 da ETA, pela empresa supracitada, às 10 horas, do dia 16 de novembro de 2023. Vale ressaltar que o filtro mencionado acima foi escolhido porque é o mais impactado pelo processo de tratamento de água acelerado para atender a demanda municipal e turística, pois está em frente ao decantador que sofre o primeiro impacto desse processo, se comparado ao outro decantador, isso ocorre devido algumas alterações na infra estrutura da ETA do SAAE Aparecida/SP.

Por exemplo, “aumento do número de floculadores e decantadores”, através da fixação de tapumes, subdividindo-os respectivamente em dez e quatro partes desproporcionais. Sendo assim, observa-se que essas alterações apenas subdividem os espaços físicos do sistema de tratamento de água, mas não promove ampliação estrutural que a ETA do SAAE Aparecida/SP necessita, para desacelerar o processo de tratamento de água para fins potáveis, segundo as normas técnicas de engenharia civil e hidráulica.

Por último, com objetivo de coletar a água residuária produzida com a retrolavagem do filtro 1 foi obedecido o procedimento operacional de lavagem de filtros da ETA, conforme o sequencial a seguir: o primeiro passo foi fechar completamente os 02 volantes de entrada do filtro referido, em cor azul. Segundo, abrir completamente o volante de descarga, em cor marrom, a fim de ser removido toda água da camada filtrante (Figura 27). Terceiro, fechar completamente o volante de filtragem que vai para o reservatório R1, também em cor azul.

Quarto, abrir 10 voltas completas do volante de retrolavagem, em cor verde, para iniciar o processo de limpeza do filtro em destaque. Onde foi observado o surgimento de uma espuma com coloração marrom alaranjado no leito filtrante (Figura 28) e o descarte da água residuária de retrolavagem do filtro 1 da ETA.

(Figura 29). Por fim, foi acionado o bombeamento para abastecer o reservatório “Elevado”. Geralmente, o processo de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP dura cerca de 5 minutos.

Mas, aos 2,5 minutos, a água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA descartada vai perdendo a coloração marrom alaranjado e ficando em cor âmbar. Isso indica que o processo de retrolavagem de filtro da ETA está sendo concluído (SAAE, 2019, 2024). Porém, antes disso ocorrer, foram coletados, pela empresa mencionada acima, 10 litros de amostra da água residuária produzida durante o procedimento de retrolavagem do filtro 1 da ETA e acondicionada em dois galões (Figura 30).

Que aos poucos foi decantando, formando um precipitado ao fundo em cor marrom alaranjado e em cima a água residuária de retrolavagem do filtro 1 da ETA, em cor âmbar, resultando em uma mistura heterogênea, que pode ser facilmente homogeneizada, com a agitação desses recipientes. Vale ressaltar que a coloração da água residuária produzida no procedimento de retrolavagem dos 03 filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP é alterada por causa dos fatores externos e internos que a impactam durante o ano.

Figura 27 - Camada filtrante



Nota: Após o fechamento dos dois registros de entrada do filtro 1 da ETA do SAAE Aparecida/SP, visualizou-se ao fundo a parte superior da camada filtrante, isto é, o carvão em cor preto fosco. Portanto, apontando a secagem completa do leito filtrante, podendo com isso iniciar o procedimento de retrolavagem do filtro mencionado acima.

Localização geográfica 22° 50' 43" S 45° 14' 06" W.

Fonte: Próprio Autor.

Figura 28 - Espuma da água residuária de retrolavagem do filtro 1 da ETA.



Nota: Após abrir o registro de retrolavagem do filtro supracitado verificou-se ao fundo o surgimento de uma espuma em cor marrom alaranjada, indicando o pré refluxo da água residuária de retrolavagem do filtro 1 da ETA em destaque.

Localização geográfica 22° 50' 43" S 45° 14' 06" W.

Fonte: Próprio Autor.

Figura 29 - Água residuária de retrolavagem do filtro 1 da ETA.



Nota: Após o descarte de toda espuma em cor marrom alaranjada presenciou-se o aparecimento completo do fluxo reverso da água residuária de retrolavagem do filtro 1 da ETA, ainda em cor marrom alaranjada, apontando a continuidade do procedimento de retrolavagem do referido filtro e o descarte inadequado para os recursos hídricos locais.

Localização geográfica 22° 50' 43" S 45° 14' 06" W.

Fonte: Próprio Autor.

Figura 30 - Amostra da água residuária de retrolavagem do filtro 1 da ETA.



Nota: A referida amostra foi acondicionada em dois galões, sendo que no galão à esquerda notou-se que a água residuária de retrolavagem do filtro 1 destacado estava ainda em cor marrom alaranjada e mais homogeneizada, enquanto à direita essa água no galão fica mais heterogênea, ou seja, em cima uma parte mais líquida, em cor âmbar e em baixo um precipitado.

Isso indica processo de sedimentação da matéria orgânica dissolvida presente nesse tipo de água, após mais de 2,5 minutos acondicionada no galão.

Localização geográfica 22° 50' 43" S 45° 14' 06" W do ponto de coleta.

Fonte: Próprio Autor.

4º Especificar os parâmetros físicos, químicos e biológicos da água residuária de retrolavagem de filtros da Estação de Tratamento de Água para depreender os tipos de múltiplas barreiras para a aplicação da água reciclada não potável de retrolavagem de filtros de Estação de Tratamento de Água, em meio urbano;

Como os demais parâmetros da água residuária produzida com a retrolavagem do filtro 1 da ETA se enquadram nos limites permitidos. A observação foi focada apenas nos parâmetros com resultado inconforme em destaque nas Tabela 5, 6, 7 e 8, a seguir. Com a finalidade definir os tipos de múltiplas barreiras adequadas à aplicação da água reciclada não potável na cidade de Aparecida/SP.

Tabela 5 - Padrões de qualidade inconformes para as categorias de água reciclada não potável. Artigo 5º da Resolução Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020.				
Padrões de Qualidade		Categorias de Água Reciclada		Água Residuária de Filtros da ETA
Parâmetro	Unidade de Medida	Classe A	Classe B	
		Reciclagem Irrestrito Não Potável	Reciclagem Restrito Não Potável	Resultado Inconforme

Coliformes termotolerantes ou <i>E. coli</i>	UFC/100mL	Não Detectável	≤ 120	Coliformes termotolerantes 2700,0 UFC/100mL
		Não Detectável	≤ 200	Coliformes totais 3100 UFC/100mL
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO 5,20	mg/L	≤ 10	≤ 30	228 mg/L
<i>Giardia</i> e <i>Cryptosporidium</i>	cistos/L e oocistos/L	Não Detectável	-	< 0,1 cistos/L e oocistos/L
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	≤ 0,5 para sistema de filtração por membrana	≤ 30	365,6000 mg/L
Turbidez	UNT	≤ 0,2 para sistema de filtração por membrana	-	36,730 UNT
		≤ 2		
Fonte: Adaptado de São Paulo (2020).				

Tabela 6 - Padrões de qualidade inconformes ao descrito no artigo 11 da Lei Estadual nº 997/76. Decreto Regulamentar nº 8.468/76.

Padrões de qualidade	Limite Máximo Permitido	Água Residuária de Filtros da ETA
		Resultado Inconforme
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO 5,20	≤ 5 mg/L	228 mg/L
Óleos e Graxas totais Visuais		Presente
Fonte: Adaptado de São Paulo (1976).		

Tabela 7 - Padrões de emissões inconformes ao descrito no artigo 18 da Lei Estadual nº 997/76. Decreto Regulamentar nº 8.468/76.

Padrões de Emissões	Limite Máximo Permitido	Água Residuária de Filtros da ETA
		Resultado Inconforme

Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO 5,20	≤ 60 mg/L	228 mg/L
Óleo e Graxas Totais	100 mg/L	35,6500 mg/L
Substâncias Solúveis em Hexana	≤ 100 mg/L	Presente
Fonte: Adaptado de São Paulo (1976).		

Tabela 8 - Padrões de emissões inconformes ao descrito no artigo 19 da Lei Estadual nº 997/76. Decreto Regulamentar nº 8.468/76.		
Padrões de Emissões	Limite Máximo Permitido	Água Residuária de Filtros da ETA
		Resultado Inconforme
Óleo e Graxas Visíveis	Não Detectável	Presente
Solventes, Gasolina, Óleos leves e Substâncias explosivas ou inflamáveis em geral	Não Detectável	Presente
Substâncias Solúveis em Hexana	150 mg/L	Presente
Fonte: Adaptado de São Paulo (1976).		

O aspecto metodológico utilizado para esse objetivo foi a separação dos parâmetros não conformes da água residuária produzida com a retrolavagem do filtro 1 da ETA, em destaque nas Tabelas 1, 2, 3 e 4, o que resultou nas Tabelas 5, 6, 7 e 8, a fim de restringir os tipos de múltiplas barreiras adequadas ao uso urbano de água reciclada não potável proveniente de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP de acordo com à realidade municipal (SAAE, 2019, 2024).

5º Descrever a infraestrutura física existente no SAAE Aparecida/SP para saber como aproveitá-la para água reciclada não potável de retrolavagem de filtros de Estação de Tratamento de Água, em ambiente urbano;

Há o prédio inativo de 1941, a primeira ETA, que possui 3 andares cilíndricos, inclusive o primeiro andar tem 18 metros de circunferência, 3,5 metros de raio e 6,8 metros de altura e é capaz de reservar cerca de 400 mil litros de água, denominado

“Bolo de Noiva” (Figura 31). A tubulação inativa, de 100 milímetros, em ferro, amarela e elevada para abastecimento de caminhões tanques, (Figura 32) que está conectada a esse primeiro andar. A adutora subterrânea que pode ser conectada à ETA desativada, denominada “Bolo de Noiva” e a adutora de água residuária da ETA atual.

Através do registro e parte da adutora inativa, de 150 milímetros, em ferro, em cor laranja (Figura 33) que está sob a caixa de entrada de água bruta da ETA atual. Assim como, podem ser conectadas ao sistema de água residuária da ETA atual, de 300 milímetros, em ferro e cor marrom (Figura 34). Esse sistema é utilizado para descartar toda água residuária da ETA atual, incluindo a água residuária de procedimento de retrolavagem dos 03 filtros da ETA em Aparecida/SP, no Rio Paraíba do Sul, sem tratamento até o momento.

Pelo exposto, ressalta-se que toda essa infraestrutura existente está inativa por oportunidade e conveniência da Administração Pública local, associada a construção do atual sistema de tratamento de água potável. Consequentemente, para saber como aproveitá-la para água reciclada não potável de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP será necessária uma avaliação de engenharia civil e hidráulica dela, com objetivo de verificar suas reais condições para essa finalidade pretendida.

Ou seja, avaliar as possíveis fendas e pequenos buracos, entre outros, associados à falta de operação há mais de quatro anos, tanto do prédio da ETA desativada, denominada “Bolo de Noiva” como das adutoras de abastecimento de caminhão tanque e da interligada com a atual ETA. Por consequência, a definição de não aproveitamento, ou aproveitamento parcial e até completo, dessa infraestrutura no projeto pretendido, bem como, a necessidade de revitalização e novas infraestruturas de alvenaria ou compacta.

Para destinar de forma ambientalmente correta a água reciclada não potável de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP até ao Ribeirão da Chácara, recurso hídrico receptor. E para destinar o lodo que será produzido durante o tratamento da água residuária proveniente de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP, uma vez que a destinação ambientalmente correta para esse subproduto é mais um desafio a ser enfrentado frente à sua concentração de contaminantes, distância de aterro sanitário e afins.

Figura 31 - ETA inativa, denominada “Bolo de Noiva”.



Nota: Ao fundo a referida ETA com três andares cilíndricos e em cor branca.
À esquerda, tubulação elevada em cor amarela, onde era realizado o abastecimento de caminhão tanque.

Localização geográfica 22° 50' 44" S 45° 14' 07" W.

Fonte: CONESAN (2011).

Figura 32 - Tubulação de 100 milímetros.



Nota: Em destaque uma parte restante da tubulação mencionada acima e em cor amarela, onde era realizado o abastecimento de caminhão tanque.

Localização geográfica 22° 50' 44 " S 45° 14' 07" W.

Fonte: Próprio Autor.

Figura 33 - Registro de 150 milímetros.



Nota: Em destaque uma parte restante da adutora inativa com respectivo registro descrita anteriormente e em cor laranja que está sob caixa de entrada de água bruta da ETA do SAAE Aparecida/SP.

Localização geográfica 22° 50' 43" S 45° 14' 07" W.

Fonte: Próprio Autor.

Figura 34 - Registros de 300 milímetros.



Nota: À esquerda os três maiores registros em cor marrom que fica no subsolo da ETA do SAAE Aparecida/SP, onde é descartado a água residuária de procedimento de retrolavagem dos três filtros da ETA em Aparecida/SP.

Localização geográfica 22° 50' 43" S 45° 14' 06" W.

Fonte: Próprio Autor.

O aspecto metodológico usado para obter esse objetivo foi a observação empírica da realidade do SAAE Aparecida/SP, prestador exclusivo dos serviços públicos municipais de água, esgoto e resíduos sólidos urbanos (São Paulo, 2021; CONESAN, 2010, 2011; Aparecida, 2020; SAAE, 2019, 2024). Elaboração do polígono de localização do SAAE Aparecida/SP, (Figura 25) delimitando a área específica de estudo e a marcação de alguns pontos potenciais, conforme observa-se nas figuras 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38 e 39 ao longo do texto dissertativo.

5 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

1º Identificar o quantitativo de água residuária produzido com a retrolavagem de filtros da Estação de Tratamento de Água para conhecer o volume disponível à demanda;

A cidade de Aparecida/SP capta o volume anual de 6 bilhões 432 milhões e 30 mil litros de água bruta do Paraíba do Sul para fins de abastecimento (CEIVAP, 2022). Mas, só com a retrolavagem dos 03 filtros da ETA desperdiça um volume significativo de água tratada, como pode ser observado na Tabela 9, abaixo. E dependendo dos fatores externos e internos das ETAs, esse desperdício pode ser triplicado (SAAE, 2019, 2024). Estima-se que esse procedimento pode usar até 10% do volume total de água tratada em sistemas de tratamento convencionais (Freitas *et al.*, 2010).

No contexto da ETA do SAAE Aparecida/SP calcula-se que o procedimento de retrolavagem dos três filtros da ETA em destaque utiliza-se de 0,6% a 5,4% da água em tratamento no sistema de tratamento convencional, com “efeito arraste” e acelerado. Isso, se considerarmos o volume médio tratado por dia, isto é, 14 milhões 947 mil litros de água potável, (IBGE, 2017, 2022) com o volume mínimo de 90 mil e o máximo de 810 mil litros de água potável desperdiçado a cada 24 horas nesse procedimento de filtros da ETA em Aparecida/SP.

Tabela 9 - Água residuária produzida com a retrolavagem dos 03 filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP.			
Volume mínimo diário	90 mil litros	Volume máximo diário	810 mil litros
Volume mínimo semanal	630 mil litros	Volume máximo semanal	5 milhões e 670 mil litros
Volume mínimo mensal	2 milhões e 700 mil litros	Volume máximo mensal	24 milhões e 300 mil litros
Volume mínimo anual	32 milhões e 850 mil litros	Volume máximo anual	295 milhões e 650 mil litros
Fonte: Próprio Autor.			

Exemplos, se compararmos o valor mínimo da porcentagem mencionada acima, 0,6%, com o contexto operacional da ETA do SAAE Aparecida/SP. Observa-se que se a ETA tratar até 140 L/s, de acordo com o limite estrutural projetado, pode utilizar até 0,84 L/s de água potável para retrolavar os seus 03 filtros. E se tratar até 243 L/s, conforme a capacidade total das Estações Elevatórias de Água Tratada, pode usar até 1,45 L/s de água potável em procedimento de retrolavagem dos seus 03 filtros (CONESAN. 2010, 2011).

E, se compararmos o valor máximo da porcentagem referida acima, 5,4%, com o contexto operacional da ETA do SAAE Aparecida/SP. Observa-se que se a ETA tratar até 140 L/s, de acordo com o limite estrutural projetado, pode utilizar até 7,56 L/s de água potável para retrolavar os seus 03 filtros. E se tratar até 243 L/s, conforme a capacidade total das Estações Elevatórias de Água Tratada, pode usar até 13,1 L/s de água potável em procedimento de retrolavagem dos seus 03 filtros (CONESAN, 2010, 2011).

Por conseguinte, o Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, expõe que o referido município está inserido em uma das Unidades de Planejamento - UP, com índice médio de perdas de água tratada superior ao nacional, que é de 38,53 %, (CEIVAP, 2021). Diante disso, a reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA, para uso urbano, é uma estratégia para esse município aproveitar ao máximo o volume de água bruta outorgado.

Através do uso otimizado da água, redução de perda de água tratada, ainda que, inicialmente apenas no processo de tratamento de água, por exemplo, se compararmos o desperdício de 0,6% a 5,4% de água potável em procedimento de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP como o índice de 54,5% de perdas de água potável do município supracitado e reciclar a água residuária de de retrolavagem de filtros da ETA é possível reduzir esse índice para 53,9% e até 49,1%, sem dúvida isso é insuficiente diante dos desafios locais.

Mas é o ponto de partida para efetivar outras medidas estruturais e não estruturais e promover a sustentabilidade ambiental na prestação do serviço público de abastecimento de água potável local (UN; Water, 2018; WWAP, 2017, 2020; ANA, 2021, 2023; UNEP, 2023). Para isso, o SAAE Aparecida/SP tem quatro possibilidades de processos, podendo ser de uso distinto ou integrado ao implantar

um projeto de reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA, na cidade de Aparecida/SP.

No primeiro processo, (Figura 35) a água residuária gerada com a retrolavagem dos 03 filtros da ETA pode ser destinada à ETA desativada, denominada “Bolo de Noiva” para ser equalizada, depois de modo gravitacional e planejado destiná-la para recuperação ambiental do Ribeirão da Chácara, promovendo assim recarga superficial e autodepuração eficiente, desse recurso hídrico degradado pelas várias fontes de água residuária municipal gerada e não tratada em Aparecida/SP (Brasil, 2005; CONAMA, 2011; Chen et al., 2016; ANA, 2017; CETESB, 2022).

Figura 35 - Primeiro processo



Fonte: Próprio Autor.

No segundo processo, (Figura 36) a água residuária gerada com a retrolavagem dos 03 filtros da ETA pode ser destinada a ETA desativada, denominada “Bolo de Noiva” para ser equalizada, depois de forma planejada bombeá-la para ser misturada com a água bruta na caixa de entrada da ETA (Filho, 2017, 2021) A proporcionalidade dessa mistura deve ser definida mediante bombeamento planejado experimental, pois não existe no Brasil dispositivo técnico

legal sobre a recirculação de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs nas próprias ETAs.

Figura 36 - Segundo processo.



Fonte: Próprio Autor.

O conhecimento científico aponta que nos Estados Unidos da América - EUA a Agência de Proteção Ambiental limita essa recirculação em 10% do volume hídrico em tratamento para fins potáveis, em 63% de suas ETAs composta por sistema de tratamento convencional. Porém, existem outros estudos que consideram essa injeção na proporção de 40/60%, por exemplo, nos países europeus, especificamente a Holanda que usa essa proporção em sistema de tratamento convencional com adução de água bruta de origem variada.

Sendo assim, existem sistemas de tratamento convencional de água potável que recebe adução de água bruta somente de recursos hídricos superficiais, outros que apenas utilizam adução de água bruta de recursos hídricos subterrâneos, assim como, outros que usam adução de água bruta de modo integrado, ou seja, de recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Entretanto, a recirculação de água residuária proveniente de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs na proporção de 40/60% nas próprias ETAs.

É condicionada a caracterização de cenário externo e interno de cada um desses sistemas de tratamento convencional de água potável referido acima e em

algumas ETAs essa recirculação só pode ocorrer se a água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs for submetida a processo de microfiltração devido à concentração de substâncias reguladas e não reguladas presente nesse tipo de água, depois disso é aceitável misturá-la com a água bruta na caixa de entrada das ETAs (Frota *et al.*, 2021; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023).

Pelo exposto, isso depende das interferências externas e internas de cada ETA. Sendo assim, sugere-se ao SAAE Aparecida/SP experimento para essa recirculação ser adequada às condições locais. Assim como, sugere-se de modo ousado caracterizar esse segundo processo como “reciclagem indireta potável urbana de água” (CETESB, 2022). Em que a zona de amortecimento será um ambiente artificial limitado e melhor monitorado, ou seja, à ETA desativada, denominada “Bolo de Noiva”.

Uma opção a ser pensada, especialmente em meio às alterações climáticas compostas por fenômenos combinados de baixa precipitação, extremo calor, redução de vazão e indisponibilidade hídrica (WWAP, 2020; CEMADEN, 2024; ANA, 2024). Pois, esse processo, permite a recirculação do volume de água captado e evita a captação de novos volumes de água bruta dos recursos hídricos locais, por exemplo, do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP, 2022).

O que é indispensável, frente às previsões de maior frequência e intensidade de estiagens, secas, escassez física e de abastecimento de água, especialmente em áreas urbanas, devido a redução de vazão dos recursos hídricos latinos e caribenhos, particularmente os do Brasil até 2040 (WWAP, 2020; IPCC, 2022, 2023, ANA, 2024). Portanto, esse processo, em situações de escassez, ajuda assegurar o uso prioritário dos recursos hídricos (Brasil, 1997) e manter a vazão quantitativa do Sistema Hidráulico Paraíba do Sul (CEIVAP, 2015; CETESB, 2022, 2023).

No terceiro processo, (Figura 37) a água residuária produzida com a retrolavagem de filtros da ETA, pode ser destinada à ETA inativa, denominada “Bolo de Noiva”, equalizada e bombeada para o abastecimento de caminhão tanque de “ÁGUA NÃO POTÁVEL”, a fim de ser usada na demanda de irrigação paisagística, lavagem de veículos, logradouros, outros espaços públicos e privados, construção civil, desobstrução de galerias de água pluvial, rede de esgotos e combate a incêndio, na área urbana do município de Aparecida/SP (São Paulo, 2020; SAAE, 2024).

Figura 37. Terceiro processo.



Fonte: Próprio Autor.

Com esse processo, o SAAE Aparecida/SP deixa de usar água potável para os fins que não possuem e nem exigem os padrões de qualidade potável, utiliza exclusivamente a água potável para o consumo humano e outras finalidades que requer os padrões de potabilidade, conforme a Portaria nº 888/2021/GM/MS, (ISO, 2018; Brasil, 2021). E reduz a pressão para equilibrar o sistema interno e externo de reservação de água potável municipal *versus* Reservatório Elevado e procedimento de retrolavagem dos 03 filtros da ETA.

Principalmente, nos meses de maior demanda turística, temperatura e precipitação no município de Aparecida/SP. Logo, a reciclagem não potável de água residual de retrolavagem de filtros da ETA, equilibra o balanço hídrico de reservação artificial, e reduz o “acionamento involuntário” da população mais vulnerável. Sendo assim, a água residual de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA “parcialmente tratada” e usada para os usos múltiplos não potáveis urbanos assegura o acesso à água (UNEP, 2023).

Não só, em épocas de maior precipitação, mas também em períodos de baixa precipitação, estiagens e secas (WWAP, 2017, 2020). Como as ocorridas em 2004, 2014 e 2015 no Sudeste brasileiro, que afetou a vazão hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, dificultando o abastecimento público e a garantia dos demais

usos da água (CEIVAP, 2015). Por isso, esse processo favorece o uso eficiente da água com foco em padrões de qualidade específicos para a finalidade pretendida (WWAP, 2017; Hespanhol, 2019).

E auxilia na recuperação dos sistemas produtores de água, (UN; Water, 2018; WWAP, 2017, 2020; UNEP, 2023) especialmente, em meio aos extremos do clima, rápido crescimento populacional, uso e ocupação do solo e demanda hídrica nas bacias hidrográficas urbanas. Deve-se considerar que a água é um recurso natural, limitado, de domínio público, dotado de valor econômico, e é essencial para a manutenção da vida (Bruni, 1993; Brasil, 1997; UNESCO; I; WSSM, 2020; ANA, 2019, 2022).

Em último, no quarto processo, (Figura 38 e 39) o SAAE Aparecida/SP pode usar todos os processos integradamente, isto é, a água residuária de retrolavagem dos 03 filtros da ETA pode ser destinada à ETA desativada, denominada “Bolo de Noiva” para ser equalizada, depois de modo gravitacional e planejado destiná-la para recuperação ambiental do Ribeirão da Chácara. E bombeá-la planejadamente para a caixa de entrada da própria ETA, misturando-a com a água bruta, assim como para atender a demanda de abastecimento de caminhão tanque de “ÁGUA NÃO POTÁVEL”.

Figura 38 - Quarto processo.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 39 - Quarto processo.



Nota: Marcador A - Produção de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP.

Localização geográfica 22° 50' 43" S 45° 14' 06" W.

Marcador B - Equalização na ETA desativada, denominada "Bolo de Noiva". Localização geográfica 22° 50' 44" S 45° 14' 07" W.

Marcador C - Recuperação Ambiental do Ribeirão da Chácara.

Localização geográfica 22° 50' 43" S 45° 14' 11" W. Equivalente a seta 1 da Figura 38.

Marcador D - Reintrodução na caixa de entrada de água bruta da ETA do SAAE Aparecida/SP.

Localização geográfica 22° 50' 43" S 45° 14' 07" W. Equivalente a seta 2 da Figura 38.

Marcador E - Substituição de água potável assegurada por caminhões tanques de "ÁGUA NÃO POTÁVEL" do SAAE Aparecida/SP.

Localização geográfica 22° 50' 44" S 45° 14' 07" W. Equivalente a seta 3 da Figura 38

Fonte: Google Earth (2024).

Nesse processo, a reciclagem não potável da água residuária de retrolavagem dos 03 filtros da ETA serve tanto para diminuir a má qualidade da água bruta captada, especificamente a do ponto PARB 02600 para fins de abastecimento de água potável em Aparecida/SP, reduzindo as interferências externas e internas na ETA destacada, englobando-as da produção de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP, bem como, de seu tratamento adaptado e até sua reciclagem não potável.

Como também para auxiliar na demanda de captação de água bruta para fins de abastecimento de água potável e garantir os múltiplos usos de água não potável de Aparecida/SP. Sendo assim, esse processo é completo e permite a conexão de medidas estruturais e não estruturais entre recursos hídricos e saneamento. Assim como, a conexão das duas demandas de uso múltiplo da água em Aparecida/SP,

isto é, a prestação do serviço de acesso à água potável e não potável já assegurado pelo SAAE Aparecida/SP.

O exposto acima aponta que esse quarto processo é o mais viável a ser executado no contexto do SAAE Aparecida/SP uma vez que evita o excedente de água residuária reciclada não potável proveniente de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP, após tratamento adaptado, ainda mais, que o SAAE Aparecida/SP apenas consegue estimar o volume mínimo de água potável usado em abastecimento de caminhões tanque “ÁGUA NÃO POTÁVEL”, devido à falta de hidrometração e subjetividade no registro das “OS” (SAAE, 2024).

Nesse contexto, se considerarmos que a reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem dos 03 filtros da única ETA aparecidense pode gerar uma economia hídrica de 0,6% a 5,4%. E a Estação Elevatória de Água Bruta, é capaz de captar até 240 L/s de água bruta para fins de abastecimento público municipal. Com essa reciclagem não potável o SAAE Aparecida/SP pode deixar de captar de 1,44 a 12,96 L/s de água bruta do Paraíba do Sul, o que é essencial em períodos de estresse hídrico, estiagem, secas e extremo calor.

Se a ETA do SAAE Aparecida/SP tratar até 140 L/s, de acordo com o limite operacional projetado, terá uma economia de 0,84 L/s a 7,56 L/s. Caso trate até 243 L/s, conforme a capacidade total do bombeamento das Estações Elevatórias de Água Tratada economiza de 1,458 L/s a 13,122 L/s de água potável. Portanto é um instrumento multidisciplinar que assegura o uso prioritário da água para o consumo humano e para a dessedentação animal, em situações de escassez física e de abastecimento de água municipal.

Além de tudo, se considerarmos o valor econômico da água potável distribuída através da rede de abastecimento de água potável, para os munícipes aparecidense, isto é, 0,0023 reais por litro e comparar com a economia hídrica de tratamento mínimo, 0,84 L/s, multiplicando-a por 86400 segundos, em 24 horas obtém-se uma economia monetária aproximada de 167,00 reais e se comparar com a economia hídrica de tratamento máximo, 13,122 L/s e repetir o cálculo acima, em 24 horas a economia monetária pode chegar até 2608,00 reais

Do mesmo modo que se considerarmos o valor econômico da água potável vendida através de caminhões tanque do SAAE Aparecida/SP, ou seja, 32,92 por litro e comparar com a economia hídrica de tratamento mínimo, 0,84 L/s, multiplicando-a por 86400 segundos, em 24 horas obtém-se uma economia

monetária de aproximadamente 2.390,00 reais e se comparar com a economia hídrica de tratamento máximo, 13,122 L/s e repetir o cálculo anterior, em 24 horas a economia monetária pode chegar até 37.324,00 reais (SAAE, 2024).

Sendo assim, essas comparações nos permite observar que o valor econômico da água, um recurso natural, limitado e essencial à vida deve ser melhor reconhecido pela municipalidade, tal como, o bom uso do dinheiro público, gerando oportunidade de investimento em medidas estruturais e não estruturais de prestação dos serviços de acesso à água, higiene e saneamento, como, a oportunidade de implementar a reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs conectando à área de recursos hídricos com saneamento básico.

Além de tudo isso se considerarmos que o ser humano deve ingerir no mínimo 2,2 litros de água de excelente qualidade durante 24 horas, como parte de uma dieta alimentar saudável, a depender das condições climáticas, tipo de população e outros fatores que impactam a saúde pública (Lucchesi *et al.*, 2021; UN; Water, 2021). No contexto do SAAE Aparecida/SP, em cada segundo, a reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA, no mínimo, poupa água potável para saciar a sede de um munícipe durante 24 horas.

Como, 24 (vinte e quatro) horas são 86400 segundos. Então, implantar a reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA no município de Aparecida/SP, no mínimo, ajuda a poupar água potável para saciar a sede de 86400 (oitenta e seis mil e quatrocentos) munícipes durante 24 horas, ou seja, mais que o dobro da população aparecidense. Por isso, a importância de implantá-la adequadamente, com segurança, risco aceitável, obrigações legais focadas em água residuária de ETAs e aplicação de múltiplas barreiras.

Sendo assim, a reciclagem não potável da água residuária de retrolavagem dos 03 filtros da ETA, possibilita o SAAE Aparecida/SP implantar o conceito de economia circular no tratamento de água, uma vez que reduzir a lacuna entre disponibilidade e procura por água em ambientes urbanos, gera sustentabilidade social, econômica e ambiental dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, da prestação de abastecimento público de água e das cidades, particularmente, a cidade de Aparecida/SP.

Além de tudo, a água residuária de retrolavagem de filtros da ETA é uma parcela das múltiplas fontes de água residuária municipal produzida em Aparecida/SP. Portanto sua reciclagem não potável está inserida nas metas de

universalização, equidade, eficiência, integração, regionalização, e sustentabilidade dos serviços de água e saneamento. O que é indispensável para esse município alcançar os objetivos do desenvolvimento sustentável, bem como, as metas do Novo Marco Legal de Saneamento Básico.

Já que, o volume significativo (Tabela 9) de água tratada desperdiçado durante essas retrolavagens deixará de ser transformado em uma parcela de água residuária municipal não tratada que contamina o solo, o ar atmosférico e os recursos hídricos (WWAP, 2017; Sobrinho *et al.*, 2019; Morselli *et al.*, 2022; UNEP, 2023). Logo, uma solução ambientalmente correta, para o município em questão, começa a lidar com o desafio de água residuária municipal não tratada até o momento (CONESAN, 2010, 2011).

Pois, é um dos municípios do trecho paulista que contribui com a poluição aquática da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Esse trecho, também é uma UP com maior geração de água residuária municipal, não tratada. O que justifica o desequilíbrio nos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água, como na Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO, Oxigênio Dissolvido - OD, Nitrogênio Total - N, Fósforo Total - P, Coliformes Termotolerantes, *Escherichia Coli*, entre outros (CEIVAP, 2021; São Paulo, 2021).

O que reflete na má qualidade da água bruta para fins de abastecimento, possibilidade de disseminação de doenças na população local, classificação regular do IQA, alteração na classificação de enquadramento em determinados trechos da calha principal do Paraíba do Sul e seus afluentes (Brasil, 1997; CONAMA, 2005; CEIVAP, 2021; UNICEF; WHO, 2021, 2022; CETESB, 2022, 2023). Por isso, inovar o processo de tratamento de água, através da reciclagem não potável da água residuária a partir de retrolavagem de filtros da ETA contribui com a saúde pública.

Bem como, despoluição e a gestão integrada dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, (ANA, 2017) especialmente, nas bacias hidrográficas urbanas, que mais sofrem com escassez quantitativa e qualitativa de água, por causa do lançamento de água residuária não tratada, conflitos pelos múltiplos usos da água, migração populacional e uso e ocupação irregular do solo (Bruni, 1993; UN; Water, 2018; WWAP, 2017, 2020; UNESCO; I; WSSM, 2020; Melo *et al.*, 2020; Lucchesi *et al.*, 2021; UN; Water, 2021; Santos; Lima, 2022; UNEP, 2023).

Portanto, a reciclagem não potável da água residuária de retrolavagem dos 03 filtros da ETA, em concordância com as normas ambientais e de saúde pública, assegura o acesso seguro de água doce (WWAP, 2020; Zhang; Oki, 2023; Tallaksen *et al.*, 2023) e a proteção dos recursos hídricos, que é o papel do saneamento básico, frente a necessidade de atender 99% da população com água potável em quantidade e qualidade, bem como, coletar e tratar 90% as inúmeras fontes de água residuária até 2033 (Brasil, 2007, 2020).

2º Distinguir o quantitativo de abastecimento de caminhão tanque com água potável para reconhecer o uso de água potável em fins não potáveis;

Observa-se que o SAAE Aparecida/SP possui dificuldade para quantificar o volume total de água potável que sai do R1, a fim de assegurar os múltiplos usos de água devido às cinco formas de abastecimento de caminhão tanque, porém se considerarmos apenas o abastecimento de caminhões tanque oficiais do SAAE Aparecida/SP e da DSM abastecidos pelo menos uma vez a cada 24 horas, podemos afirmar que o quantitativo mínimo de água potável usado em fins não potáveis urbanos é 26 mil litros por dia.

Pelo exposto, com objetivo de quantificar o volume total de água potável que sai do R1, bem como, o volume total de caminhões tanque abastecidos diariamente no SAAE de Aparecida/SP, sugere-se a implementação de um sistema de bombeamento com hidrometração inteligente, a fim de mensurar o volume de água potável de acordo com a descrição das “OS”, evitando assim possíveis irregularidades no abastecimento de caminhões tanque, bem como, externalidades social, econômica e ambiental.

Por exemplo, essas irregularidades podem ocorrer através do abastecimento múltiplo, porém com uma única solicitação de 8 mil litros, referencial utilizado nas “OS” do SAAE Aparecida/SP. Ou quando o tanque do caminhão possuir capacidade superior a esse referencial e abastecê-lo até completar o volume do veículo, enquanto o volume deveria ser apenas 8 mil litros. Ou abastecimento livre, sem “OS”. Por essas razões, sugere-se também um profissional habilitado para acompanhar o procedimento de abastecimento de caminhões tanque.

Como também, é necessário padronizar o sistema informatizado de registro das “OS”, já que, são cinco departamentos, escritório externo de atendimento ao

público, secretaria executiva, leitura, portaria principal e secundária do SAAE Aparecida/SP, que as registram. O que pode gerar descrição subjetiva no preenchimento dessas “OS”. À vista disso, esse sistema deve possuir preenchimento obrigatório, de volume solicitado, finalidade pretendida do uso da água, capacidade do veículo, e especificação com os dizeres “ÁGUA POTÁVEL” ou “ÁGUA NÃO POTÁVEL”.

Para reconhecer adequadamente a quantidade de caminhão tanque que vem sendo abastecido com água potável e usado nos fins não potáveis, assim como, para registrar as futuras “OS” relacionadas ao uso de água reciclada não potável de retrolavagem de filtros da ETA na cidade de Aparecida/SP. Porque o preenchimento padrão utilizado atualmente, não possui campo com essas dissociações, é feito pelos servidores por conhecimento de causa e os caminhões tanque do SAAE Aparecida/SP não são adesivados com os dizeres acima (SAAE, 2024).

O que é umas das exigências do ANEXO III, da Resolução SS nº 177/2021. (São Paulo, 2021). Paralelo ao ANEXO I da Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020 (São Paulo, 2020) sobre o uso e transporte de água reciclada não potável, incluindo a de retrolavagem de filtros da ETA em ambiente urbano para combater incêndios em cidades, irrigar áreas verdes, lavar ruas, calçadas, desobstruir sistemas de água pluvial e esgoto, que são usos não potáveis, já garantido pelo SAAE Aparecida/SP, porém com a água potável.

O exposto é para coibir o uso inadequado de água reciclada não potável, especificamente, a água reciclada não potável de retrolavagem de filtros da ETA, na cidade de Aparecida/SP. E reduzir os riscos à saúde pública e ambiental do referido município (APA, 2019; São Paulo, 2020; WHO, 2017; Mancuso *et al.*, 2021; UNHCFR, 2022). Sendo assim, essas adequações são necessárias para o SAAE Aparecida/SP fazer uso e transporte seguro de água reciclada não potável de retrolavagem de filtros da ETA em meio urbano aparecidense.

Aliado às particularidades locais, transparência, acessibilidade, controle fiscal da qualidade e segurança para a prática da água reciclada não potável de retrolavagem de filtros da ETA em ambiente urbano (Aguiar *et al.*, 2021). Com educação ambiental e melhoramento contínuo frente às preocupações sobre a segurança do uso de água reciclada não potável de retrolavagem de filtros da ETA em ambiente urbano e há probabilidade de danos à saúde humana e ao meio ambiente (Bruni, 1993; Mukherjee, 2020).

E ao encontro da urgência de aumentar substancialmente a reciclagem segura das várias fontes de água residuária municipal, como a água residuária de retrolavagem de filtros da ETA, de acordo com a meta 6.3, do ODS 6 (ANA; MIDR, 2023; WWAP, 2023). A fim de reduzir a extração excessiva e a contaminação dos recursos hídricos de abastecimento de água doce, como o Paraíba do Sul. O que é indispensável em meio à combinação dos fenômenos de secas e extremo calor (CEMADEN, 2024) e o estresse hídrico do planeta (IPCC, 2022, 2023).

3º Tipificar os parâmetros físicos, químicos e biológicos da água residuária de retrolavagem de filtros da Estação de Tratamento de Água para distinguir os tipos de uso não potável pretendido;

A água residuária gerada no processo de retrolavagem do filtro 1 da ETA do SAAE Aparecida/SP, com coloração marrom alaranjado possui 228 mg/L de DBO, 36,730 NTU de turbidez, que está associada aos 365,6000 mg/L de sólidos suspensos totais. Esses valores são inconformes ao permitido pelo arcabouço legal brasileiro, paulista e pelas normas da USEPA, que orientam o uso de água reciclada não potável, em ambientes municipais, com padrões de DBO e SS inferiores a 30 mg/L. (CONAMA, 2011; USEPA, 2012; São Paulo, 1976, 2020; CETESB, 2022).

No entanto, compatível com as orientações do Filter Backwash Recycling Rule Technical Guidance Manual, porque nos três primeiros minutos do procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs, existe um pico de desequilíbrio nesses padrões de qualidade dessa água proveniente de ETAs convencionais, ou seja, há casos em que a turbidez pode atingir até 250 NTU e os SST pode chegar até 7000 mg/L, porém durante o procedimento esse pico vai reduzindo e a qualidade dessa água melhora. Portanto, foi o que ocorreu com a amostra supracitada.

Por isso, devem ser reduzidos a riscos aceitáveis, pois podem provocar problemas operacionais no tratamento dessa água, (WWAP, 2017) bem como, outros agravos ao meio ambiente e à saúde pública, onde será reciclada (Bruni, 1993; Gottfried *et al.*, 2008; WWAP, 2017; Hamilton *et al.*, 2018; World Bank; ILO; Wateraid; WHO, 2019; APA, 2019; São Paulo, 2020; Brasil, 2021; Qian *et al.*, 2021, 2023; UNEP, 2023; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023; SAAE, 2024; Aparecida, 2024; Xie *et al.*, 2024).

Na amostra microbiológica foi detectado 2700,0 UFC/100mL de coliformes termotolerantes, 3100 UFC/100mL de coliformes totais, $< 0,1$ oocistos/L de *Giardia* e de *Cryptosporidium*, consequência da origem e a qualidade da água bruta captada, das características e as condições de operação da ETA, por exemplo, processo de tratamento água acelerado para atender a demanda pelos usos da água em Aparecida/SP, particularmente, o turismo religioso (CONESAN, 2010, 2011; UNESCO; I; WSSM, 2020; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023).

Somado a cloração ineficiente, por causa do excesso de matéria orgânica dissolvida, irregularidade do sistema dosador, (CONESAN, 2010, 2011) não observação do tempo de contato mínimo para desinfecção, (Brasil, 2021) falta de infraestrutura, técnica e financiamento (OECD, 2023). O que pode ser percebido com o “efeito arraste” no tratamento, em que os produtos químicos, cloro, cálcio, PAC e flúor dosado na etapa de coagulação, floculação e decantação, são arrastados rapidamente para as lamelas, canaletas e filtros da ETA aparecidense.

E com o “efeito sinérgico” do procedimento de retrolavagem dos 03 filtros da ETA, onde a camada filtrante, composta de forma ascendente por crepina, pedra, areia e carvão, vai se perdendo com a execução desse procedimento. Esses efeitos acontecem porque a ETA não acompanhou o desenvolvimento demográfico e turístico do município supracitado, até já sofreu algumas alterações estruturais, a fim de atender o uso múltiplo da água atual, porém sem as orientações técnicas civis e hidráulicas (Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023; SAAE, 2019, 2024).

No caso de *Giardia* e de *Cryptosporidium* the Filter Backwash Recycling Rule Technical Guidance Manual também destaca que é comum a presença de *Giardia* e de *Cryptosporidium* entre 11% a 30% das amostras de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs convencionais, na maioria, isso é detectado por causa do lançamento de múltiplas fontes de água residuária municipal sem tratamento nos recursos hídricos de captação de água bruta para fins de abastecimento municipal, o caso da Aparecida/SP.

Também foram detectados 35,6500 mg/L de óleo graxos totais e a presença de óleos leves, visíveis ou visuais, substâncias de solúveis em hexana, solventes, gasolina, substâncias explosivas ou inflamáveis em geral, porém não quantificado, conforme mostrado nas Tabelas 1 a 8 acima. Consequência da má qualidade da água bruta, em especial, do ponto PARB 02600, localizado na confluência do

Ribeirão da Chácara com o Rio Paraíba do Sul e o fenômeno rebojo ou redemoinho ou remoinho de água desses recursos hídricos.

Esse fenômeno ocorre quando o fluxo hídrico desses recursos hídricos em baixa, são barrados pelo banco de areia sedimentado à jusante do ponto PARB 02600, com isso a poluição pontual da DSM, local de higienização de todos os veículos oficiais do SAAE Aparecida/SP e da Prefeitura Municipal de Aparecida/SP. E o ponto de descarte de toda água residuária não tratada da ETA em Aparecida/SP, isto é, a água residuária não tratada de higienização da caixa de entrada de água bruta, floculadores, decantadores e filtros.

Dos diques de contenção de armazenamento de produtos químicos para tratamento de água para fins potáveis e dos reservatórios internos de água potável do SAAE Aparecida/SP é recirculada para o ponto PARB 02600 e misturada com a poluição difusa a montante do Paraíba do Sul e da foz do Ribeirão da Chácara. Que se soma com os resquícios de procedimento de engraxamento ou lubrificação no sistema de captação e tratamento de água potável, (CONESAN, 2010, 2011; WWAP, 2017; Filho, 2017, 2021; CETESB, 2021, 2022, 2023; CBH; PS, 2023).

Por exemplo, antes da coleta da amostra de água residuária de procedimento de retrolavagem do filtro 1 da ETA em Aparecida/SP, que foi no dia 16 de novembro de 2023, houve registro de “OS”, para manutenção interna de um dos floculadores da ETA do SAAE Aparecida/SP, com vazamento de óleo mineral e sabão metálico de lítio na caixa de redução, redutores e redutores. Inclusive, foi observado manchas de óleo nos 03 filtros da ETA em Aparecida/SP, o que possivelmente contaminou as camadas filtrantes do filtro 1 e a amostra supracitada.

O exposto acima aponta que todos os parâmetros físicos, químicos e biológicos da água residuária de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP são diretamente impactados quanto às condições climáticas locais, isto é, no período de maior precipitação, mais sólidos suspensos, mais matéria orgânica dissolvida e maior turbidez no ponto PARB 02600, consequentemente a ETA sofre mais paralisação, pois a turbidez acima de 500 NTU impossibilita a continuidade do tratamento de água para fins potável em Aparecida/SP.

Enquanto a ETA permanece parada, o sistema de reservação interno e externo de Aparecida/SP vai reduzindo, já que o período de maior precipitação, também é de maior calor e fluxo turístico no município mencionado acima. Quando a ETA é reiniciada, precisa-se rapidamente recuperar esse sistema de reservação em

baixa. Por conseguinte opera com uma vazão hídrica acima do limite operacional projetado, com arraste e mais retrolavagens dos 03 filtros, que geralmente está saturado pela entrada de água bruta de péssima qualidade.

Por isso, maior é a produção diária de água residuária de retrolavagem dos 03 filtros da ETA em Aparecida/SP. Então, se existe excesso de matéria orgânica dissolvida, consequentemente aumenta-se a dosagem de cloro gás. Isso pode estimular a formação de subprodutos de desinfecção por cloro, como os trihalometanos, etc., (Gottfried *et al.*, 2008; Hamilton *et al.*, 2018; Qian *et al.*, 2021, 2023; Xie *et al.*, 2024) a partir de reações químicas entre o cloro livre com os ácidos húmicos e fúlvicos presente na matéria orgânica dissolvida em água.

Assim como, a não observação do tempo de contato mínimo para desinfecção e a irregularidade do sistema dosador de cloro gás provoca insuficiência na eliminação de microrganismos, como, coliformes termotolerantes, totais, *Giardia*, *Cryptosporidium*, *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Enterovírus*, *Adenovírus*, *Rotavírus*, *Entamoeba*, *Helmintas*, *Ascaris*, *Ancylostoma* entre outros presente na água bruta captada para fins de abastecimento potável. Certamente, isso também será detectado na água residuária de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP.

E, quando às condições climáticas forem associadas ao período de menor precipitação e redução do volume hídrico no ponto PARB 02600, principalmente devido às estiagens, secas e extremo calor, ocorre desequilíbrio no processo de autodepuração, redução de OD e maior concentração de contaminantes na água bruta captada no ponto PARB 02600. Isso em um sistema de tratamento de água convencional, sem investimento estrutural e técnico. As retrolavagens dos 03 filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP que deveria ser mínima.

Porém, a falta de investimento na prestação de serviços de água, higiene e saneamento em Aparecida/SP dificulta a reposição e a substituição das camadas filtrantes, que respectivamente perdem com o quantitativo de procedimento de retrolavagens ou incrustam ao longo do tempo por causa do acúmulo de resíduos contaminantes da água bruta captada no ponto PARB 02600. E demais substâncias químicas usadas nas dosagens e manutenção de motores, máquinas e equipamentos do sistema de tratamento convencional de água potável.

Por isso, mesmo que ETA do SAAE Aparecida/SP opere com uma vazão hídrica menor, a falta de reposição e a perda de vida útil das camadas filtrantes também leva a execução de procedimento de retrolavagens de filtros, ainda que em

menor quantidade, pois, rapidamente o processo de filtração de água para fins potáveis perdem a eficiência e sem dúvida, isso, também impactará a produção de água residuária de procedimento de retrolavagem dos 03 filtros da ETA no município de Aparecida/SP.

Portanto, o conjunto de fatores externos e internos que a ETA do SAAE Aparecida/SP está inserida sempre vai oscilar e interferir nos resultados físicos, químicos e biológicos da água residuária de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP, ao longo do ano. Nesse contexto, destaca-se a importância de implementar medidas estruturais e não estruturais para mitigar as interferências na produção de água potável e de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA em destaque, seu tratamento e sua reciclagem não potável.

Por exemplo, medidas estruturais e não estruturais que vise combate e controle de lançamento de múltiplas fontes de água residuária municipal sem tratamento da DSM, SAAE Aparecida/SP e do município supracitado, que causa má qualidade nos ecossistemas aquáticos do Ribeirão da Chácara, Rio Paraíba do Sul, consequentemente na água bruta do ponto PARB 02600, na água tratada para fins potáveis e na água residuária de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP, seu tratamento e sua reciclagem não potável em Aparecida/SP.

Assim como, salienta-se a necessidade de criar um banco de dados sobre a água residuária de retrolavagem de filtros, para melhor conhecer essas interferências ao longo do ano, comparando-as com as alterações do clima, condições quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos utilizado como matéria prima na ETA destacada, sinistro no sistema de bombeamento de água bruta, oscilação do fluxo turístico local, dosagens de substâncias químicas na produção de água potável, operação da ETA do SAAE Aparecida/SP e afins.

Considerando que o SAAE Aparecida/SP não pode com uma única amostra, composta por alguns parâmetros de qualidade inconformes, comparado com dispositivos legais voltados para água residuária de ETEs, conhecer com clareza e detalhes o contexto que envolve a água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP. Por isso, reafirma-se a essencialidade de múltiplas coletas dessa água para se obter dados históricos tanto quantitativos como qualitativos, bem como, das interferências relatadas no parágrafo anterior.

Pois, o uso por duas ou mais vezes de água residuária de procedimento de retrolavagem dos 03 filtros da ETA, com objetivo socioeconômico e socioambiental

em meio urbano de Aparecida/SP precisa ser tratada, (ISO, 2018) para garantir a qualidade do produto final, água reciclada não potável de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP (Khan *et al.*, 2018; Radcliffe, 2022). No entanto, esse tratamento deve ser adequado, seguro, com risco aceitável, adaptado à realidade local e com as obrigações legais voltadas para a água residuária de ETAs.

Para lidar e reduzir os impactos qualitativos e quantitativos que interferem na produção e na reciclagem não potável da água residuária de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP. Com objetivo de reciclá-la no Ribeirão da Chácara, na caixa de entrada de água bruta da ETA em destaque, na proporção a ser definida após experimento, assim como, no ambiente urbano da referida cidade (Brasil, 2005; Gottfried *et al.*, 2008; Hamilton *et al.*, 2018; CETESB, 2022; Qian *et al.*, 2021, 2023; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023; Xie *et al.*, 2024).

Somente assim, poderá ser usada para a categoria da Classe A e B, que abrange a finalidade de irrigação de parque, jardim, campo esportivo, área verde ou de lazer em condomínio, cemitério, talude e rodovia (Hamilton *et al.*, 2018; APA, 2019; São Paulo, 2020; Your Home, 2023). Limpeza de ruas, calçadas, pátios, estacionamento, garagens, esgotamento sanitário e pluvial. Higienização externa de ônibus, caminhões de resíduos sólidos urbanos, coleta seletiva, concretagem, etc. (São Paulo, 2020; UNESCO; I; WSSM, 2020; Moura *et al.*, 2020).

Controle de poeira em terraplanagem e aterros, resfriamento de rolos compressores em pavimentação, amassamento e cura de concreto não estrutural usado em construção civil (UNESCO; I; WSSM, 2020; São Paulo, 2020). Combate a incêndio em área urbana, no entanto, as instalações hidráulicas e os reservatórios devem ser de uso exclusivo para esse fim, o que geralmente, é mais usado por prestadores de serviços públicos emergenciais (São Paulo, 2020; Moura *et al.*, 2020; State of California, 2024).

Então, tratar a água residuária produzida com a retrolavagem dos 03 filtros da ETA, para implantar a reciclagem irrestrita não potável em ambientes urbanos de Aparecida/SP, de acordo com a Classe A, da Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020, atende melhor a necessidade do SAAE Aparecida/SP, uma vez que, precisa melhorar os aspectos quantitativos e qualitativos dos recursos hídricos locais que asseguram água, uma matéria prima essencial para o sistema de abastecimento de água potável e não potável continuar funcionando na atualmente e no futuro.

Assim como, necessita implementar medidas estruturais e não estruturais para reduzir o índice de perdas de água desde a captação de água bruta até a distribuição final de água potável e não potável e em último substituir o uso de água potável desperdiçado em múltiplos usos não potáveis urbanos de Aparecida/SP, como os descritos acima, englobando a prestação de serviços emergenciais em apoio, parceria e cooperação com a Defesa Civil e Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo (São Paulo, 2020; SAAE, 2024).

Pois, é preciso cooperação e parceria entre as instituições locais, (SABESP, 2020; OECD, 2023; Wateraid, 2023, WWAP, 2023) para atuarem com eficácia e eficiência em Aparecida/SP, o que é indispensável para alcançar a meta 6.3 do ODS 6 sobre coleta, tratamento e reciclagem das diversas fontes de água residuária municipal, para uso não potável urbano, como a reciclagem não potável da água residuária de retrolavagem dos 03 filtros da ETA em Aparecida/SP, assim como os demais objetivos da Agenda 2030 (UNEP, 2023; Wateraid, 2023).

4º Especificar os parâmetros físicos, químicos e biológicos da água residuária de retrolavagem de filtros da Estação de Tratamento de Água para depreender os tipos de múltiplas barreiras para a aplicação da água reciclada não potável de retrolavagem de filtros de Estação de Tratamento de Água, em meio urbano;

Os tipos de barreiras usados na aplicação da água reciclada, não potável, em meio urbano em Aparecida/SP, está condicionado à origem, composição, tratamento, tecnologia adequada, fim pretendido, padrões de qualidade específicos, volumes e outros fatores relacionados à reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs (Gottfried *et al.*, 2008; WWAP, 2017; São Paulo, 2020; Qian *et al.*, 2021, 2023; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023; SAAE, 2019, 2020, 2021, 2024; Xie *et al.*, 2024).

Assim como, depende do arcabouço legal de uma determinada jurisdição local, regional ou nacional (ISO, 2018). Portanto, a reciclagem não potável de água residuária municipal, como a de retrolavagem de filtros de ETA não é uma tarefa fácil, por causa das complexidades sociais, econômicas, ambientais e legais do local ou da região (ANA, 2016, 2017; SABESP, 2020; Aquapolo, 2022). E das alterações extremas do clima, que irão impactar a gestão de água residuária do planeta, inclusive a prevenção e gestão de riscos associados a essa (WWAP, 2017).

No caso, da reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs, para utilizá-la em projetos de recuperação ambiental, observa-se que no contexto brasileiro os dispositivos técnicos legais sobre reciclagem não potável de múltiplas fontes de água residuária municipal (Brasil, 2005; CONAMA, 2011; São Paulo, 1976, 2020; CETESB, 2022), se quiser menciona a reciclagem não potável de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs, para esse fim pretendido e tampouco os padrões de qualidade específicos.

Assim como, a literatura expõe que ainda falta clareza sobre os padrões de qualidade para usá-la, em sistema de tratamento de água potável e em meios urbanos (Gottfried et al., 2008; Filho, 2017, 2021; Qian *et al.*, 2020, 2021, 2023; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023). Uma vez que, na maioria, os dispositivos técnicos legais de uso de água residuária, urbana, não potável, existentes, são voltados para a água residuária provenientes de ETEs (São Paulo, 2020; CETESB, 2022).

Porém, essa água possui características físicas, químicas e microbiológicas diferentes da água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs. Até pode incluir a água residuária de ETAs, especialmente as de procedimento de retrolavagem de filtros, porém esses dispositivos devem ser adaptados para lidar com a complexidade de fatores condicionantes externos e internos que impactam, especificamente a geração, reciclagem e o uso não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs, em ambientes urbanos.

No contexto de Aparecida/SP, a água residuária é um subproduto de retrolavagem de filtros rápidos, em uma ETA convencional, que em geral funciona de modo acelerado para atender os múltiplos usos de água local. Ainda sofre interferência da poluição hídrica do Paraíba do Sul, Ribeirão da Chácara, DSM e da própria ETA. Do residual de manutenções, correções e higienização do sistema de captação e tratamento de água para fins potáveis. Do residual de dosagem de substâncias químicas, como o PAC, cloro, cálcio e flúor.

Do quantitativo único até o triplo de retrolavagem por filtro a cada 24 horas. Do parâmetro de turbidez maior que 0,5 NTU, ineficiente. Gasto energético devido à intensidade usada na reversão do fluxo de água potável para retro lavá-los. Composição, vida útil e perda das camadas filtrantes (Freitas *et al.*, 2010; CONESAN, 2010, 2011; IBGE, 2022; SAAE, 2019, 2020, 2021; Zielina; Dabrowski, 2021; CETESB, 2021, 2022, 2023; SAAE, 2024; Aparecida, 2024).

Por isso, é composta pelas características qualitativas descritas nas Tabelas 1, 2, 3, 4, 10 e 11. Inclusive devido às interferências descritas, anteriormente, alguns padrões qualitativo permanecem inconformes, após o procedimento de retrolavagem, por exemplo, a DBO, turbidez, SST, coliformes termotolerantes, coliformes totais, *Giardia*, *Cryptosporidium*, óleos e graxos totais, leves, visíveis, visuais, substâncias solúveis em hexana, solventes, gasolina, substâncias inflamáveis e ferro dissolvido, se comparado com a legislação adotada.

Isto é, a Lei Estadual nº. 997/1976, o Decreto nº. 8.468/1976 e a Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020. E com as demais observadas, a Resolução CONAMA nº 430/2011, Lei Municipal nº 4.253/2020 e a Decisão de Diretoria CETESB nº 134/2022/P/C/E// 2022 (CONAMA, 2011; São Paulo, 1976, 2020, Aparecida, 2020; CETESB, 2022). Então, para o SAAE Aparecida/SP usar a produção de água reciclada não potável de procedimento de retrolavagem dos 03 filtros da ETA, em ambientes urbanos de Aparecida/SP.

É preciso depreender os tipos de múltiplas barreiras para o tratamento dessa água, (WHO, 2017, ISO, 2018; APA, 2019) a fim de reciclá-la na foz do Ribeirão da Chácara, na caixa de entrada de água bruta da própria ETA e garantir os usos de irrigação paisagística, combate a incêndio, construção civil, lavagem de ruas e/ou veículos, desobstrução de redes de esgotos e/ou pluviais, que compreende a Classe A, da Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020. Vale ressaltar que esses usos já são assegurados pelo SAAE de Aparecida/SP, mas com água potável.

Portanto, nenhuma água com padrões de excelente qualidade deveria ser usada para fins que exijam água com parâmetros de qualidade específicos ao fim pretendido (Brasil, 2005, 2010; Santos; Lima, 2022; SAAE, 2024). Com isso, surge-se o desafio, definir os tipos de múltiplas barreiras de tratamento para reciclar a água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA, do SAAE Aparecida/SP, de maneira adequada, com segurança, risco aceitável, adaptado à realidade local e com a finalidade não potável.

Uma vez que, não existe menção específica sobre reciclagem não potável de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros de ETAs, em projetos de recuperação ambiental no arcabouço legal nacional, estadual e municipal. Por isso, sugere-se que no mínimo, o município de Aparecida/SP foque em melhorar os padrões quantitativos e qualitativos atuais do Ribeirão da Chácara, coibindo o

descarte das diversas fontes de água residuária municipal sem tratamento nesse recurso hídrico, visando um Ribeirão da Chácara que podemos ter.

Já que a Lei nº. 997/1976 sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente, bem como, seu Decreto Regulamentar nº. 8.468/1976, que institui o sistema de prevenção e controle da poluição do meio ambiente, no Estado de São Paulo proíbe qualquer tipo de descarte de substância poluidora em água, solo e ar atmosférico, em desacordo com os padrões de emissões por esse estabelecido. Inclusive, destaca que esse descarte independe de estar especificamente descrito ou não no Decreto mencionado acima.

Sendo assim, proíbe-se qualquer tipo de descarte que possa provocar impropriedade na água, no solo e no ar atmosférico, trazendo prejuízos sociais, econômicos e ambientais. Logo, para evitar a impropriedade desses meios, o tratamento das diversas fontes de água residuária municipal visando fim ambiental, em particular de meio aquático, está condicionado ao enquadramento dos recursos hídricos receptores em classes, segundo os usos preponderantes de água (São Paulo, 1976; Brasil, 1997; CONAMA, 2005, 2011; ANA, 2020; CETESB, 2022).

No caso de reciclar a água residuária de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP no próprio sistema de tratamento de água para fins potáveis, o desafio para definir os tipos de múltiplas barreiras de tratamento continua, pois não existe um consenso no conhecimento científico sobre o tipo de tratamento para a água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs, antes de reciclá-la nas ETAs, já que, a maioria, opta-se por tratamento primário, enquanto outros executam tratamento integrado composto por tecnologia convencional e microfiltração.

E outros que apenas injetam-a na caixa de entrada de água bruta das ETAs, após definir a tecnologia de tratamento adequada e a proporção hídrica de acordo com o contexto externo e interno que interfere em cada ETA (sobrenome Filho, 2017, 2021; Qian *et al.*, 2021, 2023; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023). Ainda mais, para esse fim pretendido, também não há dispositivos técnicos legais específicos no contexto brasileiro, em geral, os dispositivos técnicos legais de uso de água residuária, urbana, não potável, são voltados para a água residuária de ETEs.

A fim de serem tratadas e misturadas em um recurso hídrico receptor ou usadas em fins não potáveis urbanos. Por isso, em alguns casos exige-se tratamento secundário, em outros terciário (CONAMA, 2011; USEPA, 2012; WWAP,

2017; Moura *et al.*, 2020; São Paulo, 1976, 2020; CETESB, 2022; Santos; Lima, 2022; State of California, 2024). Se esses fins forem os descritos na Classe A, da Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020, pode optar por processo de filtragem convencional e/ou MBR e osmose reversa (São Paulo, 2020).

Entretanto, no caso do SAAE Aparecida/SP, se o tratamento de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA não for adequado, seguro, com risco aceitável e adaptado à realidade local, é inviável economicamente reciclá-la, com as obrigações legais voltadas para a água residuária de ETEs. Pois, mesmo que o Brasil não tenha uma regulação específica para o uso de água reciclada não potável de retrolavagem de filtros de ETAs em recursos hídricos receptores, em sistema de tratamento de água potável e em ambientes urbanos municipais.

Sugere-se que seja implantada a sedimentação e a equalização para precipitar a matéria orgânica dissolvida, reduzir os SST, flutuantes e a turbidez da água residuária de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP. Se preferir uma água mais clarificada dosar um polímero, por exemplo, o PAC (EPA, 2002; Lustosa *et al.*, 2017; Filho, 2017, 2021). Efetuar a oxidação por cloro respeitando o tempo mínimo de contato. Inclusive, a dosagem de cloro deve ser eficiente, para assegurar a eliminação de coliformes termotolerantes, totais, *Giardia*, *Cryptosporidium*, etc.

E não formar os subprodutos de desinfecção por cloro no sistema de tratamento não potável de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP. E tão pouco transferi-los para o Ribeirão da Chácara, para o sistema de tratamento de água potável e para os meios urbanos que irão receber a aplicação da água reciclada não potável de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP (Gottfried *et al.*, 2008; São Paulo, 1976, 2020; Brasil, 2021; Magalhães *et al.*, 2021; Qian *et al.*, 2021, 2023; UNEP, 2023; Xie *et al.*, 2024).

Por consequência, a redução de matéria orgânica dissolvida por sedimentação e a eliminação de microrganismos por processo de oxidação, contribui com a estabilização da DBO e a concentração de ferro dissolvido em meio líquido. Vale ressaltar que uma porção da concentração desse ferro é do desgaste da linha férrea que faz a transferência do refluxo de água potável do Reservatório Elevado até o procedimento de retrolavagem de filtros da ETA aparecidense.

Ainda mais, executar um processo de filtragem, com camadas filtrantes adequadas para coalescer as substâncias solúveis em hexana, compostas pelos óleos graxos totais, visuais, minerais, vegetais e animais, presentes na água

residuária de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP. Sincronicamente realizar o monitoramento contínuo dos padrões de qualidade exposto nas Tabelas 1, 2, 3, 4, 10 e 11, conforme a frequência analítica exigida nas Tabelas 12 e 13 (São Paulo, 1976, 2020; CONAMA, 2011).

Vale ressaltar que esse monitoramento não deve focar apenas nos parâmetros de qualidade inconformes destacadas nas Tabelas supracitadas, mas também nos parâmetros de qualidade com limite próximo e igual ao máximo permitido, porque durante a ocorrência de fenômenos combinados de secas, calor, baixa vazão hídrica e ineficiência de autodepuração, esses parâmetros são desequilibrados no meio aquático devido à redução de OD e maior concentração de substâncias químicas reguladas ou não presente em água.

Para testar se a sedimentação, equalização, filtração, adição de polímero e cloro, serão eficientes para aprimorar a qualidade da água residuária de retrolavagem de filtros da ETA em destaque, que não necessariamente requer os padrões de potabilidade, a ponto de obter a conformidade legal, a fim de destiná-la ao Ribeirão da Chácara, injetá-la no sistema de tratamento de água potável e usá-la nos meios urbanos e em fins não potáveis (Gottfried *et al.*, 2008; Hamilton *et al.*, 2018; Santos; Lima, 2022; Qian *et al.*, 2021, 2023; Xie *et al.*, 2024).

Com risco aceitável de exposição ambiental e humana (WHO, 2017; APA, 2019; SAAE, 2021; Brasil, 2021, 2023; UNEP, 2023; Xie *et al.*, 2024). Nesse contexto, destaca-se a necessidade específica de experimento da proporção hídrica de recirculação da água residuária de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP no sistema de tratamento de água para fins potáveis. Inicialmente, sugere-se a proporção 10/90%, pois não existe uma série histórica de dados sobre sua interferência ao ser misturada com a água bruta captada para fins potáveis.

Mas, conforme o SAAE Aparecida/SP for apurando o conhecimento sobre a água residuária de retrolavagem dos 03 filtros de sua ETA e as interferências a ela e ao tratamento de água potável durante o ano, pode aos poucos aumentar a proporção hídrica de recirculação da água residuária de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP, para 20/80%, 40/60% e 50/50% no tratamento de água potável municipal (Gottfried *et al.*, 2008; Filho, 2017, 2021; Frota *et al.*, 2021; Qian *et al.*, 2020, 2021, 2023; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023).

Tabela 10 - Padrões de qualidade. Artigo 21 da Resolução CONAMA nº 430/2011.		
Padrões de qualidade	Limite Máximo Permitido	Água Residuária de Filtros da ETA
		Resultado Inconforme
Arsênico Total	0,5 mg/L	< 0,00500 mg/L
Bário Total	5,0 mg/L	< 0,01000 mg/L
Boro Total	5,0 mg/L	< 0,02500 mg/L
Cádmio Total	0,2 mg/L	< 0,00100 mg/L
Chumbo Total	0,5 mg/L	< 0,01000 mg/L
Cianeto Total	1,0 mg/L	< 0,002 mg/L
Cromo Hexavalente	0,1 mg/L	< 0,05 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO 5,20	≤ 120 mg/L	228 mg/L
Estanho Total	4,0 mg/L	< 0,02500 mg/L
Fenóis totais	0,5 mg/L	< 0,000010 mg/L
Ferro Dissolvido	15,0 mg/L	1,120 mg/L
Fluoreto Total	10,0 mg/L	0,82 mg/L
Manganês Dissolvido	1,0 mg/L	0,047 mg/L
Materiais Flutuantes	Ausentes	Virtualmente ausentes
Materiais Sedimentáveis	≤ 1 mL/L	< 0,1000 mg/L < 0,0001 mL/L
Mercúrio Total	0,01 mg/L	< 0,00010 mg/L
Níquel Total	2,0 mg/L	< 0,00500 mg/L
Nitrogênio Amoniacal Total	20,0 mg/L	< 0,1 mg/L
Óleo e Graxas - óleos minerais	≤ 20 mg/L	Presente
Óleo e Graxas - óleos vegetais e Gorduras animais	≤ 50 mg/L	Presente
pH	5 a 9	6,9
Prata Total	0,1 mg/L	< 0,00500 mg/L
Selênio Total	0,30 mg/L	< 0,00500 mg/L
Substâncias solúveis em hexano - Óleo e Graxas	≤ 100 mg/L	Presente

Sulfeto	1,0 mg/L	< 0,01 mg/L
Temperatura	< 40°C	29,90
Zinco Total	5,0 mg/L	< 0,02500 mg/L
Fonte: Adaptado de CONAMA (2011).		

Tabela 11 - Padrões de qualidade para reciclagem potável indireta de água. Decisão da Diretoria CETESB nº 134/2022/P/C/E/I.		
Padrões de qualidade	Limite Máximo Permitido	Água Residuária de Filtros da ETA
		Resultado Inconforme
Arsênico Total	0,01 mg/L	< 0,00500 mg/L
Bário Total	0,7 mg/L	< 0,01000 mg/L
Boro Total	0,5 mg/L	< 0,02500 mg/L
Cádmio Total	0,001 mg/L	< 0,00100 mg/L
Chumbo Total	0,01 mg/L	< 0,01000 mg/L
Coliformes Totais	Não Detectável/100 mL	3100 UFC/100 mL
Cloreto Total	250 mg/L	28,0 mg/L
Cloro Residual Total - CRT	≥ 0,5 para sistema de filtração por membrana	< 0,0100 mg/L
	≥ 1	
<i>Cryptosporidium</i>	< 0,1 oocistos/L	< 0,1 oocistos/L
Cromo Total	0,05 mg/L	< 0,01000 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO 5,20	≤ 30	228 mg/L
Fenóis totais	0,003 mg/L	< 0,000010 mg/L
Ferro Dissolvido	0,3 mg/L	1,120 mg/L
Fluoreto Total	1,4 mg/L	0,82 mg/L
<i>Giardia</i>	< 0,1 cistos/L	< 0,1 cistos/L
Materiais Sedimentáveis	≤ 1 mL/L	< 0,1000 mg/L < 0,0001 mL/L
Mercúrio Total	0,0002 mg/L	< 0,00010 mg/L
Níquel Total	0,025 mg/L	< 0,00500 mg/L

Nitrato	10,0 mg/L	1,4 mg/L
Nitrito	1,0 mg/L	< 0,01 mg/L
Nitrogênio Amoniacal Total	3,7 mg/L	< 0,1 mg/L
Óleo e Graxas Totais	Óleos Minerais 20 mg/L	35,6500 mg/L
	Óleos Vegetais e Animais 50 mg/L	
pH	6 a 9	6,9
Prata Total	0,01 mg/L	< 0,00500 mg/L
Selênio Total	0,01 mg/L	< 0,00500 mg/L
Sólidos Suspensos Totais	≤ 0,5 UT para sistema de filtração por membrana	365,6000 UT
	≤ 30 UT	
Temperatura	< 40°C	29,90
Turbidez	≤ 0,2 UNT para sistema de filtração por membrana	36,730 UNT
	≤ 2 UNT	
Zinco Total	0,18 mg/L	< 0,02500 mg/L
Fonte: Adaptado de CETESB (2022).		

Tabela 12 - Monitoramento qualitativo de água reciclada não potável.

Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020.

Frequência	Padrões de Qualidade	Classe A Reciclagem Irrestrito Não Potável	Classe B Reciclagem Restrito Não Potável	Observação
Diária	pH e cloro residual total	CE e turbidez		
Semanal	DBO, Coliformes termotolerantes ou E. coli e SST			
Mensal	Ovos de Helmintos			
Trimestral		<i>Giardia</i> e <i>Cryptosporidium</i>		
Anual				
Todos os padrões descritos nas Tabelas 2, 3, 4, 10 e 11 acima.				

Fonte: Adaptado de São Paulo (2020).

Tabela 13 - Monitoramento qualitativo para reciclagem potável indireta de água. Decisão da Diretoria CETESB nº 134/2022/P/C/E/I.				
Padrões de Qualidade	Frequência	Zona de Amortecimento à ETA desativada, denominada “Bolo de Noiva” e o Ribeirão da Chácara	ETA Processo de Tratamento	Finalidade Não Potável Urbana Pretendida
Físicos e Químicos Básicos	Diária	x	x	x
Indicadores Microbiológicos Específicos. Patogênicos	Semanal	x	x	x
Compostos Orgânicos e inorgânicos. Substâncias Reguladas ou não.	Quinzenal	x	x	x
	Mensal	x	x	x
	Bimestral	x	x	x
	Trimestral	x	x	x
	Semestral	x	x	x
Fonte: Adaptado de CETESB (2022).				

Desse modo, a água residuária de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP pode ser reintroduzida na proporção adequada na caixa de entrada de água bruta do tratamento de água potável. Após tratamento adaptado e monitoramento contínuo, aumentando a oferta de água na ETA em Aparecida/SP, o que é essencial economicamente para as cidades que enfrentam o desafio de obter água em quantidade e qualidade, cada vez mais distante (WWAP, 2017; Hespanhol, 2019; Frota *et al.*, 2021; Qian *et al.*, 2021; SAAE, 2021, 2024).

O exposto acima, pode ser considerado “uso indireto de água reciclada de retrolavagem de filtros de ETAs, potável, urbana, adequado, seguro, com risco aceitável, com padrões específicos e adaptado à realidade local”. Porque a

procedência e as características físicas, químicas e microbiológicas são de água residuária de retrolavagem de filtros de ETA e não de ETE. A zona de amortecimento é um ambiente artificial controlado, ou seja, à ETA desativada, denominada “Bolo de Noiva”.

Como também, é um ambiente natural, isto é, a foz do Ribeirão da Chácara, um recurso hídrico receptor, à montante do único ponto de captação de água bruta para fins potáveis do município de Aparecida/SP. O fim é fazer a mitigação da má qualidade da água do Ribeirão da Chácara e posteriormente da má qualidade da água bruta captada em dos meandros do Rio Paraíba do Sul. Bem como, fazer “uso máximo” da água bruta captada para fins de abastecimento potável, reciclando-a em fins não potáveis e urbanos de Aparecida/SP.

Consequentemente, essa água reciclada servirá tanto para aumentar a vazão de um recurso hídrico receptor, o Ribeirão da Chácara, e captada indiretamente com a água bruta para tratamento de água potável, em Aparecida/SP e demais cidades à jusante. Como também, para aumentar a vazão hídrica da única ETA do SAAE Aparecida/SP, após ser injetada planejadamente e misturada diretamente na caixa de entrada de água bruta do sistema de tratamento de água para fins potáveis do município de Aparecida/SP.

O tratamento e os parâmetros específicos deverão ser focados em adequabilidade, segurança, risco aceitável e adaptabilidade do SAAE Aparecida/SP para reciclar a água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP, o que difere dos critérios e procedimentos da CETESB que são focados em reciclagem indireta não potável de água residuária proveniente de ETEs, por isso, exige-se tratamento terciário e outros padrões para reciclá-la visando fim ambiental e demais usos não potáveis urbanos (CETESB, 2022; SAAE, 2024).

Com isso, o SAAE Aparecida/SP poderá reciclar o volume significativo de água residuária gerado nas retrolavagens dos 03 filtros da ETA em Aparecida/SP, conforme a Tabela 9, em um recurso hídrico local, em sua própria ETA e ainda, substituir o uso de água potável aplicado em fins não potáveis, como, irrigação paisagística, lavagem de veículos, ruas e calçadas, construção civil, desobstrução de redes pluvial ou de esgotos e combate a incêndio, em ambientes urbanos do município de Aparecida/SP.

Já que, esses usos são garantidos com o caminhão tanque de “ÁGUA NÃO POTÁVEL” (SAAE, 2024). Essa substituição deve ser realizada com manuseio e

aplicação correta da água reciclada de retrolavagem de filtros da ETA, para fins não potáveis urbanos (WHO, 2017; São Paulo, 2020; SAAE, 2024). Uma vez que, o SAAE Aparecida/SP, produtor, distribuidor e usuário de água reciclada não potável urbana deve informar e orientar a população local. Através da educação ambiental, gestão e comunicação de riscos.

Quanto à produção, distribuição, transporte e reservação dessa (APA, 2019; São Paulo, 2020; Aguiar *et al.*, 2021). Por isso, os reservatórios, adutoras, tubulações, redes, válvulas, veículos, bombas, medidores de vazão, sensores e demais equipamentos usados para produzir, distribuir, transportar e reservá-la devem estar devidamente identificados e ser de uso exclusivo para essa finalidade. Nesse contexto, inicia-se o uso de múltiplas barreiras para a aplicação da água reciclada não potável de retrolavagem de filtros da ETA, em meio urbano de Aparecida/SP.

Associado à exclusividade de infraestrutura, com objetivo de evitar o compartilhamento com a prestação do serviço de abastecimento de água potável. Em razão disso a ETA inativa denominada “Bolo de Noiva”, que será utilizado para a equalizá-la, os caminhões tanque do SAAE Aparecida/SP, DSM e outros que serão abastecidos com essa água, devem possuir adesivos, com os dizeres: “ÁGUA NÃO POTÁVEL”. Conforme as especificações do ANEXO ÚNICO, da Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020 (APA, 2019; São Paulo, 2020; SAAE, 2024).

Consequentemente, os atores envolvidos na produção, distribuição, transporte e reservação da água reciclada não potável de retrolavagem de filtros da ETA em ambiente urbano de Aparecida/SP devem ser devidamente treinados para manejá-la. Saber utilizar adequadamente os EPIs, luvas, mangotes, sapatos, botinas, botas, protetores auriculares, abafadores de ruídos, viseiras, óculos de proteção e afins. E, os EPCs, kit de primeiros socorros, sinalizadores de segurança, telas, tapumes de proteção, entre outros.

Que tenham por finalidade prevenir e reduzir de forma individual ou coletiva os possíveis riscos à saúde do trabalhador, (Bruni, 1993; World Bank; ILO; Wateraid; WHO, 2019; APA, 2019; UNEP, 2023; Xie *et al.*, 2024) da população local, principalmente aquela que possui percepção limitada dos riscos associados ao uso indevido dessa água (Hamilton *et al.*, 2018; WWAP, 2017; APA, 2019) e do turista, em particular os ligados à fé católica, em contato com a água reciclada, não potável de retrolavagem de filtros da ETA em meio urbano (Aparecida, 2024).

Por essas razões, a aplicação da água reciclada não potável de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE Aparecida/SP em ambientes urbanos do município supracitado deve considerar a necessidade de uma transformação progressiva e contínua da cultura local e da estrutura organizacional do SAAE Aparecida/SP desde os setores operacionais até os gerenciais e posteriormente, da população aparecidense e dos visitantes em contato direto e indireto com esse tipo de água reciclada em Aparecida/SP.

Inclusive, considerando essa transformação foi elaborado uma NOTA INFORMATIVA - PROCEDIMENTO/REV.2/CÓD.003, um produto de aprimoramento para o procedimento de retrolavagem de filtros da ETA do SAAE em Aparecida/SP, consequentemente implementado com a ciência do Diretor Executivo desde outubro de 2024, salientando os riscos à saúde do trabalhador, especialmente dos operadores locais em contato direto com a matéria orgânica e inorgânica dissolvida, bem como, os aerossóis formados durante o procedimento de retrolavagem dos 03 filtros da ETA do SAAE em Aparecida/SP.

Como também, deve considerar a caracterização de cenários locais, associados a presença de barreiras naturais e artificiais, condições climatológicas e suas respectivas alterações, ocupação e organização de espaço urbano e o fluxo populacional, a fim de utilizar adequadamente as múltiplas barreiras e diminuir a probabilidade de danos ambientais, relacionados ao escoamento superficial, infiltração, lixiviação e percolação de água reciclada não potável de retrolavagem de filtros da ETA na cidade de Aparecida/SP.

E, danos humanos, provocados através das vias de exposição clássicas, como a ingestão, inalação, absorção e dérmica, devido ao contato direto ou indireto com a água reciclada, não potável de retrolavagem de filtros da ETA na cidade de Aparecida/SP (Gottfried *et al.*, 2008; WWAP, 2017; Hamilton *et al.*, 2018; World Bank; ILO; Wateraid; WHO, 2019; APA, 2019; São Paulo, 2020; Brasil, 2021; Qian *et al.*, 2021, 2023; UNEP, 2023; Wolska; Urbańska Kozłowska, 2023; SAAE, 2024; Aparecida, 2024; Xie *et al.*, 2024).

Por causa disso, utiliza-se de barreiras físicas, por exemplo, sinalizadores de segurança, telas, tapumes de proteção, etc. para controlar o acesso de pessoas e reduzir os prováveis inconvenientes que podem ser gerados ao aplicar água reciclada, não potável de retrolavagem de filtros da ETA, em ambiente urbanos

(USEPA, 2012; WHO, 2017; Hamilton *et al.*, 2018; APA, 2019; Moura *et al.*, 2020; São Paulo, 2020; Santos; Lima, 2022; State of California, 2024; Xie *et al.*, 2024).

No caso de irrigação por gotejamento ou aspersão, é preciso observar o período do dia em que a radiação solar é mais intensa com a finalidade de evitar desperdícios, empoçamento, escoamento superficial indevido, formação de aerossóis e irrigação ineficiente, pois, o uso de água reciclada não potável de retrolavagem de filtros da ETA deve ser de maneira otimizada, racional e eficiente, (HAMILTON, *et al.*, 2018; APA, 2019; WWAP, 2017, 2020) para promover a sustentabilidade nas cidades (SABESP, 2020; WWAP, 2023; UNEP, 2023).

É necessário considerar o alvo, a pressão e a espessura das microgotículas de água reciclada não potável de retrolavagem de filtros da ETA em zona urbana de Aparecida/SP, para evitar a erosão no solo, a intolerância nas espécies vegetais e a exposição direta de alvos específicos, como torneiras, bebedouros públicos de distribuição de água potável, brinquedoteca de espaços infanto-juvenis, equipamentos de academia ao ar livre, veículos estacionados, residências, comércios, gatil, canil, pedestres entre outros (Hamilton *et al.*, 2018; APA, 2019; São Paulo, 2020).

Vale ressaltar que o uso dessa água para irrigar parques, jardins, áreas verdes de lazer e esporte, ..., em área urbana precisa considerar os limites de cloro residual total até ≤ 5 mg/L, boro até ≤ 2 mg/L, no entanto para a reciclagem irrestrita não potável urbana, Classe A até $\leq 0,7$ mg/L de boro (São Paulo, 2020). E para reduzir o grau de impacto no solo, os padrões de RAS e CE devem ser analisados de forma integrada, de acordo com o exposto na Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020 (UN; Water, 2018; São Paulo, 1976, 2020; WWAP, 2023; GTSC A2030, 2023).

Isso é indispensável, quando o sistema radicular da flora nesses ambientes está com déficit hídrico, devido à seca de umidade do solo (Van Loon, 2015). Nessa situação, o uso inadequado dessa água, em ambientes urbanos, pode aumentar as condições impróprias do solo, agravar as vulnerabilidades municipais, provocar danos irreversíveis de natureza psicológica, social, cultural, econômica, e ambiental, inclusive, perdas de vida humanas (Bruni, 1993; Van Loon, 2015; World Bank, 2019; WWAP, 2023; UNDP; OPHDI 2023).

As múltiplas barreiras mencionadas anteriormente que podem ser aplicadas desde o tratamento até o uso final da água reciclada não potável de retrolavagem de

filtros da ETA, geralmente são utilizadas de forma integrada, para prevenir e reduzir a exposição acima do risco aceitável à saúde humana e ao meio ambiente (WHO, 2017; ISO, 2018; WWAP, 2017; APA, 2019; São Paulo, 2020; UN; Water, 2021). Está explícita e implícita na Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020, que regulamenta a reciclagem direta não potável de água residuária, para fins urbanos.

Na Lei nº 997/76 e no seu Decreto Regulamentar nº 8.468/76 que institui o sistema de prevenção e o controle da poluição do meio ambiente no Estado de São Paulo. Que proíbe o despejo de quaisquer fontes de poluição em água, solo e ar atmosférico incompatível com a jurisdição local, regional e nacional (São Paulo, 1976, 2020). Apesar do referido arcabouço legal tratar de água reciclada de ETEs, também pode incluir a água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs, pois são consideradas de produção industrial (Raschid-Sally; Jayakody, 2008).

E, na maioria, são misturadas com as demais fontes de água residuária produzida no município e conectadas aos sistemas de esgotamento sanitário, sendo assim classificadas como uma parte de água residuária municipal (Raschid-Sally; Jayakody, 2008; WWAP, 2017). Portanto, é responsabilidade dos municípios tratá-la de forma adequada antes de ser devolvida ao corpo hídrico receptor ou reciclá-la com segurança, para não provocar danos ao meio ambiente e à saúde pública local (CONESAN, 2010, 2011; Aparecida, 2020; Brasil, 2020).

5º Descrever a infraestrutura física existente no SAAE Aparecida/SP para saber como aproveitá-la para água reciclada não potável de retrolavagem de filtros de Estação de Tratamento de Água, em ambiente urbano;

Como mencionado anteriormente, a infraestrutura existente no SAAE Aparecida/SP está totalmente inativa há mais de quatro anos, por oportunidade, conveniência e construção da ETA atual, por isso, precisa de revitalização estrutural, com objetivo de ser aproveitada na implementação de projeto de água reciclada não potável de retrolavagem de filtros da ETA, em Aparecida/SP. A ETA inativa, denominada “Bolo de Noiva”, possui capacidade para sedimentar e equalizar cerca de 400 mil litros de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA.

Essa ETA inativa, denominada “Bolo de Noiva” é dividida em dois compartimentos, isso permite o SAAE Aparecida/SP aproveitá-la como dois reservatórios de sedimentação e equalização, com aproximadamente 200 mil litros

cada, nesse projeto pretendido (Filho, 2017, 2021; SAAE, 2024). O primeiro compartimento, sem o ponto de abastecimento de caminhões tanques, pode ser usado como receptor da água residuária em plena homogeneização e em descarte durante o procedimento de retrolavagem dos três filtros da ETA.

Enquanto, no segundo compartimento, esse fator de homogeneização pode ser reduzido (Lustosa *et al.*, 2017; SAAE, 2019, 2024). Sendo assim, é necessário uma nova adutora de 300 milímetros, com respectivo registro interligando o sistema de descarte dessa água a esse primeiro compartimento, bem como, precisa implantar um sistema de decantação para o lodo produzido durante o tratamento adaptado tanto no primeiro como no segundo compartimento e um ponto de descarte para tratamento complementar ambientalmente correto do lodo.

Assim como, necessita implantar uma nova adutora com respectivo registro de 300 milímetros ou outra espessura compatível a necessidade, interligando-a ao segundo compartimento da ETA inativa, denominada “Bolo de Noiva” ao recurso hídrico receptor, isto é, à foz do Ribeirão da Chácara que vai receber de modo gravitacional e planejado uma parcela da água reciclada não potável de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP, após tratamento adequado, com segurança, risco aceitável e adaptado à realidade local do SAAE Aparecida/SP.

Como também é preciso revitalizar a adutora de 150 milímetros, com respectivo registro que conecta o segundo compartimento da ETA desativada, denominada “Bolo de Noiva” com a caixa de entrada de água bruta do sistema de tratamento de água para fins potáveis do município de Aparecida/SP. Tal como, a tubulação de 100 milímetros de abastecimento de caminhões tanques de “ÁGUA NÃO POTÁVEL” que está nesse segundo compartimento. Por último, implantar um sistema de bombeamento adequado e eficiente.

Para efetivar a transferência integral e planejadamente de uma parcela da água reciclada não potável de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP, para ser reintroduzida e misturada com a água bruta na caixa de entrada do sistema de tratamento de água para fins potáveis e outra (Gottfried *et al.*, 2008; Filho, 2017, 2021; Xie *et al.*, 2024) para o abastecimento dos caminhões tanque de “ÁGUA NÃO POTÁVEL” (Hamilton *et al.*, 2018; APA, 2019; São Paulo, 2020; SAAE, 2019, 2024).

Para isso, sugere-se que o sistema de bombeamento de abastecimento dos caminhões tanque de “ÁGUA NÃO POTÁVEL”, (SAAE, 2024) que irá atender os usos múltiplos de água reciclada não potável urbana, segundo a Resolução

Conjunta SES/SIMA nº 01/2020 (São Paulo, 2020) precisa ser um tipo estático e flutuante para continuar reduzindo o fator de homogeneização dessa água, especialmente, se esse abastecimento acontecer simultaneamente ao procedimento de retrolavagem de filtros da ETA (Lustosa et al., 2017; SAAE, 2019, 2024).

Pelo exposto, o SAAE Aparecida/SP pode fazer o aproveitamento completo da infraestrutura física existente para executar uma produção responsável de água reciclada não potável de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP, sem excedente, com risco aceitável à saúde humana e ambiental (APA, 2019; WWAP, 2017, 2020; UN; Water, 2021; SAAE, 2019, 2024). Considerando a necessidade de um estudo de engenharia civil, hidráulica e ambiental e de um estudo de viabilidade técnica e econômica para revitalizar essa infraestrutura.

Como também deve ser considerada a implantação de novas instalações em alvenaria ou compacta de captação, tratamento, reservação e distribuição da água reciclada não potável de retrolavagem de filtros da ETA em Aparecida/SP, assim como, para o lodo que será gerado durante a operação da ETA desativada, denominada “Bolo de Noiva”. Também deve considerar a compatibilidade da infraestrutura existente com o volume gerado de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA em destaque.

Inclusive, associando-a com o tempo de equalização, eficiência das dosagens químicas e as transferências disponíveis à demanda do Ribeirão da Chácara, ETA e caminhões tanques de “ÁGUA NÃO POTÁVEL”. Tal como, deve considerar medidas estruturais e não estruturais para evitar possíveis riscos de contaminação cruzada das adutoras e dos sistemas de reservação de água potável em funcionamento e ao entorno à ETA desativada, denominada “Bolo de Noiva”, especialmente durante a revitalização, implantação de novas instalações e uso dessa infraestrutura.

Logo, antes do SAAE Aparecida/SP começar qualquer ação de revitalização da infraestrutura existente, implantação de novas instalações e uso da ETA inativa, denominada “Bolo de Noiva”, deve possuir um planejamento técnico estratégico orçamentário detalhado. Para melhor saber como aproveitá-la para água reciclada não potável de retrolavagem de filtros da ETA, visando fim ambiental do Ribeirão da Chácara, poupar recursos hídricos, aumentar a vazão hídrica da ETA e substituir a água potável distribuída em caminhões tanques de “ÁGUA NÃO POTÁVEL”.

Reconhecendo que nenhuma água de excelente qualidade é para ser usada em fins que não requer os padrões de potabilidade (ISO, 2018; Brasil, 2005, 2010,

2021; Santos; Lima, 2022). Isso estimulará a transição para a economia circular e a sustentabilidade na ETA, na cidade de Aparecida/SP e na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (SAAE, 2019, 2024; CEIVAP, 2015, 2021, 2022; Aparecida, 2024) Motivará o uso otimizado, racional e eficiente da água (WWAP, 2017; SABESP, 2020; WWAP, 2023; UNEP, 2023).

Por último, essa água não será mais despejada sem tratamento no Rio Paraíba do Sul, o que é feito até o presente momento (CONESAN, 2010, 2011; ANA, 2017; WWAP, 2017, 2023; IRdA, 2023). Sendo assim, o uso de água reciclada não potável proveniente de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA na cidade de Aparecida/SP é um instrumento multidisciplinar para lidar com a média vulnerabilidade referente à quantidade e a vulnerabilidade quanto à qualidade da água do município supracitado (São Paulo, 2021).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a necessidade de alcançar os objetivos da Agenda 2030, a reciclagem não potável de água residuária de retrolavagem de filtros de ETAs é um recurso adicional para enfrentar um dos maiores desafios na área de água e saneamento, que é melhorar a qualidade da água, enquanto se controla e combate a poluição hídrica, por meio do seu tratamento seguro, aliado ao desenvolvimento social, econômico e sustentável. Sendo assim, esse é o caminho a ser seguido pelo município de Aparecida/SP.

Particularmente, o SAAE Aparecida/SP, prestador exclusivo dos serviços de água, higiene e saneamento que deve assegurar os direitos humanos e comuns ao acesso à água, higiene e saneamento, uma vez que, suas interconexões ultrapassam as dimensões sociais, econômicas e ambientais. Abrangendo ações de prevenção, adaptação e redução de riscos para lidar com os desafios da insegurança hídrica, alimentar, energética, ecossistêmica, climática, enfim, que vem afetando as cidades. E, certamente tornar-se-ão mais frequentes e intensos devido à redução da disponibilidade hídrica das regiões hidrográficas brasileiras até 2040.

Ao fluxo anual de mais de 12 milhões de turistas que são atraídos às atividades sacras do Santuário Nacional, que aumenta a exploração ou exploração excessiva dos recursos hídricos, em particular do Paraíba do Sul, manancial superficial de captação exclusivo para abastecimento em Aparecida/SP. Maior demanda, intermitência, insuficiência e a escassez de abastecimento de água nas cidades. Mais poluição hídrica, na maioria, pelas diversas fontes de água residuária municipal não reciclada, como, a de retrolavagem de filtros de ETAs.

Aos fatores de “abundância hídrica”, ao aspecto “nojo” relacionado à palavra “reúso”, que transmite a ideia de algo contaminado, inseguro, uma ameaça à saúde humana e ambiental e os interesses difusos que ainda limitam à prática da reciclagem não potável de água residuária municipal, como a de retrolavagem de filtros da ETA. Por isso, a cidade supracitada deve investir na construção do conhecimento e capacidades dos atores envolvidos, na criação de um banco de dados com informações sobre a água residuária de retrolavagem de filtros da ETA.

Com o objetivo de compreender melhor os fatores externos e internos que impactam a produção de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA em

Aparecida/SP. Na formulação de dispositivos técnico legais participativos, transparente e municipal. E buscar cooperação, parceria, financiamento público e privado da indústria. Para transformar a ETA, ETE e/ou outras infra estruturas compatíveis com a realidade de Aparecida/SP, sustentáveis. E que não só, use a água reciclada não potável de retrolavagem de filtros da ETA.

De forma adequada, segura, com risco aceitável e adaptado à realidade local. Mas também, que inclua o aproveitamento de seus subprodutos, por exemplo, o biossólido, nitrogênio, fósforo, ureia, azoto, potássio, sais, biogás, etc., que podem ser usados como fertilizantes agrícolas, fonte de energia geotérmica, hidráulica e solar nos sistemas de água e saneamento. Nesse caso, deve considerar outras condicionantes como oportunidade de negócio, valoração econômica, lucratividade, emprego e renda.

Finalidade pretendida, atores envolvidos, geração de gases GEEs, odores, dimensionamento adequado, redução de destinação final em aterro sanitário, que está aproximadamente 36 quilômetros de distância, no município vizinho de Cachoeira Paulista/SP, área de preservação permanente - APP, condições geológicas, topológicas, hidrológicas de terreno, uso e ocupação do solo no entorno, etc. Logo, a tecnologia de tratamento complementar a ser implantada para o aproveitamento desses subprodutos deve ser avaliada individualmente.

Observando a complexidade para a destinação final ambientalmente correta de cada subproduto. Assim como, as condições socioambientais, socioeconômicas, políticas e de saúde pública ao utilizá-la no município de Aparecida/SP, já que o SAAE Aparecida/SP possui uma infraestrutura que pode ser aproveitada, com ressalvas, apenas, para implementar a reciclagem não potável de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA, de modo adequado, seguro, com risco aceitável e adaptado à realidade local.

Considerando a necessidade de implementar medidas estruturais e não estruturais, para minimizar as interferências externas e internas que impactam a produção de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA, os sistemas de tratamento, reservação e distribuição de água potável, como implantação de uma ETE próximo à foz do Ribeirão da Chácara, gradeamento ao entorno dos motores bombas da EEAB. Tratar a água residuária do lavador da DSM ou removê-lo para ampliar e automatizar a ETA do SAAE Aparecida/SP.

Por fim, implantar um plano de redução de perdas de água potável e não potável, bem como, um planejamento técnico estratégico orçamentário, para transformar a cultura local e organizacional do SAAE Aparecida/SP, a fim de executar a “reciclagem potável indireta, planejada, interna, centralizada e urbana” de água reciclada não potável de retrolavagem de filtros da ETA inserindo-a no Ribeirão da Chácara e ETA e a “reciclagem não potável, planejada, externa, descentralizada e urbana” ao abastecer os caminhões tanques de “ÁGUA NÃO POTÁVEL”.

Pelo exposto, para nortear a tomada de decisão do SAAE Aparecida/SP e outros prestadores de serviços de água, higiene e saneamento será elaborado um MANUAL TÉCNICO ORIENTATIVO PARA IMPLEMENTAR RECICLAGEM NÃO POTÁVEL DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE RETROLAVAGEM DE FILTROS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA composto por quatro etapas metodológicas essenciais para efetivar esse tipo de reciclagem com segurança, risco aceitável e adaptado à realidade local de cada ETA.

7 CONCLUSÕES

A princípio, o SAAE Aparecida/SP produz de 90 a 810 mil litros por dia de água residuária de procedimento de retrolavagem de filtros da ETA. Depois, apenas, quantifica 26 mil litros por dia de água potável que abastece os caminhões tanque oficiais. Por último, identifica que as “OS” “Demanda Caminhão Pipa” e “Demanda Pedido de Água” é para uso potável, assim como, as “OS” “Demanda Caminhão Bola” e “Demanda Rede de Esgoto Entupida” é para uso não potável em ambientes urbanos do município de Aparecida/SP.

Os parâmetros de DBO, turbidez, SST, coliformes termotolerantes, totais, *Giardia*, *Cryptosporidium*, óleo graxos totais, visíveis ou visuais, substâncias de solúveis em hexana, solventes, gasolina, óleos leves, substâncias explosivas ou inflamáveis e ferro dissolvido, presente na água residuária de retrolavagem de filtros da ETA, são os únicos com resultados não conformes à Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020. Lei Estadual nº. 997/1976. Decreto nº. 8.468/1976. Decisão de Diretoria CETESB nº 134/2022/P/C/E/I. E a CONAMA nº 430/2011.

O que requer tratamento adequado, seguro, com risco aceitável e adaptado à realidade local, antes de destiná-la ao Ribeiro da Chácara, injetá-la na ETA e usá-la para substituir o volume de água potável que abastece os caminhões tanque não potáveis. Assim como, requer o uso de múltiplas barreiras desde o tratamento até a aplicação da água reciclada não potável de retrolavagem de filtro da ETA em meio urbano de Aparecida/SP, com objetivo de prevenir e reduzir a exposição acima do risco aceitável à saúde humana e ao meio ambiente.

Para tal, o SAAE Aparecida/SP precisa revitalizar a infraestrutura existente, considerando a necessidade de estudos de engenharia civil, hidráulica e ambiental, viabilidade técnica e econômica, implantação de novas infraestruturas e sua compatibilidade com a produção de água residuária de retrolavagem de filtros da ETA, a fim de produzir a água reciclada não potável de retrolavagem de filtros da ETA e reciclá-la para o Ribeirão da Chácara, ETA e caminhões tanques de “ÁGUA NÃO POTÁVEL” e ainda, fazer o descarte ambientalmente correto do lodo produzido.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL - ANA/MIDR. **Impacto da mudança climática nos recursos hídricos do Brasil**. Sumário Executivo. Brasília, DF, Brasil: ANA, 2024. 19 p. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/31604c98-5bbe-4dc9-845d-998815607b33/attachments/Resumo_Executivo_26012024.pdf. Acesso em: 02 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL - ANA/MIDR. **Impacto da mudança climática nos recursos hídricos do Brasil**. Brasília, DF: ANA, 2024. 96 p. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/31604c98-5bbe-4dc9-845d-998815607b33/attachments/Mudancas_Climaticas_25012024.pdf. Acesso em: 02 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Informe Anual. Brasília, DF: 2023. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjunturainforme2023.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL - ANA/MIDR. **Aplicação no Brasil da ferramenta de suporte à tomada de decisão relacionada ao ODS 6 (SAP-ODS)**. Brasília, DF: ANA, 2023. 68 p. Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br/centrais-de-conteudos/publicacoes/ods6/AplicaoNoBrasilDaFerramentadeSuportetomadadedecisorelacionadaaoODS6_SAPODS4.pdf. Acesso em: 02 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores**. 2. ed. Brasília, DF, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/publicacoes/ods6/ods6.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Atlas Água segurança hídrica do abastecimento urbano: sistema isolado do município de Aparecida**. Brasília, DF: ANA, 2021. Disponível em: <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=9533a92615b84880b6a7263b6568708b>. Acesso em: 01 abr. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Atlas água segurança hídrica do abastecimento urbano: croqui do sistema isolado do município de Aparecida**. Brasília, DF: 2021. Disponível em: https://portal1.snirh.gov.br/arquivos/Croquis_SNIRH/3CC_3502507_Aparecida.pdf. Acesso em: 01 abr. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Atlas água segurança hídrica do abastecimento urbano**. Brasília, DF: ANA, 2021. Disponível em:

<https://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/acesso-tematico/snirh/snirh-1/acesso-tematico/usos-da-agua>. Acesso em: 18. nov. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**: relatório pleno. Brasília, DF, 2021. Disponível em:

<https://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>. Acesso em: 18 nov. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL - ANA/MIDR. **Monitor de secas**: cartilha do validador. Brasília, DF, 2020. 23 p. Disponível em:

[https://ana-monitor-secas-files.s3.sa-east-1.amazonaws.com/data/publicacoes/Cartilha_do_Validador_\(final_2020\).pdf](https://ana-monitor-secas-files.s3.sa-east-1.amazonaws.com/data/publicacoes/Cartilha_do_Validador_(final_2020).pdf). Acesso em: 02 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL - ANA/MIDR. **Monitor de secas**: cartilha do observador. Brasília, DF, 2020. 14 p. Disponível em:

[https://ana-monitor-secas-files.s3.sa-east-1.amazonaws.com/data/publicacoes/Cartilha_do_Observador_FINAL_\(2020\)_-_sangria_e_marcas_de_corte.pdf](https://ana-monitor-secas-files.s3.sa-east-1.amazonaws.com/data/publicacoes/Cartilha_do_Observador_FINAL_(2020)_-_sangria_e_marcas_de_corte.pdf). Acesso em: 02 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA.

Enquadramento dos corpos d'água em classes. Brasília, DF: ANA, 2020. 57 p. Disponível em:

https://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/encarte_enquadramento_conjuntura2019.pdf. Acesso em: 02 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **ODS 6 no Brasil**: visão da ANA sobre os indicadores. Brasília, DF: ANA, 2019. 94 p.

Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/centrais-de-conteudos/publicacoes/ods6>. Acesso em: 02 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Manual de usos consuntivos da água no Brasil**. Brasília, DF: ANA, 2019. Disponível em:

<https://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/acesso-tematico/snirh/snirh-1/acesso-tematico/usos-da-agua>. Acesso em: 18 nov. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Reúso de água agrícola e florestal**: unidade 1: aspectos gerais do reúso de água. Brasília, DF: ANA, 2019. 35 p. Disponível em:

http://dspace.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/84/10/Unidade_1.pdf. Acesso em: 01 abr. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Reúso de água agrícola e florestal**: unidade 2: gestão do reúso agrícola e florestal. 37 p. Disponível em: https://dspace.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/84/12/Unidade_2.pdf. Acesso em: 01 abr. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Aspectos técnicos do reúso agrícola e florestal**: unidade 3. Brasília, DF, 2023. 53 p. Disponível em: https://dspace.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2218/7/Unidade_3.pdf. Acesso em: 01 abr. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Programa de desenvolvimento do setor água**: interaguar elaboração de propostas do plano de ações para instituir uma política de reúso de efluente sanitário tratado no Brasil. Ministério das Cidades Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura - IICA. Acordo de Empréstimo nº 8074-BR – Banco Mundial. Produto V - Modelos de Financiamento (RP 02 A). Brasília, DF, 2018. Disponível em: produto 5_modelos_de_financiamento para reuso.pdf (mdr.gov.br). Acesso em: 01 abr. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Programa de desenvolvimento do Setor água**: interaguar elaboração de propostas do plano de ações para instituir uma política de reúso de efluente sanitário tratado no Brasil. Ministério das Cidades Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA. Acordo de Empréstimo nº 8074-BR – Banco Mundial. Produto VI - Elaboração de Proposta do Plano de Ações para Instituir uma Política de Reúso de Efluente Sanitário Tratado no Brasil. (RF). Brasília, DF, 2018. Disponível em: https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/interaguas/reuso/produto6_plano_de_acoes_e_politica_de_reuso.pdf. Acesso em: 01 abr. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Reúso de água agrícola e florestal**: unidade 4: reúso de água e potenciais perigosos e riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Brasília, DF, 46 p. Disponível em: https://capacitacao2.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2218/8/Unidade_4.pdf. Acesso em: 01 abr. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: relatório pleno. Brasília, DF, 2017. Disponível em: snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/relatorio-conjuntura-2017.pdf. Acesso em: 01 jan. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Programa de desenvolvimento do setor água**: interaguar elaboração de propostas do plano de ações para instituir uma política de reúso de efluente sanitário tratado no Brasil. Ministério das Cidades Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA. Acordo de Empréstimo nº 8074-BR – Banco Mundial. Produto III - Critérios de Qualidade de Água. (RP 01 B). Brasília, DF, 2017. Disponível em: Interagua — Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (ANA) (www.gov.br). Acesso em: 01 abr. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Programa de desenvolvimento do setor água**: interaguar elaboração de propostas do plano de ações para instituir uma política de reúso de efluente sanitário tratado no Brasil. Ministério das Cidades Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA. Acordo de Empréstimo nº 8074-BR – Banco Mundial. Produto IV - Avaliação do Potencial de Reúso. (RP 01 C). Brasília, DF, 2017. Disponível em: https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/interaguas/reuso/produto4_a_valiacao_do_potencial_de_reuso.pdf. Acesso em: 01 abr. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Atlas esgotos despoluição de bacias hidrográficas**: resumo executivo final. Brasília, DF: ANA, 2017. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/aceso-tematico/snirh/snirh-1/aceso-tematico/usos-da-agua>. Acesso em: 18 nov. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Programa de desenvolvimento do setor água**: interaguar elaboração de propostas do plano de ações para instituir uma política de reúso de efluente sanitário tratado no Brasil. Ministério das Cidades Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura - IICA. Acordo de Empréstimo nº 8074-BR – Banco Mundial. Produto I - Plano de Trabalho Ajustado (RP 00). Ano 2016. Disponível em: INTERÁGUAS (www.gov.br). Acesso em: 01 abr. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Programa de desenvolvimento do setor água**: interaguar elaboração de propostas do plano de ações para instituir uma política de reúso de efluente sanitário tratado no Brasil. Ministério das Cidades Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura - IICA. Acordo de Empréstimo nº 8074-BR – Banco Mundial. Produto II - Experiência de Reúso (RP 01 A). Brasília, DF, 2016. Disponível em: produto 2 experiências de reuso.pdf (mdr.gov.br). Acesso em: 01 abr. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL - ANA/MIDR. **Monitor de secas do Nordeste**: em busca de um novo paradigma para a gestão de secas. Brasília, DF, 2015. 124 p. (Água Brasil) Disponível em: https://ana-monitor-secas-files.s3.sa-east-1.amazonaws.com/data/publicacoes/Serie_Agua_10_-_Monitor_Secas_do_Nordeste.pdf. Acesso em: 02 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL - ANA/MIDR. **Monitor de secas**: glossário. Brasília, DF: ANA, 2015. 13 p. Disponível em: https://ana-monitor-secas-files.s3.sa-east-1.amazonaws.com/data/publicacoes/Glossario_v3.pdf. Acesso em: 02 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: regiões hidrográficas brasileiras ed. esp. Brasília, DF: ANA, 2015. 164 p. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/regioeshidrograficas2014.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. **Conjuntura recursos hídricos no Brasil dos informes 2014**: encarte especial sobre a crise hídrica. Brasília, DF: ANA, 2014. 31 p. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/porta/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/crisehidrica2014.pdf>. Acesso em 16. mar. 2024.

AGÊNCIA PORTUGUESA DE AMBIENTE – APA. **Guia para a reutilização de água de usos não potáveis**. [S. l.: s. n.], 2019. Versão 1.0. Disponível em: https://apambiente.pt/sites/default/files/_Agua/DRH/Licenciamento/ApR/APA_Guia_Reutilizacao_v1.pdf. Acesso em: 18 nov. 2023.

AGUIAR, S. M. A.; BUENO, M. M. L.; MONTENEGRO, F. H. M.; FURIGO, R. F. R.; MORETTI, S. R.; QUINTSLR, S. **Olhares sobre a realização dos direitos humanos à água e ao saneamento**: Observatório Nacional dos Direitos à Água e ao Saneamento – ONDAS. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2021. E-Book. Disponível em: <https://ondasbrasil.org/wp-content/uploads/2021/12/Olhares-sobre-a-relacao-dos-DH-e-book.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2024.

ALBUQUERQUE, C. **Manual prático para a realização dos direitos humanos à água e ao saneamento pela relatora especial da ONU, Catarina Albuquerque**: listas de verificação. [S. l.: s. n.], 2014. Disponível em: https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/Issues/Water/Handbook/Book8_Checklists_pt.pdf. Acesso em 19. mar. 2024.

ALBUQUERQUE, C. **Manual prático para a realização dos direitos humanos à água e ao saneamento pela relatora especial da ONU, Catarina Albuquerque**: princípios. [S. l.: s. n.], 2014. Disponível em: https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/Issues/Water/Handbook/Book7_Principles_pt.pdf. Acesso em: 19 mar. 2024.

ANGELAKIS, A. N.; ASANO, T.; BAHRI, A.; JIMENEZ, B. E.; TCHOBANOGLIOUS, G. **Water reuse**: From ancient to modern times and the future. *Frontiers Environmental Science*. volume 6, número 26, Ano 2018. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2018.00026/full>. Acesso em 18. fev. 2024.

APARECIDA. **História da cidade**. Aparecida, 2024. Disponível em: <https://www.aparecida.sp.gov.br/porta/servicos/1004/historia-da-cidade/>. Acesso em: 18. fev. 2024.

APARECIDA. **Lei nº 4.253, de 21 de fevereiro de 2020**. Lei que institui a Política Municipal de Saneamento Básico, efetuada com base nas normas, diretrizes e conceitos estabelecidos na Política Nacional ditada pela Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Aparecida, 2007. Disponível em: https://www.aparecida.sp.gov.br/porta/leis_decretos/1956/. Acesso em: 01 jun. 2023.

AQUAPOLO. **Relatório de sustentabilidade**. [S. l.: s. n.], 2022. Disponível em: http://www.aquapolo.com.br/media/upload/ckeditor/2023/12/08/aquapolo_rs2022_d4-04.pdf. Acesso em: 01 ago. 2023.

ARAÚJO, S. K.; ANTONELLI, R.; GAYDECZKA, B.; GRANATO, C. A.; MALPASS, P. R. G. Processos oxidativos avançados: uma revisão de fundamentos e aplicações no tratamento de água residual urbana e efluentes industriais. **Revista Ambiente & Água: An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v. 11, n. 2, p. 387-401, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1862>. Acesso em: 01. ago. 2023.

AZADI AGHDAM, M.; PARK, M.; PRIETRO, L. J. I.; ACHILLI, A.; SNYDER, A. S.; FARRELL, J. Pretreatment for water reuse using fluidized bed crystallization, **Journal of Water Process Engineering**, Annaba, v. 35, p. 1-7, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214714420301057>. Acesso em: 01. jan. 2024.

BAHIA. **Resolução CONERH nº 75 de 29 de julho de 2010**. Estabelece procedimentos para disciplinar a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e/ou florestal. Publicado no DOE - BA em 1 ago 2010. Salvador, 2010. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=121578>. Acesso em: 24 ago. 2023.

BARBOSA, A. H. Understanding the rapid increase in drought stress and its connections with climate desertification since the early 1990s over the Brazilian semi-arid region. **Journal of Arid Environments**, v. 222, n. 105142, p. 1-19, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140196324000223>. Acesso em: 20 mar. 2024.

BÍBLIA SAGRADA. **Almeida Revista e Corrigida**. Sociedade Bíblica do Brasil. Edições 1995 e 2009. Provérbios, Capítulo 2, Versículo 6. Disponível em: <https://bibliaonline.com.br>. Acesso em: 01 jan. 2024.

BOS, R.; ALVES, D.; LATORRE, C.; MACLEOD, N.; PAYEN, G.; ROAF, V.; ROUSE, M. **Manual sobre os direitos humanos à água potável e saneamento para profissionais**. [S. l.]: Iwa Publishing, 2017. Disponível em: https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2017/10/9781780408750.full_.pdf. Acesso em: 20 mar. 2024.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Secretaria de Proteção e Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. **Atlas digital de desastres no Brasil**. Brasília, DF: MIDR, 2023. Disponível em: <https://atlasdigital.mdr.gov.br/paginas/index.xhtml>. Acesso em: 20 fev. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005**. Publicada no DOU em 09 mar. 2006. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <https://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2018/02/Resolu%C3%A7%C3%A3o-n%C2%BA-54-de-28-de-Novembro-de-2005-CNRH.pdf>. Acesso em: 20. nov. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução nº 121, de 16 de dezembro de 2010**. Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH nº 54, de 28 de novembro de 2005.

Disponível em:

<https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%20121.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2023.

BRASIL. Presidência da República Casa Civil. Secretaria Especial para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF, 1997. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em: 24 ago. 2023.

BRASIL. **Lei nº. 9.984, de 17 de julho de 2000**. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (ANA), entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh) e responsável pela instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico. (Redação dada pela Lei nº 14.026, de 2020). Brasília, DF, 2000. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9984.htm#:~:text=LEI%20No%209.984%2C%20DE%2017%20DE%20JULHO%20DE%202000.&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20cria%C3%A7%C3%A3o%20da,H%C3%ADricos%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A2ncias. Acesso em: 24 ago. 2023.

BRASIL. **Lei nº. 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020). Brasília, DF, 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 24 ago. 2023.

BRASIL. Presidência da República Casa Civil. Secretaria Especial para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, 2010. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 24. ago. 2023.

BRASIL. Presidência da República Casa Civil. Secretaria Especial para Assuntos Jurídicos. **Lei nº. 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. Brasília, DF, 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: 24 ago. 2023.

BRASIL. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/GM/MS, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde, Gabinete do Ministro, Diário Oficial da União, publicado em 24 de maio de 2021, Edição 96, Seção 1, página 69. Brasília, DF, 2021. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-*-321540185. Acesso em: 24 abr. 2023.

BRASIL. Presidência da República Casa Civil. Secretaria Especial para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 14.546, de 04 de abril de 2023**. Altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 (Lei de Saneamento Básico), para estabelecer medidas de prevenção a desperdícios, de aproveitamento de água de chuva e de reúso não potável de água cinza. Brasília, DF, 2023. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=14546&ano=2023&ato=4e0UTSU10MZpWTf11>. Acesso em: 24 ago. 2023.

BRUNI, C. J. A água e a vida. **Tempo Social, Rev. Sociol. USP**, São Paulo, v. 5, n. 1-2, p. 53-65, 1993. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ts/a/Kjkwytlhvpf5BJsRyDTFDrb/?format=pdf>. Acesso em: 01 abr. 2023.

CALTRAN, I.; HEIJMAN, J. G. S.; DARBY, S. L. H.; RIETVELD, C. L. Impact of removal of natural organic matter from surface water by ion exchange: A case study of pilots in Belgium, United Kingdom and the Netherlands. **Separation and Purification Technology**, Oxford, v. 247, Ano 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383586620314489>. Acesso em: 01 jan. 2024.

CAMPINAS. Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento – SANASA. **Plano Campinas 2030**: estudo técnico. Campinas, 2023. Disponível em:

<https://www.sanasa.com.br/document/noticias/3542.pdf>. Acesso em 24. fev. 2024.

CEARÁ. **Resolução COEMA nº 2 de 02 de fevereiro de 2017**. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras, revoga as Portarias SEMACE nº 154, de 22 de julho de 2002 e nº 111, de 05 de abril de 2011, e altera a Portaria SEMACE nº 151, de 25 de novembro de 2002. Publicado no DOE - CE em 21 fevereiro de 2017. Fortaleza, 2017. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=337973>. Acesso em 24. ago. 2023.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS – CEMADEN. **Relatório de avaliação de temperaturas extremas combinadas com a seca no Brasil no ano de 2023**. Elaborado pela Dra. Ana Paula Cunha e por Dr. José Marengo. São José dos Campos, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/cemaden/pt-br/assuntos/noticias-cemaden/o-ano-de-2023-foi-marcado-por-temperaturas-e-secas-extremas-aponta-estudo-do-cemaden-1>. Acesso em 24. mar. 2024.

CID, D. A. C.; SOUZA FILHO, F. A.; ALVES, R. S.; PONTES FILHO, J. D. A.; SILVA, C. D.; MARTINS, R.P.S.E. Drought in play: agrouned socio-hydrological tool to increase social participation in drought plans, **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 638, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169424008400>. Acesso em: 24. mar. 2024.

CIDADE BRASIL. **Município de Aparecida, São Paulo, Brasil**. Aparecida, 2024. Disponível em: <https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-aparecida-sp.html>. Acesso em 17. ago. 2024.

COELHO, C. A. S.; OLIVEIRA, C. P.; AMBRIZZI, T.; REBOITA, S. M.; CARPENEDO, B. C.; CAMPOS, S. P. L. J.; TOMAZIELLO, N. C. A.; PAMPUCH, A. L.; CUSTÓDIO, S. M.; DUTRA, M. M. L.; ROCHA, P. R.; REHBEIN, A. The 2014 southeast Brazil austral summer drought: regional scale mechanisms and teleconnections. **Climate Dynamics**, Heidelberg, v. 46, n. 11-12, p 3737–3752, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2800-1>. Acesso em: 24 mar. 2024.

CHEN, T.; XU, Y.; LIU, Z.; ZHU, S.; SHI, W.; CUI, F. Evaluation of drinking water treatment combined filter backwash water recycling technology based on comet and micronucleus assay. **Journal of Environmental Sciences**, Amsterdam, v. 42, p. 61-70, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1001074215003009>. Acesso em: 30 jun. 2024.

COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO PARAÍBA DO SUL - CBH-os. **Relatório de situação dos recursos hídricos da UGRHI 2 2023 Ano Base 2022**. Porto Alegre, 2023. Disponível em: https://comiteps.sp.gov.br/wp-content/uploads/2024/01/Delib.-CBH-PS-012.2023-RELATORIO-DE-SITUACAO-CBHPS_2023_ANO-BASE_2022-somente-o-RS.2023.pdf. Acesso em: 17 ago. 2024.

COMITÊ DE INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL – CEIVAP. **Cadastros de usuários da Bacia do Paraíba do Sul**. Porto Alegre, 2022. Disponível em: <https://www.ceivap.org.br/downloads/usuarios-cadastrados-federal.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2023.

COMITÊ DE INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL – CEIVAP. **Resumo executivo do PIRH Paraíba do Sul**. Porto Alegre, 2021. Disponível em: http://18.229.168.129:8080/publicacoesArquivos/ceivap/arq_pubMidia_Processo_030-2018_PF02.pdf. Acesso em: 01 ago. 2023.

COMITÊ DE INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL – CEIVAP. **Plano Integrado de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul**. Porto Alegre, 2021. Disponível em: http://18.229.168.129:8080/publicacoesArquivos/ceivap/arq_pubMidia_Processo_030-2018-RF01.pdf. Acesso em: 01 ago. 2023.

COMITÊ DE INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL – CEIVAP. **Sistema Hidráulico Paraíba do Sul**. Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://www.ceivap.org.br/resolucao-ana.php>. Acesso em: 01 ago. 2023.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Relatório de qualidade de água interior no Estado de São Paulo de 2022**. São Paulo, 2023. (Relatórios). Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2023/09/Relatorio-de-Qualidade-das-Aguas-Interiores-no-Estado-de-Sao-Paulo-2022.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2024.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Relatório de qualidade de água interior no Estado de São Paulo de 2021**. São Paulo, 2022. (Relatórios), Disponível em : <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2022/11/RAI-2021-Relatorio-Qualidade-das-Aguas-Interiores-no-Estado-de-Sao-Paulo.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2024.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Referente ao Relatório à Diretoria Nº 009/2022/P/C/E/I, de 15/12/2022**. Decisão de Diretoria nº 134/2022/P/C/E/I, de 15 de dezembro de 2022. Dispõe sobre a aprovação dos Critérios e procedimentos para a prática segura de reúso indireto potável de água de reúso proveniente de estações de tratamento de esgotos sanitários. Publicado no Diário Oficial Estado de São Paulo - Caderno Executivo I (Poder Executivo, Seção I), edição nº 132 (252) do dia 20/12/2022 Página: 118 São Paulo, 2022. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2022/12/DD-134-2022-P-C-E-I-CRITERIOS-PROCEDIMENTOS-PARA-REUSO-INDIRETO-POTAVEL-DE-AGUA-DE-REUSO.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2024.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Apêndice H Mapa das redes de monitoramento por UGRHI 2.** Ponto PARB 02600. São Paulo, 2021. Disponível em:

<https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/12/2022/11/Apendice-H-Mapa-das-Redes-de-Monitoramento-por-UGRHI-2021.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2024.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB.

Fundamentos do controle de poluição das águas. São Paulo, 2018. Slides, Aula 07 Tratamento de Lodo, Exemplos 30.11.18. Disponível em:

https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/33/2018/12/Aula-07-Tratamento-de-Lodo_Exemplos-T3.pdf. Acesso em: 29 mar. 2024.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SABESP. **Relatório de sustentabilidade:** ano 2020. São Paulo, 2020. Disponível em:

http://www.aquapolo.com.br/media/upload/institucionais/relatoriosabesp/relatorio_sustentabilidade_2020-sabesp-1.pdf. Acesso em: 24 ago. 2023.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011.** Correlações: Complementa e altera a Resolução nº 357/2005. 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. Disponível em:

http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=627. Acesso em: 24 maio 2024.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução CONAMA 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. Disponível em:

https://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf. Acesso em: 24 ago. 2023.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS – CNM. **Defesa Civil e prevenção de desastres:** como seu município pode estar preparado. Brasília, DF, 2016.

Coletânea Gestão Pública Municipal: Gestão 2017-2020. Disponível em:

https://www.cnm.org.br/storage/biblioteca/Defesa_Civil_e_Prevencao_de_Desastres.pdf. Acesso em: 21 mar. 2024.

CONSELHO ESTADUAL DE SANEAMENTO – CONESAN. Secretaria de Meio Ambiente. Infraestrutura e Logística. **Plano Integrado de Saneamento Básico:**

UGRHI 2: Paraíba do Sul. Serviço de Abastecimento de Água, Esgotamento Sanitário, Drenagem Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos. 2010. Brasília, DF, 2010. Disponível em:

<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/conesan/planos-de-saneamento-basico/>. Acesso em: 01 ago. 2023.

CONSELHO ESTADUAL DE SANEAMENTO – CONESAN. Secretaria de Meio Ambiente. Infraestrutura e Logística. **Plano Integrado de Saneamento Básico.**

Abastecimento de Água, Esgotamento Sanitário, Drenagem Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/conesan/planos-de-saneamento-basico/>. Acesso em: 01 ago. 2023.

CORDELL, D.; WHITE, S. Life's bottleneck: sustaining the world's phosphorus for a food secure future. Australia: Institute for Sustainable Futures, University of Technology Sydney, NSW 2007. **Annual Review of Environment and Resources**, Palo Alto, v. 39, p. 161–88, 2014. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-environ-010213-113300>. Acesso em: 01 ago. 2023.

CUARTAS, A.L.; FUJITA, T.; CAMPOS, A.J.; UVO, B.C.; NIKRAVESH, G.; OLSSON, J.; SORENSEN, J.; MARENGO, A.J.; AMORE, D.; BROEDEL, E.; PEIXOTO, J. Hydro Meteorological drought analysis through Two-variate Standardized Index for the Paraná River Basin, Brazil. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, Amsterdam, v. 54, Ano 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214581824002350>. Acesso em: 01 jan. 2024.

DISTRITO FEDERAL. **Resolução nº 005, de 09 de maio de 2022**. Estabelece diretrizes para o aproveitamento ou reúso de água não potável em edificações no Distrito Federal. Publicado no DODF nº 86, de 10 de maio de 2022. Brasília, DF, 2022. Disponível em : https://www.adasa.df.gov.br/images/storage/legislacao/Res_ADASA/2022/Resolucao_05_09052022.pdf. Acesso em: 24 ago. 2023.

DOMINGUES, M. L.; ROCHA, R. H. Serial droughts and loss of hydrologic resilience in a subtropical basin: The case of water inflow into the Cantareira reservoir system in Brazil during 2013–2021. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, Amsterdam, v. 44, Ano 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214581822002488>. Acesso em 20 mar. 2024.

DUBEY, M.; WADHWA, S.; KUMAR, R. Synthesis of hematite/alginate beads nanocomposite and its application in organic dye removal. **Materials Today: Proceedings**, Amsterdam, v. 28, part 1, p. 70-73, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320303849>. Acesso em: 01. jun. 2023.

ECHEVARRIA, C.; VALDERRAMA, C.; CORTINA, L. J.; MARTIN, I.; ARNALDOS, M.; BERNAT, X.; DE LA CAL, A.; BOLEDA, R. M.; VEGA, A.; TEULER, A.; CASTELLVI, E. Hybrid sorption and pressure-driven membrane technologies for organic micropollutants removal in advanced water reclamation: A techno-economic assessment. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 273, Ano 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965262033153X>. Acesso em: 01 jan. 2024.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY's – EPA's. **Filter Backwash Recycling Rule Technical Guidance Manual**. Office of Ground Water and Drinking Water (4606M). EPA 816-R-02-014, December 2002. Disponível em: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockey=200025V5.txt>. Acesso em: 01 ago. 2024.

EUROPEAN COMMISSION – EU. **Regulation (EU) 2020/741 of the European Parliament and of the Council, On minimum requirements for water reuse, of 25 May 2020, L 177/32**. EN, Official Journal of the European Union, [S. l.], 2020. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0741&from=EN>. Acesso em: 01 ago. 2023.

EUROPEAN COMMISSION – EU. **Fossil CO₂ and GHG emissions of all world countries**. 2019 report, EUR 29849 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, [S. l.], 2019. Disponível em: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/687800>. Acesso em: 01 ago. 2023.

FARIAS, M. A. J.; PINTO, A. J. E. **Atlas pluviométrico do Brasil**: equações intensidade duração-frequência (Desagregação de Precipitações Diárias); Município: Aparecida/SP; Estação Pluviométrica: Bonfim, Código 02245053. Fortaleza: CPRM, 2018. 13 p. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Disponível em: https://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/23579/1/sp-aparecida_relatorio%20IDF_2018.pdf. Acesso em: 11 dez. 2024.

FILHO, F. S. S. **Tratamento de água**: concepção, projeto e operação de estações de tratamento. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. Disponível em: https://www.sidneyseckler.com/_files/ugd/1ecddd_6fd0d43d7b5344109d89f9086e005cae.pdf. Acesso em: 11. abr. 2024.

FILHO, F. S. S. **Princípios, fundamentos e processos em engenharia ambiental**. Santana de Parnaíba: SGuerra Design, 2021. Disponível em: https://www.sidneyseckler.com/_files/ugd/1ecddd_d691c312c27f488798d8efde68db33d5.pdf?index=true. Acesso em: 11 abr. 2024.

FLÖRKE, M.; SCHNEIDER, C.; MCDONALD, R. I. Water competition between cities and agriculture driven by climate change and urban growth. **Nature Sustainability**, [s. l.], v. 1, p. 51–58, 2018. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41893-017-0006-8>. Acesso em: 01 jun. 2023.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Sustainable food and agriculture**. Rome, 2023. Disponível em: <https://www.fao.org/sustainability/en/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO - FAPESP. **Aguapé, a planta mais invasora do mundo**. Pesquisa FAPESP. Biodiversidade. Ecologia. Edição 332. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/aguape-a-planta-mais-invasora-do-mundo/>. Acesso em: 10. nov. 2024.

FREITAS, A. G.; BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D.; PÁDUA, V. L.; PIMENTA, J. F. P.; ANDRADE, R. C. Recirculação de água de lavagem de filtros e perigos associados a protozoários. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 37 a 46, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/GBwskr8K8fLMcjNpcGzMcDc/>. Acesso em: 10 abr. 2024.

FROTA, B. C. A.; PIMENTA, A. I.; BARBOSA, C. M. R. H; SILVA, G. G.; REZENDE, A. S. C. Águas de retrolavagem dos filtros de ETAs: uma revisão sobre possíveis riscos associados à recirculação da água. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, [s. l.], v. 13, n. 3, , p. 192- 204, 2021. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/download/18529/209209215375>. Acesso em: 10 abr. 2024.

GILIOTI, L. C. L; LEITE, A. M. **Caracterização da água de lavanderia hospitalar para infiltração no solo**. [S. l.]: Book, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/356108310_CHARACTERIZACAO_DA_AGUA_DE_LAVANDERIA_HOSPITALAR_PARA_INFILTRACAO_NO_SOLO. Acesso em: 10 abr. 2024.

GOTTFRIED, A.; SHEPARD, D. A.; HARDIMAN, K.; WALSH, E.M. Impact of recycling filter backwash water on organic removal in coagulation–sedimentation processes. **Water Research**, Oxford, v. 42, p. 4683-4691, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135408003291>. Acesso em: 01 jun. 2024.

GURUNG, A.; DAHL, O.; JANSSON, K. The fundamental phenomena of nanobubbles and their behavior in wastewater treatment Technologies. **Geosystem Engineering**, Abingdon, v. 19, n. 3, p.133-142, 2016. Disponível em: DOI: 10.1080/12269328.2016.1153987. Acesso em: 10. jan. 2024.

GRUPO DE TRABALHO DA SOCIEDADE CIVIL PARA A AGENDA 2030 - GTSC A2030. **VII Relatório Luz da Sociedade Civil Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável Brasil**. [S. l.], 2023. Disponível em: https://brasilnaagenda2030.files.wordpress.com/2023/10/rl_2023_webcompleto-v9.pdf. Acesso em: 10. jan. 2024.

HAMILTON, A. K.; HAMILTON, T. M.; JOHNSON, W.; JJEMBA, P.; BUKHARI, Z.; LECHEVALIER, M.; HAAS, N. C. Health risks from exposure to Legionella in reclaimed water aerosols: toilet flushing, spray irrigation, and cooling towers, **Water Research**, Oxford, v. 134, 2018, p. 261-279, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135417310175>. Acesso em: 01 jun. 2024.

HESPAANHOL, I. Water Quality and Surrogate Variables. Critical review of the Brazilian legislation for drinking water quality standards (2914/2011), based on the Safety Water concept and a proposal for the implementation of the subrogated water quality parameters for drinking water quality monitoring. **Revista DAE**, [s. l.], v. 67n.

217, p. 17-33, 2019. Disponível em:
<https://www.researchgate.net/publication/332695147>. Acesso em: 01 ago. 2023.

INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO – IAS. **Esgotamento sanitário**. São Paulo, 2024. Disponível em:
<https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/sp/sao-paulo>.
 Acesso em: 18 mar. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Território**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em:
<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/aparecida/panorama>. Acesso em: 18 fev. 2024.
 INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **População**: Censo 2022. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em:
<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/aparecida/panorama>. Acesso em: 18 fev. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (2017) **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**: Ano 2017. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/30/84366>. Acesso em: 18 fev. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**: Ano 2017. IBGE, Diretoria de Pesquisas, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - Abastecimento de água e Esgotamento sanitário 2017. IBGE | Cidades@ | Brasil | Pesquisa | Pesquisa Nacional de Saneamento Básico | Área do setor de saneamento | 2017. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/aparecida/pesquisa/30/84366>. Acesso em: 18 fev. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**: Ano 2017. IBGE, Diretoria de Pesquisas, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - Abastecimento de água e Esgotamento sanitário 2017. IBGE | Cidades@ | São Paulo | Pesquisa | Pesquisa Nacional de Saneamento Básico | Área do setor de saneamento. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/aparecida/pesquisa/30/84366>. Acesso em: 18 fev. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**: Ano 2017. IBGE, Diretoria de Pesquisas, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - Abastecimento de água e Esgotamento sanitário 2017. IBGE | Cidades@ | São Paulo | Aparecida | Pesquisa | Pesquisa Nacional de Saneamento Básico | Área do setor de saneamento. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em:
<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/aparecida/pesquisa/30/84366>. Acesso em: 18 fev. 2024.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **Water**: Energy Nexus, Paris, 2017. 61 p. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/water-energy-nexus>. Acesso em: 01 ago. 2023.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. **ISO 20670**: 2018 (en) Water reuse, vocabulary. Disponível em: ISO 20670:2018(en), Water reuse — Vocabulary. Acesso em: 10. jan. 2024.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Global Warming of 1.5 °C. Special Report**. Cambridge: Cambridge University Press, 2018. 616 p. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/sr15/>. Acesso em: 01 ago. 2023.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2022**: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. p. 551–712, Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/chapter/chapter-4/>. Acesso em: 01 jun. 2023.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Climate Change 2023**: Synthesis Report. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, 2023. 184 p. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>. Acesso em: 01 dez. 2023.

INSTITUTO REÚSO DE ÁGUA – IrdA. **Produção de dados**. [S. l.], 2024. Disponível em: Produção de dados – Instituto Reúso de Água (reusodeagua.org). Acesso em: 19 nov. 2023.

INSTITUTO REÚSO DE ÁGUA - IRdA. **Quadro regulatório**. Disponível em: Quadro regulatório - Instituto Reúso de Água (reusodeagua.org). Acesso em: 19 nov. 2023.

JONES, E. R.; VAN VLIET, M. T. H.; QADIR, M.; BIERKENS, M. F. P. Country-level and gridded estimates of wastewater production, collection, treatment and reuse. **Earth Syst. Sci. Data**, [s. l.], v. 13, p. 237–254, 2021. Disponível em: <https://essd.copernicus.org/articles/13/237/2021/>. Acesso em: 1 nov. 2023.

JORDAN. **The Ministry of Water and Irrigation, National Water Strategy 2016 - 2025**. [S. l.: s. n.], 2016. Disponível em: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/jor156264E.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2024.

JORDAN. **The Ministry of Water and Irrigation, National Water Strategy 2023 - 2040**. Summary. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: https://www.mwi.gov.jo/EBV4.0/Root_Storage/AR/EB_Ticker/National_Water_Strategy_2023-2040_Summary-English_-ver2.pdf. Acesso em: 11 jan. 2024.

KHAN, S. J.; ANDERSON, R. Potable reuse: Experiences in Australia, **Current Opinion in Environmental Science & Health**, Amsterdam, v. 2, p. 55-60, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468584417300223>. Acesso em: 01 nov. 2023.

KONG, X.; JIANG, J.; MA, J.; YANG, Y.; LIU, W.; LIU, Y. Degradation of atrazine by UV/chlorine: Efficiency, influencing factors, and products. **Water Research**, Oxford,

v. 90, p.15- 23, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2015.11.068>. Acesso em: 10. jan. 2024.

LUCCHESI, I.; FISBERG, M. R.; SALES, H. C. A qualidade da dieta está associada com a ingestão de água em residentes de São Paulo, Brasil. **Ciência e Saúde Coletiva**, São Paulo, v. 26, suppl 2, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/csc/2021.v26suppl2/3875-3883/>. Acesso em: 24 fev. 2024.

LUSTOSA, B. J.; BRACARENSE, C.D.; CASTRO, S.M.F.; QUEIROZ, B.C.S.; SILVA, G.G. Tratamento e aproveitamento de água de lavagem de filtro em estação de tratamento de água. **Revista DAE**, [s. l.], v. 206, n. 1761, p. 44-61, 2017. Disponível em: http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_206_n_1671.pdf. Acesso em: 17. maio 2024.

MAGALHÃES, C. S. D; FERRAZ, B. A. R.; NICOLETI, U. Y. V.; TAGLIAFERRO, R. A. K.; MEDEIROS, C. A. M. Aplicação de hipoclorito de sódio para tratamento de água contaminada: avaliação de eficiência de remoção de matéria orgânica e de vírus e bactérias. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNICAMP, 2021, Campinas. **Anais** [...] Campinas: Unicamp, 2021. P. 1-5. Disponível em: <https://prp.unicamp.br/inscricao-congresso/resumos/2021P18356A36012O105.pdf>. Acesso em: 17 maio 2024.

MAIMON, A.; GROSS, A. Greywater: limitations and perspective. **Current Opinion in Environmental Science & Health**, Amsterdam, v. 2, p.1-6, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S246858441730020X>. Acesso em: 02 abr. 2024.

MANCUSO, S. C. P; MIERZWA, C. J.; HESPANHOL, A.; HESPANHOL, I. **Reúso de água potável**: como estratégia para a escassez. Santana de Parnaíba: Manole, 2021. 330 p.

MARQUES, V. P. F. R.; SANTOS, S. C.; RITA, S. F.; BARBOSA, A. R; OLIVEIRA, S. A.; ALVES, S. G. **Alterações antrópicas & meio ambiente**. Campina Grande: EPTEC, 2023. 299 p. Disponível em: <https://www.bing.com/ck/a?!&p=aa975550700f5da39059b4410f9584896a0c02e10cf2d8d898738399d2fc4479JmltdHM9MTczNDMwNzlwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=2a5ba5d7-86ff-6f55-2e72-b08287296eec&psq=MARQUE+AL+EL%2c+CARACTER%3%8dSTICAS+CLIM%3%81TICAS+E+AN%3%81LISE+DE+TEND%3%8aNCIA+PLUVIOM%3%89TRICA+NA+BACIA+DO+RIO+PARA%3%8dBA+DO+SUL&u=a1aHR0cHM6Ly9tZWlvYW1iaWVudGVwb2Nvcy5jb20uYnIvRUJPT0syMDIzL0FsdGVyYcOnw7VlcyUyMEFudHLDs3BpY2FzJTlwJiUyME1laW8IMjBBbWJpZW50ZS5wZGY&ntb=1>. Acesso em: 02 nov. 2024.

MATO GROSSO DO SUL. **Resolução CERH/MS nº 72, de 15 de agosto de 2022**. Estabelece diretrizes, modalidades e procedimentos para o reúso direto de água não potável, proveniente de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE) de sistemas públicos e privados e dá outras providências. Diário Oficial Eletrônico n. 10.917 17 de agosto de 2022 Página 101. Campo Grande, 2022. Disponível em:

<https://www.imasul.ms.gov.br/resolucoes-conselho-estadual-de-recursos-hidricos/>. Acesso em: 24 fev. 2024.

MELO, M. C.; SANTOS, A. S. P.; SANTOS, N. A. P.; ARAÚJO, B. M.; OLIVEIRA, J. R. S.; CAMPOS, A. R. Evaluation of potential use of domestic treated effluents or irrigation in areas subject to conflicts over water use in Paracatu River Basin. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 21, p. 52-63, 2020.

METROPOLITAN COUNCIL. **Wastewater reuse, glossary, Minneapolis, US**. [S. l.], 2023. Disponível em: Wastewater - Metropolitan Council (metro council.org). Acesso em: 1 nov. 2023.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa CERH-MG nº 65, de 18 de junho de 2020**. Estabelece diretrizes, modalidades e procedimentos para o reúso direto de água não potável, proveniente de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE) de sistemas públicos e privados e dá outras providências. 10, sábado, 20 de Junho de 2020 Diário do Executivo Minas Gerais - Caderno 1. Belo Horizonte, 2020. Disponível em: http://jornal.iof.mg.gov.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/235649/caderno1_2020-06-20%2010.pdf. Acesso em: 24 fev. 2024.

MINISTÉRIO DAS CIDADES – MCID. **Painel de Informações sobre saneamento**: o painel de acompanhamento é uma forma interativa de apresentar os principais dados sobre a coleta. Equipe Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico - SINISA, Ano 2024. Acompanhamento. Brasília, DF, 2024. Disponível em: <https://app-acompanhamento.cidades.gov.br/web/#>. Acesso em: 24 fev. 2024.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL - MDR E SECRETARIA NACIONAL DE SEGURANÇA HÍDRICA – SNSH. Plano Nacional de Recursos Hídricos 2022-2040. **Plano de ação**: estratégia para a implementação do PNRH 2022-2040. Volume II do PNRH 2022-2040. Brasília, DF, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/plano-nacional-de-recursos-hidricos-1/pnrh_2022_para_baixar_e_imprimir.pdf. Acesso em: 24 fev. 2024.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL - MDR E SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO – SNS. Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional. **Panorama do saneamento básico no Brasil 2021**. Brasília, DF, 2021. 223 p. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/PANORAMA_DO_SANEAMENTO_BASICNO_BRASIL_SNIS_2021compactado.pdf. Acesso em: 24 fev. 2024.

MOURA, P. G.; ARANHA, F. N.; HANDAM, N. B.; MARTIN, L.E.; SALLES, M. J.; CARVAJAL, E.; JARDIM, R.; MARTINS, A. S. Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil. **Eng. Sanit. Ambiental**, [s. l.], v. 25. n.6. 791-808, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-4152202020180201>. Acesso em: 24 fev. 2024.

MOREIRA, F. V. A. Reutilização de água residual como garantia dos direitos à água, ao meio ambiente equilibrado, à vida e à saúde. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v. 12, n. 1, p.170-190, 2014. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/estgeo/article/view/8687>. Acesso em: 29 abr. 2024.

MORSELLI, L. B. G. A.; CARMO, L. A. G.; QUADRO, M. S.; ANDREAZZA, R. Lodo de estação de tratamento de água: possibilidade de aplicação no solo. **Scientia Plena**, Itabaiana, v.18, n. 5, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2022.051701>. Acesso em: 24 fev. 2024.

MUISA, N.; NHAPI, I.; RUZIWA, W.; MANYUCHI, M. M. Utilization of alum sludge as adsorbent for phosphorus removal in municipal wastewater: areview. **Journal of Water Process Engineering**, Annaba, v. 35, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214714420300660?via%3Dihub>. Acesso em 05. abr. 2024.

MUKHERJEE, M.; JENSEN, O. Making water reuse safe: a comparative analysis of the development of regulation and technology uptake in the US and Australia. **Safety Science**, v. 121, 2020, p. 5-14. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753519304199>. Acesso em: 24 fev. 2024.

NASCIMENTO, F. J.; RAMOS, R. H.; CÔRTEZ, L. P.; NASCIMENTO, B. P. A. Avaliação do potencial de reúso de água no abastecimento da região metropolitana de São Paulo. **Scientific Journal ANAP**, [s. l.], v. 1, n. 1, 2023. Disponível em: <https://saneamentobasico.com.br/wp-content/uploads/2023/03/18-1341-artigo-JOSEFREITASDONASCIMENTO.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2024.

NEVES, O. A.; VILANOVA, N. R. M. Caracterização da seca histórica da década de 2010 na Bacia do Rio Paraíba do Sul, Estado de São Paulo, Brasil. **Engenharia Sanitária: Ambiente, Espírito Santo do Pinhal**, v. 26, n. 2, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220190023>. Acesso em: 02 dez. 2024.

OLIVEIRA, C. R.de. Regulação do saneamento básico: do poder normativo à norma de referência: **Revista Digital de Direito Administrativo**, Ribeirão Preto, v. 9, n. 2, p. 82-98, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2319-0558.v9i2p82-98>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdda/article/download/192915/184504/567933>. Acesso em: 24 ago. 2023.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT - OECD **Blended finance**. Paris, 2023. Disponível em: <https://www.oecd.org/development/financing-sustainable-development/blended-financeprinciples/#:~:text=Blended%20finance%20is%20the%20strategic,providing%20financial%20returns%20to%20investors>. Acesso em: 1 nov. 2023.

PARANÁ. **Resolução CERH nº 122 de 19 junho de 2023**. Estabelece diretrizes e critérios gerais para reúso de água no Estado do Paraná. Publicado no DOE - PR em: 28 junho de 2023. Curitiba, 2023. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=449325>. Acesso em: 1 jan. 2024.

QADIR, M.; DRECHSEL, P.; JIMÉNEZ, B.; KIM, Y.; PRAMANIK, A.; MEHTA, P.; OLANIYAN, O. Global and regional potential of wastewater as a water, nutrient and energy source. **Natural Resources Forum**, [s. l.], v. 44, p. 40–51, 2020. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/338844921_Global_and_regional_potential_of_wastewater_as_a_water_nutrient_and_energy_source. Acesso em: 1 jan. 2024.

QIAN, Y.; HU, Y.; CHEN, Y.; AN, D.; WESTERHOFF, P.; HANIGAN, D.; CHU, W. Haloacetonitriles and haloacetamides precursors in filter backwash and sedimentation sludge water during drinking water treatment. **Water Research**, Oxford, v. 186, 2020. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135420308824>. Acesso em: 01 jun. 2024.

QIAN, Y.; CHEN, Y.; DU, Y.; HANIGAN, D.; WESTERHOFF, P.; AN, D. Formation and control of C- and N-DBPs during disinfection of filter backwash and sedimentation sludge water in drinking water treatment. **Water Research**, Oxford, v. 194, 2021.

Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004313542100162>. Acesso em: 01 jun. 2024.

QIAN, Y.; SHI, Y.; GUO, J.; CHEN, Y.; HANIGAN, D.; AN, D. Molecular characterization of disinfection byproduct precursors in filter backwash water from 10 drinking water treatment plants, **Science of The Total Environment**, Amsterdam, v. 856, Part 1, 2023. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722061265>. Acesso em: 01 jun. 2024.

RADCLIFFE, J. C. Current status of recycled water for agricultural irrigation in Australia, potential opportunities and areas of emerging concern. **Science of The Total Environment**, Amsterdam, v. 807, n. 151676, part 2, 2022., Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721067528>. Acesso em: 1 nov. 2023.

RADCLIFFE, J. C. Water recycling in Australia: during and after the drought.

Environmental Science: Water Research & Technology, Cambridge, v. 1, n. 5, p. 537-724, 2015. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/275365035_Water_recycling_in_Australia_-_during_and_after_the_drought. Acesso em: 1 nov. 2023.

RASCHID-SALLY, L.; JAYAKODY, P. **Drivers and characteristics of wastewater agriculture in developing countries**: results from a global assessment. Colombo: International Water Management Institute, 2008. Disponível em:

<https://doi.org/10.3910/2009.127>. Acesso em: 1 nov. 2023.

REPUBLIC OF SOUTH AFRICA. **Water reclamation and reuse guide for south african municipal engineer**. [S. l.]: Water Research Commission - WRC, 2022.

Disponível em:

<https://www.imesa.org.za/wp-content/uploads/wrr-guide-web-2022.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. **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. Publicado no DOE - RS em 21 fevereiro de 2020. Porto Alegre, 2020. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=390050>. Acesso em: 14 jan. 2024.

RODRIGUES, R.R.; WOOLLINGS, T. Impact of atmospheric blocking on South America in Austral Summer. **American Meteorological Society**, [s. l.], v. 30, p.1821-1837, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0493.1>. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/30/5/jcli-d-16-0493.1.xml>. Acesso em: 18 mar. 2024.

SABIA, G.; MATTIOLI, D.; LANGONE, M.; PETTA, L. Methodology for a preliminary assessment of water use sustainability in industries at sub-basin level. **Journal of Environmental Management**, Boston, v. 343, p. 1-8, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479723009519>. Acesso em: 04 abr. 2024.

SANTANA, A. R. G.; SANTOS, B. E.; SILVA, J. A. G. M. Caracterização espaço temporal das secas na Bacia do Rio Paraíba do Sul. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 4, p. 364-375, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.11137/2020_4_364_375. Acesso em: 02 nov. 2024.

SANTANA, A. R. G.; OLIVEIRA, S. P. V.; JUNIOR, L. J.; SILVA, J. A. G. M.; SANTOS, B. E. Precipitação e eventos extremos na Bacia do Rio Paraíba do Sul: uma revisão teórica. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, Campos dos Goytacazes, v. 15, n. 1, p. 52-69, 2021. Disponível em: <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/boletim/article/view/15962/14083>. Acesso em: 02 dez. 2024.

SANTOS, S. A. J.; WANDERLEY, S. H.; AMORIM, C. F. R.; DELGADO, C. R.; FERNANDES, C. R. The longest multiannual drought in Northeastern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, Oxford, v. 143, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0895981124001986>. Acesso em: 20 mar. 2024.

SANTOS, A. S. P.; LIMA, M. A. M. Nota Técnica 2: aspectos legais relacionados ao reúso de água como diretriz de institucionalização da prática no Brasil. **Cadernos Técnicos Eng Sanit Ambiental**, [s. l.]: v. 2, n. 3, p. 15-27, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5327/276455760203002>. Acesso em: 01 jun. 2023.

SÃO PAULO. **Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH nº 01, de 28 de junho de 2017.** Disciplina o reúso direto não potável de água, para fins urbanos, proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário e dá providências correlatas. Publicada no DOE de 29//06/2017 - Seção I pág 41/42. São Paulo, 2017. Disponível em: <https://saneamentobasico.com.br/wp-content/uploads/2017/07/resolucao-conjunta-se-s-sma-ssrh.pdf>. Acesso em: 24. ago. 2023.

SÃO PAULO. **Resolução SS nº 177, de 30 de novembro de 2021.** Saúde, Gabinete do Secretário, Diário Oficial, Poder Executivo, Seção 1, nº 28 - DOE – 09/02/22 - p.35. São Paulo, 2022. Disponível em: https://cvs.saude.sp.gov.br/zip/E_RS-SS-177-Rep_301121.pdf. Acesso em: 24. abr. 2024.

SÃO PAULO. **Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01, de 13 de fevereiro de 2020.** Disciplina o reúso direto não potável de água, para fins urbanos, proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário e dá providências correlatas. Publicada no DOE de 14/02/2020 - Seção I pág 47/48. São Paulo, 2020. Disponível em: [Resol-cjta-SES-SIMA-01-2020_Processo-ssrh-90-2016_reuso-de-agua-nao-potavel_fins_urbano_ETE.pdf](https://mpsp.mp.br/resol-cjta-SES-SIMA-01-2020_Processo-ssrh-90-2016_reuso-de-agua-nao-potavel_fins_urbano_ETE.pdf) (mpsp.mp.br). Acesso em: 24 ago. 2023.

SÃO PAULO. Governo do Estado de São Paulo. Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO) e Comitê das Bacias Hidrográficas do Rio Paraíba do Sul (CBH-PS). **Nome do empreendimento:** revisão e atualização do plano de bacia hidrográfica da UGRHI 02: Paraíba do Sul (2020-2023). Código de Empreendimento 2019-PS-414 número contrato FEHIDRO 030/2020 Produto 5 Síntese, Código REGEA 2048-R5-21. São Paulo, 2021 Revisão 1. Disponível em: https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/CBH-PS/23129/ugrhi_02_pbh_sintese.pdf. Acesso em: 24. abr. 2024.

SÃO PAULO. Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. Coordenadoria de Recursos Hídricos. **Guia do sistema integrado de gerenciamento de recursos hídricos - SIGRH, Governo do Estado de São Paulo.** 4 ed. São Paulo, 2021. Disponível em: [https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/ckfinder/files/GUIA%20ONLINE\(1\).pdf](https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/ckfinder/files/GUIA%20ONLINE(1).pdf). Acesso em: 29. mar. 2024.

SÃO PAULO. **Lei nº 997, de 31 de maio de 1976.** Dispõe sobre o Controle da Poluição do Meio Ambiente. São Paulo, 1976. Disponível em: [Documento1](https://cetesb.sp.gov.br/documento1) (cetesb.sp.gov.br). Acesso em: 24 nov. 2023.

SÃO PAULO. Governo do Estado. Secretaria do Meio Ambiente. **Cadernos de Educação Ambiental Recursos Hídricos.** 2. reimp., São Paulo, 2014. Disponível em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/cea/2014/11/14-recursos-hidricos1.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2023.

SÃO PAULO. **Decreto nº 8.468, de 08 de setembro de 1976.** (Atualizado com redação dada pelo Decreto 54.487, de 26/06/09, que passa a vigorar em 180 dias após sua publicação em 27/06/09) Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. São Paulo, 1976. Disponível em: (Microsoft Word - DECRETO N 8468-76 _Com altera\347oes at\351 Decreto 55091, de 30\205) (cetesb.sp.gov.br). Acesso em: 08 dez. 2023.

SATHISHKUMAR, P.; MANGALARAJA, R. V.; ANANDAN, S. Review on the recent improvements in sonochemical and combined sonochemical oxidation processes - A powerful tool for destruction of environmental contaminants. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Oxford, v. 55, p. 426-454, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.139>. Acesso em: 12 fev. 2024.

SIMÕES, T. F.; BRAVO, F.; HERNANDEZ, G. J.; PASCUAL, A. Assessment of drought effects on survival and growth dynamics in eucalypt commercial forestry using remote sensing photogrammetry. A showcase in Mato Grosso, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 505, n. 119930, 2022, n. 119930. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112721010215>. Acesso em: 20 mar. 2024.

SILVA, S. S.; BROWN, F.; SAMPAIO, O. A.; SILVA, C. L. A.; SANTOS, S. R. C. N.; LIMA, C. A.; AQUINO, S. M. A.; SILVA, C. H. P.; MOREIRA, V. G. J.; OLIVEIRA, I.; COSTA, A. A.; FEARNSIDE, M. P. Amazon climate extremes: Increasing droughts and floods in Brazil 's state of Acre. **Perspectives in Ecology and Conservation**, Amsterdam, v. 21, n. 4, p. 311-317, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S253006442300072X>. Acesso em: 01. jan. 2024.

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA, ESGOTOS E RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE APARECIDA – SAAE. **Boletim Diário da ETA, Registro Diário de Análises, Tratamento, Determinações Principais, Funcionamento do Filtro 0 - 23, Filtro 1, 2, 3 e turbidez**. Acesso autorizado pela Direção Executiva do SAAE Aparecida em 19. set. 2023. Aparecida, 2023.

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA, ESGOTOS E RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE APARECIDA – SAAE; **Ordem de Serviços - OS**. Procedimento administrativo interno e informatizado de solicitação de uso múltiplo de água para atendimento público e privado. Intranet: saaeaparecida.siltecnologia.com.br. Acesso autorizado pela Direção Executiva do SAAE Aparecida em 19. set. 2023. Aparecida, 2023.

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA, ESGOTOS E RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE APARECIDA – SAAE. **Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos - FISPQ**. Ácido Fluossilícico, GR Indústria Química. Acesso autorizado pela Direção Executiva do SAAE Aparecida em 19. set. 2023. Aparecida, 2021. Revisão 06, 11 p.

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA, ESGOTOS E RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE APARECIDA – SAAE. **Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos - FISPQ**. Cloro gás, GR Indústria Química. Acesso autorizado pela Direção Executiva do SAAE Aparecida em 19. set. 2023. Aparecida, 2021. Revisão 5, 12 p.

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA, ESGOTOS E RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE APARECIDA – SAAE. **Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos - FISPQ**. Cloreto de Polialumínio, TQA VITTA, Revisão 07, 21 páginas, Ano 2020. Acesso autorizado pela Direção Executiva do SAAE Aparecida em 19. set. 2023. c

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA, ESGOTOS E RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE APARECIDA – SAAE. **Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos - FISPQ.** Hidróxido de Cálcio em Suspensão concentração de 28 a 32%, Carmeuse Brasil. Acesso autorizado pela Direção Executiva do SAAE Aparecida em 19. set. 2023. Aparecida, 2019.

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA, ESGOTOS E RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE APARECIDA – SAAE. **Procedimento Operacional de Lavagem - Filtro.** Decantador e Floculador, Código ETA-003. Acesso autorizado pela Direção Executiva do SAAE Aparecida em 19. set. 2023. Aparecida, 2019. Revisão 1, 4 p.

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA, ESGOTOS E RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE APARECIDA – SAAE. **Lei Municipal nº 1.375 de 1969.** Quem somos, Serviço Autônomo de Água, Esgotos e Resíduos Sólidos de Aparecida, São Paulo. São Paulo, 1969. Disponível em: <https://www.saaeaparecida.sp.gov.br/portal/servicos/1012/quem-somos/>. Acesso em: 24 ago. 2023.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA – SEEG. Observatório do Clima. **Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas de clima do Brasil.** São Paulo: CETESB, 2019. 41 p. Disponível em: https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_8/SEEG8_DO C_ANALITICO_SINTESE_1990-2019.pdf. Acesso em: 24. ago. 2023.

SHAH, M. P.; COUTO, R. S. **Membrane-based hybrid processes for wastewater treatment.** Amsterdam: Elsevier, 2021. 711 p. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/book/9780128238042/membrane-based-hybrid-processes-for-wastewater-treatment>. Acesso em: 01 jun. 2023.

SHOUSHTARIAN, F.; NEGAHBAN-AZAR, M. Worldwide regulations and guidelines for agricultural water reuse: aCritical review. **Water**, [s. l.], v. 12, n. 4, p. 971, 2020. Disponível em: [135319b29ae2f6e786538336c9567bed4460.pdf](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135319b29ae2f6e786538336c9567bed4460). Acesso em: 22. fev. 2024.

SOBRINHO, M. A. M.; TAVARES, G. R.; ARRUDA, M. C. V.; CORREA, M. M.; PEREIRA, R. J. L. Geração, tratamento e disposição final dos resíduos das estações de tratamento de água do estado de Pernambuco. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 4, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019175810>. Acesso em: 24 fev. 2024.

STATE OF CALIFORNIA - US. **Statutory Water Rights Law and Related California Code Sections.** [S. l.], 2024. Disponível em: https://www.waterboards.ca.gov/laws_regulations/docs/wrlaws.pdf. Acesso em 28. fev. 2024.

TAHMASEBI, A. A.; BENI, S.A.; AZHDARPOOR, A.; MOEINI, Z. The application of granular and biological activated carbon columns in removal of organochlorine and organophosphorus pesticides in a water treatment plant. **Journal of Water Process Engineering**, v. 56, n. 104383, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.104383>. Acesso em: 12 fev. 2024.

TALLAKSEN, L. M.; VAN LANEN, H. A. J. **Hydrological drought**: processes and estimation methods for streamflow and groundwater. 2nd. Amsterdam: Elsevier Science, 2023. 684 p. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/book/9780128190821/hydrological-drought>. Acesso em: 01 jun. 2023.

TOMINAGA, K. L.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres naturais**: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico Secretaria do Meio Ambiente Governo do Estado de São Paulo, 2009. Disponível em: <https://arquivo.ambiente.sp.gov.br/publicacoes/2016/12/DesastresNaturais.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2024.

UNITED NATIONS – UN. **Global perspective human reporting**. [S. l.]: UN News, 2024. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2022/11/1805342>. Acesso em: 1 jan. 2024.

UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND/WORLD HEALTH ORGANIZATION - UNICEF/WHO. **State of the world's sanitation**: an urgent call to transform sanitation for better health. New York: Environments, Economies and Societies, 2021. Disponível em: <http://www.who.int/publications/i/item/9789240014473>. Acesso em: 10 maio 2023.

UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND/WORLD HEALTH ORGANIZATION - UNICEF/WHO. **Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2020**: five years into the SDGs. New York: United Nations Plaza New York, 2021. 164 p. Disponível em: <https://washdata.org/report/jmp-2021-wash-households>. Acesso em: 10 maio 2023.

UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND/WORLD HEALTH ORGANIZATION - UNICEF/WHO. **State of the world's hand hygiene**: A Global Call to Action to Make Hand Hygiene a Priority in Policy and Practice. [S. l.]: Global report, 2021. 88 p., United Nations Plaza New York, NY 10017 USA. Disponível em: www.who.int/publications/i/item/9789240036444. Acesso em: 10 maio 2023.

UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND/WORLD HEALTH ORGANIZATION - UNICEF/WHO. **Progress on WASH in health care facilities 2000–2021**: Special Focus on WASH and Infection Prevention and Control - IPC. [S. l.]: Global report, 2023. 128 p. United Nations Plaza New York, NY 10017 USA. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240058699>. Acesso em: 10 maio 2023.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME AND OXFORD POVERTY AND HUMAN DEVELOPMENT INITIATIVE - UNDP/OPHDI. **Global multidimensional poverty index 2023 unstacking global poverty**: data for high impact action. [S. /], 2023. Disponível em: ÍNDICE DE POBREZA MULTIDIMENSIONAL GLOBAL DE 2023 (MPI) | United Nations Development Programme (undp.org). Acesso em: 10 fev. 2024.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION/UNITED NATIONS WATER - UNESCO/UN/WATER. **The United Nations World Water Development Report 2020**: Water and Climate Change. Paris, UNESCO, 2020. 219 p. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000372985?posInSet=3&queryId=07a6f542-7e2c-40e6-a73e-7556bc850bc1>. Acesso em: 01 jan. 2024.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION – UNESCO. **Project on emerging pollutants in wastewater reuse in developing countries**. Paris, 2015. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000235241>. Acesso em: 08 dez. 2023.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP. **Circularity**. [S. /], 2019. Disponível em: <https://buildingcircularity.org/>. Acesso em 08. dez. 2023.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT ASSEMBLY – UNEP. **Nature-based solutions for supporting sustainable development**. Resolution adopted by the United Nations Environment Assembly on 2 March 2022. UNEP/EA.5/Res.5. 7 March. [S. /], 2019. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/resolutions-treaties-and-decisions/UN-Environment-Assembly-5-2>. Acesso em: 08. dez. 2023.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP. **Wastewater**: turning problem to solution. A UNEP Rapid Response Assessment. Nairobi, 23 August 2023, 110 p. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/resources/relatorios/aguas-residuais-transformando-problemas-em-solucoes>. Acesso em: 01 jan. 2024.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION/INTERNATIONAL CENTRE FOR WATER SECURITY AND SUSTAINABLE MANAGEMENT - UNESCO/I-WSSM. **Water Reuse within a Circular Economy Context (Series II)**. Global Water Security Issues (GWSI), Series – nº. 2, UNESCO. Paris, 2020. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374715.locale=en>. Acesso em: 18. jan. 2024.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. **Guidelines for Water Reuse, EPA/600/R-12/618, September 2012**. Washington, 2012. Disponível em: <https://www.epa.gov/waterreuse/guidelines-water-reuse>. Acesso em: 10 fev. 2024.

UNITED NATIONS HIGH COMMISSIONER FOR REFUGEES – UNHCR. **WASH Annual Report 2022**. Disponível em:

<https://www.unhcr.org/what-we-do/protect-human-rights/public-health/water-sanitation-and-hygiene>. Acesso em: 12 fev. 2024.

UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME - UN/Habitat. **United Nations Human Settlements Programme**. WOPs Database. Global Water Operator's Partnerships Alliance - GWAPA, Germany. Disponível em: <https://gwopa.org/resources/wops-database/>. Acesso em: 01 jan. 2024.

UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME/WORLD HEALTH ORGANIZATION - UN/Habitat/WHO. **Progress on wastewater treatment**: global status and acceleration needs for SDG Indicator 6.3.1. Geneva, 2021. 99 p. Disponível em:

www.unwater.org/app/uploads/2021/09/SDG6_Indicator_Report_631_Progress-on-Wastewater-Treatment_2021_EN.pdf. Acesso em: 01. jan. 2024.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION – UNDRR. **Sendai framework for disaster risk reduction 2015-2030**. The Framework was adopted at the Third UN World Conference on Disaster Risk Reduction in Sendai. Japan, 2015, 32 p. Disponível em: Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030 | UNDRR. Acesso em: 01 jan. 2024.

UNITED NATIONS/UNITED NATIONS WATER/ECONOMIC AND SOCIAL FOR ASIA AND THE PACIFIC - UN/WATER/UN/ESCAP. Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. **Mid-Term Review of the UN water action decade**: input from the Asia Pacific Consultation. [S. l.], 2022. 53 p. Disponível em: www.unescap.org/sites/default/d8files/event-documents/UNWaterActionDecade%20AP%20consultation_0.pdf. Acesso em: 01. jan. 2024.

UNITED NATIONS WATER - UN/WATER. **Summary progress update 2021**: SDG 6: water and sanitation for all. Geneva, 2021. Disponível em : SDG-6-Summary-Progress-Update-2021_Version-July-2021a.pdf (unwater.org). Acesso em: 01. nov. 2023.

UNITED NATIONS WATER - UN/WATER. **Objetivo de desenvolvimento sustentável 6**: relatório-síntese 2018: sobre água e saneamento., [S. l.: s; n.], 2018. 16 p. Disponível em: https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2018/11/UN-Water_SDG6_Synthesis_Report_2018_Executive_Summary_BRZ.pdf. Acesso em: 01. mar. 2024.

UNITED NATIONS WATER DECADE PROGRAMME ON ADVOCACY AND COMMUNICATION - UNW/DPAC. **O direito humano à água e saneamento, comunicado aos média 2015**. Disponível em: https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_por.pdf. Acesso em: 01. jan. 2024.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY – USGS. **Water science school**: the water cycle. [S. l.: s; n.], 2019. Disponível em: <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/o-ciclo-dagua-water-cycle-portuguese>. Acesso em: 01. jan. 2024.

VALBONESI, P.; PROFITA, M.; VASUMINI, I. FABBRI, E. Contaminants of emerging concern in drinking water: quality assessment by combining chemical and biological analysis, **Science of The Total Environment**, Amsterdam, v. 758, p. 1-10, 2021.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720371552>. Acesso em: 01. jan. 2024.

VAN LOON, A. F. Hydrological drought explained. **Wiley Interdisciplinary Reviews - WIREs Water**, [s. l.], v. 2, p. 359–392, 2015. Disponível em:

<https://doi.org/10.1002/wat2.1085>. Acesso em: 1. nov. 2023.

WATERAID. **Our Global Strategy 2022–2032: ending the water, sanitation and hygiene crisis together: for everyone, everywhere**, (2023) 21 p. Disponível em: Our Global Strategy 2022-2032 (wateraid.org). Acesso em: 1. nov. 2023.

WATERAID. **Ending the water, sanitation and hygiene crisis together: policy priorities for accelerating progress**. [S. l.: s. n.], 2023. 36 p. Disponível em:

<https://washmatters.wateraid.org/sites/g/files/jkxoof256/files/ending-the-water-sanitation-and-hygiene-crisis-together-policy-priorities-for-accelerating-progress.pdf>. Acesso em: 1. nov. 2023.

WATERAID. **Ending the water, sanitation and hygiene crisis together: policy priorities for accelerating progress**. [S. l.: s. n.], 2023. (2023) 6 p. Disponível em:

<https://washmatters.wateraid.org/sites/g/files/jkxoof256/files/ending-the-water-sanitation-and-hygiene-crisis-together-policy-priorities-for-accelerating-progress---executive-summary.pdf>. Acesso em: 1. nov. 2023.

WATERAID. **Kit de ferramentas pós 2015**. [S. l.: s. n.], 2015. 7 p. Disponível em:

<https://washmatters.wateraid.org/sites/g/files/jkxoof256/files/11-wash-os-recursos-hdricos-e-a-gesto-das-guas-residuais.pdf>. Acesso em: 21. mar. 2024.

WHATELY, M.; CLAUZET, M.; CAETANO, E.; KIPNIS, T. Dossiê Pós-graduação: nova agenda para a água nas cidades brasileiras: acelerar e garantir o acesso universal ao saneamento básico. **Revista América, Escola da Cidade**, [s. l.], v. 2022, n. 3, p. 1-83, 2023. Disponível em:

<https://ojs.escoladacidade.org/index.php/america/article/view/242/151>. Acesso em: 18 mar. 2024.

WOLSKA, M.; URBAŃSKA KOZŁOWSKA, H. **Assessing the possibilities of backwash water reuse filters in the water treatment system: case analysis**.

Water 2023, 15, 2452. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/13/2452>. Acesso em: 21. mar. 2024.

WORLD BANK. **Final Report for Internal Use Only 1 From Waste to Resource Shifting paradigms for smarter wastewater interventions in Latin America and the Caribbean**. 2019. 57 p. Disponível em:

<https://documents1.worldbank.org/curated/en/151321564553997465/pdf/From-Waste-to-Resource-Shifting-paradigms-for-smarter-wastewater-interventions-in-Latin-America-and-the-Caribbean.pdf>. Acesso em: 21. mar. 2024.

WORLD BANK **High and dry**: climate change, water, and the economy. Washington: Water Global Practice, 2016. 57 p. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/23665>. Acesso em: 10. mai. 2023.

WORLD BANK/INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION/ WORLD HEALTH ORGANIZATION/WATERAID - WORLD BANK/ILO/WATERAID/WHO. **Health, safety and dignity of sanitation workers**: an initial assessment, Washington, 2019. 47 p. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/32640>. Acesso em: 10 maio 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Potable reuse**: guidance for producing safe drinking water. Geneva, 2017. Disponível em: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/258715/9789241512770-eng.pdf>. Acesso em: 01. jun. 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Levels and trends in child malnutrition**: key findings of the 2021 edition of the joint child malnutrition estimates. United Nations Children's Fund (UNICEF)/WHO/World Bank. [S. l.], 2021, 32 p. Disponível em: <http://www.who.int/publications/i/item/9789240025257>. Acesso em: 10. mai. 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO **The Global Health Observatory. Water, sanitation and hygiene**: burden of disease. [S. l.], 2021. Disponível em: <http://www.who.int/data/gho/data/themes/topics/topic-details/GHO/water-sanitation-and-hygiene-burden-of-disease>. Acesso em: 10. maio 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION/UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND/WORLD BANK - WHO/UNICEF/WORLD BANK. **State of the world's drinking-water**: an urgent call to action to accelerate progress on ensuring safe drinking water. [S. l.], 2022. Disponível em: <http://www.who.int/publications/i/item/9789240060807>. Acesso em: 10. maio 2023.

WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME – WWAP. **The United Nations World Water Development Report 2015**: water for a sustainable world. Paris: UNESCO, 2015. Disponível em: <https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2015>. Acesso em: 10 jan. 2024.

WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME – WWAP. **The United Nations World Water Development Report 2017**: wastewater: the untapped resource. Paris: UNESCO, 2017. 180 p. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247153>. Acesso em: 10. jan. 2024.

WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME – WWAP. **The United Nations World Water Development Report 2020**: water and Climate Change. Paris: UNESCO, 2020. 219 p. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000372985.locale=en>. Acesso em: 10. jan. 2024.

WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME – WWAP. **The United Nations World Water Development Report 2023**: partnerships and cooperation for water. Paris: UNESCO, 2023. 189 p. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384655>. Acesso em: 10. jan. 2024.

WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME – WWAP. **The United Nations World Water Development Report 2023**: partnerships and cooperation for water; facts, figures and action examples. Paris: UNESCO, 2023. 15 p. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384659?posInSet=4&queryId=5a648707-dfa6-4cd9-b082-7059807bfcd4>. Acesso em: 10. jan. 2024.

WORLD WILDLIFE FUND - WWF. **Relatório planeta vivo 2022**: construindo uma sociedade positiva para a natureza. ALMOND, R. E. A., GROOTEN, M., JUFFE BIGNOLI, D.; PETERSEN, T. (ed). Gland: WWF, 2022. Disponível em: https://wwfes.awsassets.panda.org/downloads/descarga_informe_planeta_vivo_2022.pdf. Acesso em: 10 jan. 2024.

XIE, T.; XU, Y.; LIU, X.; JIANG, C.; LIANG, H.; LIU, S.; DU, H.; LI, S.; DONG, H.; QIANG, Z. Microbial safety evaluation for recycling of sand-filter backwash water in a water plant in Southern China. **Journal of Water Process Engineering**, Annaba, v. 61, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221471442400521X>. Acesso em: 01. jun. 2024.

YOUR HOME. **Australia's guide to environmentally sustainable homes**: wastewater reuse. [S. l.]: Australian Government, 2023. Disponível em: <https://www.yourhome.gov.au/water/wastewater-reuse>. Acesso em: 10 jan. 2024.

ZAREZADEH, M.; DELAVAR, M.; SAEED, M.; HAMID, A. Evaluating the effectiveness of macro-level water-saving policies based on water footprint sustainability indicators. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 282, p. 1-13, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377423001373>. Acesso em 01. abr. 2024.

ZHANG, C.; OKI, T. Water pricing reform for sustainable water resources management in China's agricultural sector. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 275, p. 1-13, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377422005923>. Acesso em: 02. abr. 2024.

ZIELINA, M.; DABROWSKI, W. Energy and water savings during backwashing of rapid filter plants. **Energies**, Basel, 'v. 14, n. 13, p. 3782, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/13/3782>. Acesso em 08. jun. 2024.

**ANEXO A - LAUDO ANALÍTICO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE PROCEDIMENTO
DE RETROLAVAGEM DO FILTRO 1 DA ETA DO SAAE EM APARECIDA/SP**



Relatório de Ensaio 43143/2023.0.A

Proposta Comercial: PC829/2023.2



Data de Publicação: 12/12/2023 16:47

Identificação Conta	
Cliente: [REDACTED]	CNPJ/CPF: [REDACTED]
Contato: [REDACTED]	Telefone: -
Endereço: [REDACTED]	

Nº Amostra: 43143-1/2023.0 - Efluente de ETA - PROJETO CAPES/ANA AUXPE Nº 2717/2015	
Tipo de Amostra: Água Residual	Responsável pela Amostragem: [REDACTED]
Endereço do Ponto de Coleta:	
Data Coleta: 14/11/2023 09:45	Data Recebimento: 16/11/2023 17:27
ID Amostra: 135406	

Resultados Analíticos

Amostragem								
Análise	Resultado	Decreto nº8468 - Classe 2 Artigo 11*	Decreto nº8468 Artigo 18*	LD	LQ	Incerteza	Referência	Data Análise
Temperatura da Amostra	29,90 °C	-	40 °C	-	-	0,1	SMWW, 23ª Edição, 2017, Método 2550B	14/11/2023
Aspecto	Característico	-	-	-	-	-	SMWW 23a Edição, 2017, Método 2110	14/11/2023
pH	6,9 U pH	-	5-9	N/A	1	0,1	SMWW 23a Edição, 2017, Método 4500 H+ B	14/11/2023
Materiais Flutuantes	Virtualmente Ausentes	Virtualmente Ausentes	-	-	-	-	SMWW, 23ª Edição, 2017, Método 2110	14/11/2023
Óleos e Graxas Totais - Visual	Presente	-	-	-	-	-	SMWW, 23ª Edição, 2017, Método 2110	14/11/2023
Corante Visual	Ausente	Ausente	-	-	-	-	SMWW, 23ª Edição, 2017, Método 2110	14/11/2023
Oxigênio Dissolvido	 mg/L	5 mg/L	-	0,0	0,9	-	Método APHA SMWW 23ª Edição, 4500-O G	14/11/2023
Cloro Residual Total	< 0,0100 mg/L	-	-	0,0061	0,0100	0,0006	Método APHA SMWW 24ª Edição, 4500 Cl2 - G.	14/11/2023

Biologia								
Análise	Resultado	Decreto nº8468 - Classe 2 Artigo 11*	Decreto nº8468 Artigo 18*	LD	LQ	Incerteza	Referência	Data Análise
Coliformes Termotolerantes	2700,0 UFC/100mL	-	-	-	1,0	-	Método APHA SMWW 23ª Edição, 9222 D	17/11/2023
Giardia spp	< 0,1 cistos/L	-	-	-	0,1	-	Método USEPA Method 1623.2005	17/11/2023
Cryptosporidium spp	< 0,1 oocistos/L	-	-	-	0,1	-	Método USEPA Method 1623.2005	17/11/2023
Coliformes Totais	3100 UFC/100mL	-	-	-	1	9,52	SMWW 24a Edição, 2022, Método 9222 B	17/11/2023

Físico Químico I								
Análise	Resultado	Decreto nº8468 - Classe 2 Artigo 11*	Decreto nº8468 Artigo 18*	LD	LQ	Incerteza	Referência	Data Análise
Gosto e Odor	0	Não Objetável	-	N/A	0	-	SMWW, 23ª Edição, 2017, Método 2170 B	17/11/2023
Nitrogênio Amôniaical	< 0,1 mg/L	0,5 mg/L	-	0,023	0,1	0,00348	Método HACH 8038	17/11/2023
Cianeto	< 0,002 mg/L	0,2 mg/L	0,2 mg/L	0,00013	0,002	0,0001176	Método HACH 8027	17/11/2023
Fluoreto	0,82 mg/L	1,4 mg/L	10,0 mg/L	0,04	0,20	0,08	Método APHA SMWW 23ª Edição, 4500 F-D.	17/11/2023



Relatório de Ensaio 43143/2023.0.A

Proposta Comercial: PC829/2023.2



Físico Químico I								
Análise	Resultado	Decreto nº8468 - Classe 2 Artigo 11*	Decreto nº8468 Artigo 18*	LD	LQ	Incerteza	Referência	Data Análise
Nitrato	1,4 mg/L	10,0 mg/L	-	0,056	0,2	0,0469	Método APHA SMWW 23ª Edição, 4500 NO3 - B	17/11/2023
Nitrato	< 0,01 mg/L	1,0 mg/L	-	0,0036	0,01	0,000515	Método HACH 8507	17/11/2023
Sulfeto	< 0,01 mg/L	-	-	0,0045	0,01	0,000494	Método HACH 8131	17/11/2023
Turbidez	36,730 NTU	-	-	0,061	0,200	2,725	Método HACH 9002	17/11/2023
Cloreto	28,0 mg/L	-	-	1,8	2,4	0,2	Método APHA SMWW 23ª Edição, 4500 CL - B	17/11/2023
Condutividade Eletrolítica	248 µS/cm	-	-	N/A	1	33,2072	Método APHA SMWW 23ª Edição, 2510 B	17/11/2023
Cromo Hexavalente	< 0,05 mg/L	-	0,1 mg/L	0,012	0,05	0,004945	Método APHA SMWW 23ª Edição, 3500Cr B	17/11/2023

Físico Químico II								
Análise	Resultado	Decreto nº8468 - Classe 2 Artigo 11*	Decreto nº8468 Artigo 18*	LD	LQ	Incerteza	Referência	Data Análise
Fenóis	< 0,000010 mg/L	0,001 mg/L	-	7,700000E-8	1,000000E-5	1E-06	Método USEPA Method 8270D	17/11/2023
Fenol	< 0,0000 mg/L	-	0,5 µg/L	5,0000E-8	0,0000	-	Método USEPA Method 8270D	17/11/2023

Físico Químico IV								
Análise	Resultado	Decreto nº8468 - Classe 2 Artigo 11*	Decreto nº8468 Artigo 18*	LD	LQ	Incerteza	Referência	Data Análise
Óleos e Graxas Totais	35,6500 mg/L	-	100 mg/L	5,6000	10,0000	3,7433	SMWW 23ª Edição, 2017, Método 5520 D e E	20/11/2023
Sólidos Suspensos Totais	365,6000 mg/L	-	-	-	10,0000	48,2958	Método APHA SMWW 23ª Edição, 2540 D	18/11/2023
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	228 mg/L	5 mg/L	60 mg/L	0,981	2	20,4744	Método APHA SMWW 23ª Edição, 5210 B	17/11/2023
Materiais Sedimentáveis	< 0,1000 mg/L	-	1,0 mL/L	-	0,1000	0,0105	Método APHA SMWW 23ª Edição, 2540 F	18/11/2023

Físico-Químico III								
Análise	Resultado	Decreto nº8468 - Classe 2 Artigo 11*	Decreto nº8468 Artigo 18*	LD	LQ	Incerteza	Referência	Data Análise
Arsênio	< 0,00500 mg/L	0,1 mg/L	0,2 mg/L	0,00058	0,00500	0,00029	Método USEPA Method 6010-D.	21/11/2023
Bário	< 0,01000 mg/L	1,0 mg/L	5,0 mg/L	0,00058	0,01000	0,00058	Método USEPA Method 6010-D.	21/11/2023
Cádmio	< 0,00100 mg/L	0,01 mg/L	0,2 mg/L	0,00082	0,00100	8,24E-05	Método USEPA Method 6010-D.	21/11/2023
Cromo	< 0,01000 mg/L	0,05 mg/L	5,0 mg/L	0,00058	0,01000	0,00058	Método USEPA Method 6010-D.	21/11/2023
Cobre	< 0,00500 mg/L	1,0 mg/L	1,0 mg/L	0,00057	0,00500	0,00029	Método USEPA Method 6010-D.	21/11/2023
Chumbo	< 0,01000 mg/L	0,1 mg/L	0,5 mg/L	0,00080	0,01000	0,0008	Método USEPA Method 6010-D.	21/11/2023
Estanho	< 0,02500 mg/L	2,0 mg/L	4,0 mg/L	0,00048	0,02500	0,0012	Método USEPA Method 6010-D.	21/11/2023
Mercúrio	< 0,00010 mg/L	0,002 mg/L	0,01 mg/L	1,30000E-5	0,00010	5,2E-06	Método USEPA Method 6010-D.	21/11/2023
Selênio	< 0,00500 mg/L	0,01 mg/L	0,02 mg/L	0,00053	0,00500	0,00027	Método USEPA Method 6010-D.	21/11/2023



Relatório de Ensaio 43143/2023.0.A

Proposta Comercial: PC829/2023.2



Físico-Químico III								
Análise	Resultado	Decreto nº8468 - Classe 2 Artigo 11*	Decreto nº8468 Artigo 18*	LD	LQ	Incerteza	Referência	Data Análise
Zinco	< 0,02500 mg/L	5,0 mg/L	5,0 mg/L	0,00105	0,02500	0,00263	Método USEPA Method 6010-D.	21/11/2023
Boro	< 0,02500 mg/L	-	5,0 mg/L	0,00061	0,02500	0,00153	Método USEPA Method 6010-D.	21/11/2023
Ferro Dissolvido	1,120 mg/L	-	15,0 mg/L	0,001	0,025	0,06	Método USEPA Method 6010-D.	17/11/2023
Manganês Dissolvido	0,047 mg/L	-	1,0 mg/L	0,001	0,025	0,002	Método USEPA Method 6010-D.	17/11/2023
Níquel	< 0,00500 mg/L	-	2,0 mg/L	0,00048	0,00500	0,00024	Método USEPA Method 6010-D.	21/11/2023
Prata	< 0,00500 mg/L	-	0,02 mg/L	0,00054	0,00500	0,00027	Método USEPA Method 6010-D.	21/11/2023

Especificações	
Decreto nº8468 - Classe 2 Artigo 11*: Decreto nº8468 - Classe 2 Artigo 11*	
Decreto nº8468 Artigo 18*: Decreto nº8468 Artigo 18*	

Interpretações	
Os seguintes parâmetros analisados: (Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)) não atendem os padrões e condições do Decreto 8468 Classe 2 artigo 11 de 8 de Setembro de 1976.	
Os seguintes parâmetros analisados: (Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)) não atendem os padrões e condições do Decreto 8468 artigo 18 de 8 de Setembro de 1976.	
Art. 18 - V. Para DBO: Este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento de águas residuárias que reduza a carga poluidora em termos de DBO 5 dias, 20°C do despejo em no mínimo 80% (oitenta por cento);	



Relatório de Ensaio 43143/2023.0.A

Proposta Comercial: PC829/2023.2



Notas

Declaração:

"Este relatório atende aos requisitos de acreditação da Cgcre, que avaliou a competência do laboratório".

"As opiniões e interpretações expressas abaixo não fazem parte do escopo da acreditação deste laboratório"

Os resultados expressos neste relatório aplicam-se à amostra conforme recebida e exclusivamente para os parâmetros analisados.

Amostragem: Quando realizada pela ST Analítica, fica estabelecido o procedimento IT 001 Procedimento Geral de Coleta (documento interno), considerando as metodologias:

- **Ensaio Químicos:** SMWW 23ª Edição, 2017, Método 1060.
- **Ensaio Biológicos/ Microbiológicos:** SMWW 23ª Edição, 2017, Método 9060.

O laboratório dispõe do FO 130 Plano de Amostragem, documento único e exclusivo para cada contrato formalizado, podendo ser utilizado quando pertinente para a validade ou aplicação dos resultados, além da CA (Cadeia de Amostra), que possui numeração unívoca, detalhando ponto de coleta, matriz, frascaria e preservação utilizada, quantidade de amostras coletadas.

Os resultados expressos no campo Amostragem, aplicam-se a ensaios realizados em Instalações de Cliente, nos campos Físico Químico I, II, III, IV e Biologia aplicam-se a ensaios realizados em Instalações permanentes. Quando constar o nome do laboratório ou nome do laboratório + CRL indica que os ensaios foram subcontratados.

Regra de Decisão: A regra de decisão é estimada com base na largura de banda de guarda, onde pode ser definido uma zona de aceitação e uma zona de rejeição. A largura da banda de guarda é calculada através da multiplicação $1,65 \cdot U$ (Onde 1,65 corresponde a um valor t para um nível de confiança de 95% resultando no limite de decisão e U corresponde a incerteza padrão combinada do método).

Valores de LD e LQ:

- Os valores de LD e LQ estão expressos nas mesmas unidades de medida em que os resultados estão apresentados

Legendas:

NA: Não se aplica.

LQ: Limite de Quantificação.

LD: Limite de Detecção

IT: Instrução de Trabalho

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd. Edition.

USEPA: United States Environmental Protection Agency

ISO: International Organization of Normalization

ABNT NBR: Associação Brasileira de Normas Técnicas

*: Ensaio subcontratado não acreditado

**: Ensaio não acreditado realizados pela ST Analítica

***: Ensaio subcontratado acreditado

(Sem asterisco): Ensaios acreditados realizados pela ST Analítica

cistos/L: cistos por litro

mg/L: Miligramas por Litro

NTU: Unidade Nefelométrica de Turbidez

°C: Graus célsius

oocistos/L: oocistos/ L

UFC/100mL: Unidade Formadora de Colônia por 100 mL

As datas e horas apresentadas neste documento estão baseadas no fuso horário:(UTC-03:00) Brasília

Signatário Autorizado

Raphael Fernandes
Raphael Fernandes CRQ: 04492821
Gerente Técnico

Signatário Autorizado

Sidinei Junior
Sidinei Tacão Junior CRQ: 04486061
Diretor Técnico

Chave de Validação: c3139ca29a274b3db2cc7fc68ae795ab

A validação deste documento pode ser realizada em: portal.mylimsweb.com.



Relatório de Ensaio 43143/2023.0

Proposta Comercial: PC829/2023.2

Data de Publicação: 12/12/2023 16:47

Identificação Conta	
Cliente: [REDACTED]	CNPJ/CPF: [REDACTED]
Contato: [REDACTED]	Telefone: -
Endereço: [REDACTED]	

Nº Amostra: 43143-1/2023.0 - Efluente de ETA - PROJETO CAPES/ANA AUXPE Nº 2717/2015	
Tipo de Amostra: Água Residual	Responsável pela Amostragem: [REDACTED]
Endereço do Ponto de Coleta:	
Data Coleta: 14/11/2023 09:45	Data Recebimento: 16/11/2023 17:27
ID Amostra: 135406	

Resultados Analíticos

Amostragem						
Análise	Resultado	LD	LQ	Incerteza	Referência	Data Análise
Temperatura Ambiente**	32,00 °C	N/A	N/A	0,1	IT - 001	14/11/2023

Especificações
Decreto nº8468 - Classe 2 Artigo 11*: Decreto nº8468 - Classe 2 Artigo 11*
Decreto nº8468 Artigo 18*: Decreto nº8468 Artigo 18*

Interpretações
Os seguintes parâmetros analisados: (Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)) não atendem os padrões e condições do Decreto 8468 Classe 2 artigo 11 de 8 de Setembro de 1976.
Os seguintes parâmetros analisados: (Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)) não atendem os padrões e condições do Decreto 8468 artigo 18 de 8 de Setembro de 1976.
Art. 18 - V. Para DBO: Este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento de águas residuárias que reduza a carga poluidora em termos de DBO 5 dias, 20°C do despejo em no mínimo 80% (oitenta por cento);

Notas
Declaração: Os resultados expressos neste relatório aplicam-se à amostra conforme recebida e exclusivamente para os parâmetros analisados. Amostragem: Quando realizada pela ST Analítica, fica estabelecido o procedimento IT 001 Procedimento Geral de Coleta (documento interno), considerando as metodologias: • Ensaios Químicos: SMWW 23ª Edição, 2017, Método 1060. • Ensaios Biológicos/ Microbiológicos: SMWW 23ª Edição, 2017, Método 9060. O laboratório dispõe do FO 130 Plano de Amostragem, documento único e exclusivo para cada contrato formalizado, podendo ser utilizado quando pertinente para a validade ou aplicação dos resultados, além da CA (Cadeia de Amostra), que possui numeração unívoca, detalhando ponto de coleta, matriz, frascaria e preservação utilizada, quantidade de amostras coletadas. Os resultados expressos no campo Amostragem, aplicam-se a ensaios realizados em Instalações de Cliente, nos campos Físico Químico I, II, III, IV e Biologia aplicam-se a ensaios realizados em Instalações permanentes. Quando constar o nome do laboratório ou nome do laboratório + CRL indica que os ensaios foram subcontratados. Regra de Decisão: A regra de decisão é estimada com base na largura de banda de guarda, onde pode ser definido uma zona de aceitação e uma zona de rejeição. A largura da banda de guarda é calculada através da multiplicação <u>1,65*U</u>. (Onde 1,65 corresponde a um valor t para um nível de confiança de 95% resultando no limite de decisão e U corresponde a incerteza padrão combinada do método). Valores de LD e LQ: • Os valores de LD e LQ estão expressos nas mesmas unidades de medida em que os resultados estão apresentados Legendas: NA: Não se aplica. LQ: Limite de Quantificação. LD: Limite de Detecção IT: Instrução de Trabalho SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd. Edition. USEPA: United States Environmental Protection Agency ISO: International Organization of Normalization ABNT NBR: Associação Brasileira de Normas Técnicas *: Ensaio subcontratado não acreditado **: Ensaio não acreditado realizados pela ST Analítica ***: Ensaio subcontratado acreditado (Sem asterisco): Ensaios acreditados realizados pela ST Analítica °C: Graus célsius As datas e horas apresentadas neste documento estão baseadas no fuso horário:(UTC-03:00) Brasília

**Relatório de Ensaio 43143/2023.0**

Proposta Comercial: PC829/2023.2

Signatário Autorizado

Raphael Fernandes
Raphael Fernandes CRQ: 04492821
Gerente Técnico

Signatário Autorizado

Sidinei Junior
Sidinei Tacão Junior CRQ: 04486061
Diretor Técnico

Chave de Validação: c3139ca29a274b3db2cc7fc68ae795abA validação deste documento pode ser realizada em: portal.mylimsweb.com.