

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS**

***GESTÃO DO LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA  
(LETA) – ANÁLISE CRÍTICA DE UMA MINUTA EM TRAMITAÇÃO NO  
RIO GRANDE DO SUL A FIM DE PROPOR UMA RESOLUÇÃO MAIS  
ADEQUADA***

*Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Ambiental*

*Orientadora: Prof. Maria Cristina de Almeida Silva*

*Graduando: Natan Ruan Machado da Costa*

**Porto Alegre, 16 de maio de 2022.**

*Da Costa, Natan Ruan Machado*

***Gestão do Lodo de Estação de Tratamento de Água (LETA) – Análise Crítica de uma Minuta em tramitação no Rio Grande do Sul a fim de propor uma resolução mais adequada***

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como parte dos quesitos para obtenção do título de Engenheiro Ambiental. Orientadora: Maria Cristina de Almeida Silva

*Porto Alegre, 16 de maio de 2022.*

*Este Trabalho de Conclusão de Curso foi analisado, julgado e adequado para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental e aprovado em sua forma final pela Orientadora e Banca Examinadora designada pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.*

---

***Prof. e Dr. Maria Cristina de Almeida Silva***  
*Orientadora – Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS*

***BANCA EXAMINADORA***

***Prof. e Dr. Antônio Domingues Benetti***  
*Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS*

***Dr. Luciano Barros Zini***  
*Secretaria Estadual de Saúde/RS*

***Conceito Final: A***  
*Aprovado em 12 de maio de 2022*

## AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho, primeiramente, a minha família e a todos os meus amigos, os quais me deram todo o suporte necessário, tornando a execução deste trabalho dinâmica e fluída. Nesse sentido, destacam-se, principalmente, as minhas irmãs Paula e Luma e as minhas amigas Daiane, Angélica e Deise.

Em segundo lugar, quero agradecer imensamente à maravilhosa orientadora deste trabalho, Maria Cristina de Almeida Silva, a qual, não somente contribuiu para a escolha do tema proposto como também deu todo o apoio que era preciso para que o trabalho em tela atingisse todos os objetivos propostos. É válido salientar também que o seu ótimo humor ajudou muito nos momentos difíceis, proporcionando uma leveza no contato aluno-orientador.

Agradeço também à analista da FEPAM, Clarice Glufke, por toda sua atenção durante as nossas conversas, nas quais dividiu e compartilhou todo o seu conhecimento, de forma a proporcionar a realização de um trabalho mais completo e preciso.

Saliento também todo o auxílio recebido pela minha grande psicóloga Camila Disconzi Genro, que escutou todas as minhas lamentações e desabafos e acompanhou com toda sua dedicação boa parte da minha graduação. Sem ela talvez eu não estaria escrevendo esta mensagem.

Por fim agradeço a todas as pessoas que cruzaram a minha vida: colegas de faculdade, profissionais dos estágios que realizei, professores, conhecidos e amigos mais distantes, que de alguma forma me ajudaram a descobrir a minha verdadeira profissão e que me possibilitaram adquirir a certeza, a qual tenho hoje de me tornar engenheiro ambiental.

## RESUMO

O crescimento populacional aliado ao aumento da demanda por produtos e serviços vêm elevando o consumo de água pela população. Com isso, considerando que grande parte da água disponível para abastecimento possui qualidade inferior ao desejado, as Estações de Tratamento de Água (ETAs) brasileiras utilizam-se de produtos químicos, visando a obtenção de água potável. Neste contexto, um dos principais resíduos gerados durante o processo de tratamento é o Lodo de Estação de Tratamento de Água (LETA). No Brasil não existem resoluções específicas que regulamentem a gestão ambientalmente adequada deste resíduo. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo propor uma resolução estadual no Rio Grande do Sul a partir da avaliação de uma minuta proposta na Câmara Técnica Permanente (CTP) da Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA/RS), a qual está em tramitação; bem como outras resoluções estaduais e federais vigentes no país. O ponto inicial da execução do trabalho foi a realização de uma pesquisa bibliográfica, de forma a se verificar o gerenciamento do LETA em cada unidade da federação e no Brasil como um todo. Além disso, o auxílio da Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), órgão de fiscalização no Rio Grande do Sul, serviu de apoio para a aferir a existência da legislação estadual e federal vigente no país. Salienta-se ainda que no Estado há um Termo de Compromisso Ambiental (TCA) assinado pelo órgão ambiental e a Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), - com o intuito de destinar de forma ambientalmente adequada todo o volume produzido pela Companhia até 2031 - o qual contribuiu para a análise da minuta apresentada na CTP da SEMA/RS. O trabalho realizou também a confecção e o envio de um questionário às Concessionárias gaúchas, a fim de verificar as condições de operação e as práticas adotadas em cada Sistema de Abastecimento de Água (SAA) riograndense. Sendo assim, o trabalho em tela propôs uma resolução com base, principalmente, em dados da literatura, na Lei Federal nº 12.305/2010, no TCA e em legislações vigentes. Com isso, espera-se que a normativa proposta, levando em conta a participação da FEPAM na sua elaboração, seja considerada na adequação da minuta que se encontra em tramitação na CTP e que, em breve, seja aprovada uma resolução estadual, de forma a solucionar a gestão inadequada do LETA no Estado do Rio Grande do Sul.

**Palavras-chave:** LETA, resíduo, gestão ambientalmente adequada, avaliação de uma minuta, resolução estadual.

## ABSTRACT

Population growth combined with increased demand for products and services has raised water consumption by the people. In addition to that, considering that a large part of the water available for supply has a lower quality than desired, Brazilian Water Treatment Plants (ETAs) use chemical products to obtain drinking water. In this context, one of the leading wastes generated during the treatment process is the Sludge Waste from the Water Treatment Plant (LETA). There are no specific resolutions in Brazil that regulate the environmentally appropriate management of this waste. In this way, the present work proposes a state resolution in the Rio Grande do Sul by evaluating a draft proposed in the Permanent Technical Chamber (CTP) of the State Secretariat for the Environment and Infrastructure (SEMA/RS) is in progress; as well as other state and federal resolutions in force in the country. The starting point of the work execution was the accomplishment of literature review to verify the management of LETA in each unit of the federation and Brazil in general. In addition, assistance from the State Environmental Protection Foundation (FEPAM), a regulatory agency in the Rio Grande do Sul, served as support to assess the country's current state and federal legislation. It is also necessary to observe that there is an Environmental Commitment Term (TCA) signed by the environmental agency and Riograndense Sanitation Company (CORSAN), To allocate in an environmentally appropriate way all the volume produced by the Company until 2031, which contributed to the draft presented the analysis at the SEMA/RS CTP. The work also carried out the preparation and sending of a questionnaire to the Rio Grande do Sul Concessionaires to verify the operating conditions and practices adopted in each Rio Grande do Sul Water Supply System (SAA). Therefore, the present work proposed a resolution based mainly on literature data, Federal Law No. 12,305/2010, TCA, and current legislation. In addition, it is expected that the proposed regulation, taking into account the FEPAM participation in its elaboration, will be considered in the adequacy of the draft that is being processed by the CTP and that soon a state resolution will be approved to solve the inadequate management of LETA in the State of Rio Grande do Sul.

**Key words:** LETA, waste, environmentally appropriate management, evaluating a draft, state resolution.

## *LISTA DE FIGURAS*

Figura 1 - Concepção clássica de ETAs convencionais (Fonte: FERREIRA FILHO, 2017). .....	18
Figura 2 – Configuração de uma ETA com tratamento convencional, destacando os resíduos gerados (Fonte: Adaptado de PÁDUA, 2010). .....	28
Figura 3 – Meios de redução do volume do LETA que são encontrados em UTRs (Fonte: Adaptado de RIBEIRO, 2003). .....	35
Figura 4 - Porcentagem de utilização de cada coagulante.....	63
Figura 5 – Porcentagem de empresas que realizam a medição do volume de lodo gerado. .	64
Figura 6 – Destinações dadas ao lodo em cada Companhia. ....	66
Figura 7 – Porcentagem de empresas que realizam o monitoramento de corpo hídrico em caso de lançamento do LETA. ....	66
Figura 8 – Quantidade de concessionárias que possuem outorga para lançamento.....	67
Figura 9 - Porcentagem de inclusão do lodo no Plano de Resíduos das concessionárias. ....	68
Figura 10 – Porcentagem de empresas que caracterizam o lodo quimicamente. ....	68
Figura 11 – Porcentagem empresas que recirculam a água de lavagem dos filtros.....	74
Figura 12 – Casos em que ocorre o tratamento da água de lavagem dos filtros antes da recirculação em termos percentuais. ....	74

## ***LISTA DE TABELAS***

Tabela 1 – Características típicas de lodo de ETA (Fonte: Adaptado de RICHTER, 2001).	29
Tabela 2 - Cronograma gradativo de solução da gestão ambiental dos lodos de ETAs, por regional. Apresentação dos percentuais (%) de solução adequada em relação ao volume médio anual gerado. Fonte: IT FEPAM nº 194/2018 e Anexo I do TCA. (FEPAM, 2018).	45
Tabela 3 – Volume de LETA produzido por regional e a percentagem referente ao volume médio anual total produzido pela CORSAN (Fonte dos dados: FEPAM, 2020; Elaboração: próprio autor).....	45
Tabela 4 – Parâmetros e frequência de monitoramento do efluente e dos resíduos de ETA.	79
Tabela 5 – Parâmetros e frequência de monitoramento no corpo receptor em caso de lançamento.....	80



## *SUMÁRIO*

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2. OBJETIVO.....</b>	<b>13</b>
2.1. Objetivo Central .....	13
2.2. Objetivos Específicos.....	13
<b>3. JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>13</b>
<b>4. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
4.1. Qualidade dos Recursos Hídricos .....	14
4.2. Tratamento de Água .....	17
4.3. Coagulantes Inorgânicos e Orgânicos .....	19
4.3.1. Sulfato de Alumínio.....	20
4.3.2. Cloreto Férrico .....	21
4.3.3. Policloreto de Alumínio .....	22
4.3.4. Coagulantes Orgânicos.....	23
4.4. Impacto de Metais.....	24
4.4.1. Alumínio.....	25
4.4.2. Ferro .....	25
4.5. Lodo de Estação de Tratamento de Água .....	26
4.6. Destinação Final do LETA.....	29
4.7. Alternativas .....	31
4.8. Tratamento do LETA.....	34
4.9. Gestão do LETA em outros países .....	35
4.10. Gestão do LETA no Brasil .....	37
4.10.1. Distrito Federal.....	39
4.10.2. São Paulo.....	39
4.10.3. Minas Gerais .....	41
4.10.4. Rio Grande do Sul.....	42
<b>5. METODOLOGIA.....</b>	<b>49</b>

5.1.	Pesquisa Bibliográfica.....	49
5.2.	O TCA e as Minutas.....	50
5.3.	Apoio da FEPAM .....	52
5.4.	Análise Crítica da Minuta .....	54
5.5.	Questionário .....	56
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>57</b>
6.1.	Avaliação da Minuta.....	57
6.2.	Questionário .....	62
6.3.	Proposta de Resolução.....	75
6.3.1.	Definições.....	76
6.3.2.	Condicionantes.....	77
6.4.	Readequação do TCA.....	83
<b>7.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>84</b>
<b>8.</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>86</b>
<b>9.</b>	<b>ANEXO I - TERMO DE COMPROMISSO AMBIENTAL (TCA).....</b>	<b>100</b>
<b>10.</b>	<b>ANEXO II - MINUTA PROPOSTA PELA CORSAN.....</b>	<b>120</b>
<b>11.</b>	<b>ANEXO III - DN (COPAM) N° 153/2010 – MINAS GERAIS.....</b>	<b>127</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da humanidade, a busca por recursos tem sido permanente. A água, nesse contexto, aparece com um bem bastante precioso e essencial à sobrevivência de todo ser vivo. De acordo com Santos e Poledna (2005), a crescente preocupação com a disponibilidade mundial de água vem exigindo uma nova consciência em relação à utilização deste recurso. Com o avanço da tecnologia e a industrialização de centros urbanos desde o período pós-Revolução Industrial, entre os séculos XVIII e XIX, a qualidade da água disponível vem sendo prejudicada, principalmente, pelo lançamento de efluentes domésticos e industriais, bem como pela disposição inadequada de resíduos no ambiente (POTT, 2017). Assim, a alternativa encontrada pela sociedade contemporânea é a realização de tratamento prévio da água para a retirada dos poluentes orgânicos e inorgânicos para viabilizar o consumo pela população (FERREIRA FILHO, 2017).

Estima-se que 76% da água tratada no Brasil é proveniente de Estações de Tratamento de Água (ETAs) de ciclo completo (coagulação, floculação, decantação, filtração, fluoretação e desinfecção) (IBGE, 2017). O tratamento da água para abastecimento humano consiste na execução de etapas de clarificação, de remoção de patógenos e de descarte dos sólidos e impurezas retirados da água, após a sua captação, seja em rios, lagos ou aquíferos (RICHTER, 2017). Processos convencionais de tratamento de água são executados com a adição de produtos químicos capazes de promoverem o equilíbrio do pH, geração de flocos via coagulantes promotores de agregação de partículas, soluções inativadoras de microrganismos e oxidação de matéria orgânica, tendo como principal consequência a geração de um resíduo conhecido como Lodo de Estação de Tratamento de Água (LETA), cuja natureza depende da qualidade da água bruta a ser tratada (CASTÃO, 2017). Assim, pode-se dizer que o LETA é um resíduo que não possui propriedades bem definidas e a sua composição é dependente do produto químico aplicado e das características da água captada, podendo também variar do tipo de unidade de decantação onde o lodo é gerado (MARTINS JÚNIOR et al., 2021).

A disposição final do LETA é uma grande problemática no Brasil e no mundo. De acordo com Achon et al. (2013), há aproximadamente 7.500 ETAs no Brasil, as quais aplicam, em sua maioria, o tratamento convencional, que inclui coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção. Desta forma, os principais resíduos gerados durante o tratamento em uma ETA são o lodo oriundo dos decantadores e a água gerada a partir da lavagem dos filtros, sendo o LETA o mais problemático, pois ainda não há uma solução definitiva para o seu tratamento e destinação final (OLIVEIRA, 2016). No Brasil, por exemplo, grande parte do

lodo gerado pelas estações é lançado diretamente em corpos hídricos ou em terrenos próximos às ETAs, sem nenhum tratamento prévio, gerando assim um grande impacto tanto ao ecossistema aquático quanto ao meio ambiente (DE PAIVA et al., 2017). Estima-se que cerca de 70% do lodo oriundo de sistemas de tratamento de água no país é despejado *in natura* em rios (AGOSTINI et al., 2014).

O lodo gerado em ETAs é caracterizado por grandes quantidades de produto químico devido ao uso de coagulantes inorgânicos durante o tratamento, sendo os mais comuns o sulfato de alumínio, sulfato férrico e o cloreto férrico (OLIVEIRA, 2014). A aplicação destes coagulantes limita o uso posterior do lodo gerado e o torna um resíduo com grande potencial poluidor (COSTA, 2011). De acordo com Assis (2014), o despejo *in natura* do LETA em corpos hídricos aumenta a concentração de sólidos totais na água. Além disso, nos estudos realizados por Achon et al. (2005), constatou-se que o lodo descartado sem tratamento por uma ETA em São Carlos - SP, cuja concentração continha níveis altos de alumínio e ferro, comprometeu a camada bentônica - organismos que vivem no substrato do ambiente aquático - no córrego, o qual foi lançado o resíduo; bem como elevou a turbidez e a demanda química de oxigênio do corpo hídrico.

Embora os impactos causados pela destinação final inadequada do LETA sejam cada vez mais conhecidos, no Brasil, não há uma gestão definida para este resíduo (OLIVEIRA, 2016). Segundo Achon et al. (2013), existem poucos estudos envolvendo a problemática do lodo no país e, dessa forma, a solução para a adequada gestão do LETA, raramente são implantadas tanto em ETAs em funcionamento quanto em novas estações. Achon et al. (2005) salientam que, mesmo com a existência de leis estaduais e federais, a maioria dos sistemas de tratamento de água brasileiros não seguem essa legislação, extrapolando os padrões de lançamento de resíduos em cursos d'água.

Considerando o exposto acima, salienta-se que existe a necessidade da criação de normativas que melhor orientem os órgãos ambientais na fiscalização e monitoramento dos impactos causados por ETAs, sobretudo, em relação ao gerenciamento do lodo gerado e as formas de destinação ambientalmente adequadas; exigindo das Companhias de Saneamento o atendimento à legislação existente, tanto estadual quanto federal.

## **2. OBJETIVO**

### **2.1. Objetivo Central**

O objetivo central do trabalho é realizar uma análise crítica de uma minuta que busca a regulamentação da gestão do lodo de ETA no estado do Rio Grande do Sul, a qual está em tramitação na Câmara Técnica Permanente (CTP) de Assuntos Jurídicos da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Infraestrutura do Rio Grande do Sul (SEMA/RS) para aprovação, com o intuito de propor uma resolução mais adequada. Além disso, este trabalho propõe uma pesquisa sobre o gerenciamento do lodo nas Companhias de Saneamento do Rio Grande do Sul, de forma a nortear a avaliação da minuta supracitada.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- realizar um levantamento bibliográfico a respeito da gestão do lodo de ETAs adotada em diferentes estados brasileiros, bem como outros países;
- apresentar as resoluções nacionais e estaduais vigentes, as quais visam a destinação adequada do lodo de ETA;
- propor uma resolução embasada em resoluções existentes e na minuta em tramitação;
- propor uma adequação do TCA firmado entre a CORSAN e a FEPAM;
- realizar um levantamento da gestão de lodo adotado pelas prestadoras do serviço de abastecimento de água no Estado do Rio Grande do Sul;

## **3. JUSTIFICATIVA**

O LETA é um resíduo que, no Brasil, vem sendo indiscriminadamente lançado em cursos d'água. No país, embora existam leis vigentes que atentem à proteção e à preservação da qualidade dos recursos hídricos, o principal destino dado a este resíduo ainda são os rios próximos aos Sistemas de Abastecimento de Água (SAAs) de origem. Com isso, salienta-se que há a necessidade da criação de uma legislação específica que proíba o despejo do lodo de ETA em corpos hídricos, visto que já existem estudos comprovados que reportam os danos causados ao ambiente e à saúde humana devido às substâncias presentes no LETA, principalmente, os metais alumínio e ferro.

Neste contexto, no Estado do Rio Grande do Sul existe a tramitação de uma minuta na CTP da SEMA/RS, a qual foi proposta pela Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) como uma sugestão de resolução com o intuito de nortear o gerenciamento, fiscalização e monitoramento do lodo em solo gaúcho. Contudo, ressalta-se que a

Concessionária é uma das principais partes envolvidas, sendo a empresa que mais atende a população no que se refere ao abastecimento de água potável e, com isso, não existe imparcialidade por parte da Companhia para desenvolver uma resolução sem que isso acabe voltando em seu benefício próprio.

Assim, o trabalho em tela se faz necessário para avaliar de forma criteriosa e técnica a minuta sugerida pela CORSAN, em comparação ao levantamento bibliográfico proposto pelo presente trabalho bem como às Leis Federais e Estaduais vigentes no Brasil, de forma a gerar uma normativa estadual mais confiável e coerente às exigências dos órgãos ambientais competentes.

#### **4. REFERENCIAL TEÓRICO**

O presente item visa a formulação de embasamento teórico para a problemática envolvendo o lodo de ETA. No item 4.1 é apresentado um panorama geral a respeito da qualidade dos recursos hídricos no Brasil; no item 4.2, uma descrição acerca das etapas do processo convencional do tratamento de água; no item 4.3, uma descrição sobre coagulantes inorgânicos; no item 4.4, uma apresentação dos impactos de metais pesados no ambiente; no item 4.5 uma narrativa da história do lodo ao longo dos anos; no item 4.6, uma apresentação de conceitos sobre a disposição final do LETA; no item 4.7, uma exposição das alternativas existentes para gerenciamento do LETA; no item 4.8, uma descrição dos processos de tratamento do lodo; no item 4.9, uma exposição da gestão do lodo em outros países; e, por fim, no item 4.10, um debate acerca da gestão do lodo no Brasil.

##### **4.1. Qualidade dos Recursos Hídricos**

No que diz respeito à disponibilidade de recursos hídricos, o Brasil é considerado um país privilegiado, pois possui aproximadamente 12% da água doce disponível no planeta (OSTRENSKY, 2007). Contudo, os principais problemas que envolvem a escassez hídrica no país decorrem, principalmente, da combinação do crescimento exacerbado das demandas localizadas e da degradação da qualidade das águas (CORAL, 2009). De acordo com o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento de Recursos Hídricos, divulgado em março de 2015, o consumo de água no mundo cresceu duas vezes mais que a população e a estimativa é que a demanda aumente 55% até 2050, além de prever que a população mundial chegará a 9,6 milhões no mesmo período.

De Oliveira et al. (2011) destacam que as civilizações ao longo da história da humanidade surgiram ao redor de rios e lagos, em função da necessidade de residirem onde

lhes fossem garantidas condições de sobrevivência, e, com isso, os recursos hídricos acabaram por sofrer contaminação, poluição e descaracterização devido às atividades humanas. Neste aspecto, salienta-se que a justificativa para a necessidade de proteção à qualidade dos mananciais é encontrada em dados sobre a água. De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU, 2015), no planeta há somente 2,5% de água doce disponível (aproximadamente 35 milhões de km<sup>3</sup>). Sendo que desse volume, cerca de 70% está sob a forma de gelo, quase 30% sob o solo e 0,3% em rios e lagos. No Brasil, conforme supracitado, há pouco mais de um décimo desse montante, de forma que 70% está localizado na região Amazônica, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2015).

Os corpos hídricos são as fontes de abastecimento dos SAAs. Sendo assim, esses mananciais devem ser preservados e seguir a legislação de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica, a qual pertencem. Achon et al. (2011) ressaltam que nos casos em que há a degradação da qualidade ambiental do curso d'água, onde a água é captada, as ETAs carecem elevar a quantidade de produtos químicos aplicados no tratamento e, em consequência, há um aumento dos resíduos gerados e, com isso, maiores perdas associadas a lavagem de decantadores. A degradação da qualidade dos recursos hídricos, tanto superficiais quanto subterrâneos, deve-se, principalmente, ao crescimento de centros urbanos, aliado à atividade industrial, agrícola e residencial, os quais intensificam a geração de resíduos e o lançamento de substâncias nocivas ao homem e ao ambiente (CARVALHO, 2010).

Assim, a migração de pessoas para grandes cidades em busca de oportunidades, entre os séculos XIX e XX, aliada à expansão desordenada de áreas urbanas vêm acarretando muitos prejuízos para a qualidade ambiental. A concentração da população de baixa renda e de vulnerabilidade social em situações de escassez de recursos como saneamento básico é um fator crítico quando o assunto é a poluição de corpos hídricos (RATTNER, 2009). Nessas áreas, normalmente não há coleta de resíduos sólidos pela prefeitura e estes acabam sendo descartados no ambiente. Da mesma forma, a falta de rede de coleta de esgotos domésticos resulta em lançamento de esgoto diretamente em corpos d'água. No Brasil, a poluição de mananciais se dá, principalmente, pela contaminação de águas residuárias, a principal fonte de contaminação, seguida pela poluição associada ao uso de agroquímicos no solo (MAROUELLI, 2014).

Outra fonte de poluição para corpos hídricos é o lançamento de efluentes oriundos da atividade industrial. Diferentemente de esgotos domésticos, os efluentes industriais possuem parâmetros e características específicas a depender do tipo de indústria e da matéria-prima utilizada no processo industrial (WAELEKENS, 2010). Indústrias de celulose, por exemplo,

geram efluentes com elevada concentração de Demanda Química de Oxigênio (matéria orgânica), que impactam significativamente o ambiente devido ao consumo de oxigênio quando lançados sem tratamento em corpo d'água (AZZOLINI, 2012). Já indústrias de processamento ou produção de metais geram efluentes com altas concentrações de metais pesados, que uma vez em corpo hídrico podem ter efeito bioacumulativo no corpo de organismos como em peixes ou até mesmo no ser humano (FONSECA et al., 2018).

Os fertilizantes e os pesticidas que são utilizados em áreas de plantio se configuram como uma forte ameaça à qualidade dos recursos hídricos. A ocorrência de chuvas após a aplicação desses produtos em lavouras acarreta a lixiviação de contaminantes presentes e o transporte para corpos d'água (SOUZA et al., 2012). Os adubos, em especial, contêm uma grande quantidade de nutrientes como o nitrogênio e o fósforo, e uma vez que esses compostos alcançam um corpo hídrico existe o risco de ocorrência do fenômeno de eutrofização (DEXTRO, 2019). A eutrofização consiste no consumo desses nutrientes por cianobactérias (algas) presentes na água, cujo principal efeito é a drástica redução de oxigênio dissolvido, configurando-se como um risco para a vida do ecossistema aquático (BARRETO, 2013).

É válido lembrar que, embora haja maior facilidade de contaminação em recursos hídricos superficiais, há também a degradação da qualidade hídrica que ocorre em águas subterrâneas. A contaminação de aquíferos por efluentes domésticos e industriais, por exemplo, se dá, geralmente, pela infiltração de contaminantes no solo, os quais percolam as partículas do meio poroso e acabam no lençol freático (RIBEIRO et al., 2011). As fontes de contaminação não diferem dos recursos superficiais e, normalmente, ocorrem em locais com falta de saneamento básico, em áreas de aterro com deficiência na impermeabilização de fundo ou lixão, áreas mineradas, lotes industriais, entre outros (SILVA, 2014).

No Brasil, a outorga dos direitos de uso e a cobrança pelo uso da água são dois instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), regida pela Lei Federal nº 9.433/1997 (BRASIL, 1997). Além disso, a Política visa proteger o uso racional da água e o equilíbrio entre a oferta hídrica e os usos setoriais (CUNHA, 2012). A PNRH estabelece, ainda, o enquadramento dos corpos hídricos em classes, segundo os usos preponderantes da água. Dessa forma, essa classificação visa *“I- assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas; II- diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes”*.

Ademais, no país, a classificação dos corpos hídricos de água doce é regulamentada pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA - nº 357/2005, a qual fixa padrões para o enquadramento das águas classificadas como Classe Especial, Classe 1,



Classe 2, Classe 3 e Classe 4 (BRASIL, 2005). Assim, o grau de degradação ambiental varia e é crescente para as classes supracitadas, sendo a Classe 4 a pior classificação dentre as demais. Na Resolução supracitada, o enquadramento é baseado em valores de concentração ou quantidade de alguns parâmetros físicos, químicos e biológicos. Os principais parâmetros analisados são concentração de metais, de matéria orgânica, de nutrientes como nitrogênio e fósforo, de oxigênio dissolvido, de sólidos dissolvidos e suspensos; bem como quantidade de microrganismos patogênicos (coliformes termotolerantes) e cianobactérias. Além disso, Oliveira (2016) destaca que, com o intuito de criar meios para a preservação ambiental de mananciais, 60% dos municípios brasileiros possuem Leis Municipais para a proteção e recuperação das condições ambientais desses corpos d'água.

#### **4.2. Tratamento de Água**

No Brasil a maior parte da água para abastecimento público é captada em corpos hídricos superficiais com enquadramento Classe 2 - classificação contida na Resolução CONAMA n° 357/2005 (BRASIL, 2005). Dessa forma, de acordo com o Art. 4° inciso III da referida Resolução, águas doces classificadas como Classe 2 podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional.

O tratamento convencional é composto pelas seguintes etapas: clarificação - com utilização de coagulante - floculação, seguida de desinfecção e correção de pH. Após o tratamento a água clarificada deve atender aos parâmetros de potabilidade da Portaria GM/MS n° 888/2021 (BRASIL, 2021).

Os tratamentos convencionais de água, que configuram basicamente as etapas de coagulação - com sais inorgânicos ou compostos orgânicos - sedimentação, filtração e desinfecção, têm como objetivos, dentre outros aspectos, a clarificação da água e a remoção de odores e compostos que afetam o gosto da água tratada (SCHNEIDER e TSUTIYA, 2001). Essas etapas são amplamente empregadas e apresentam desempenho considerado satisfatório na obtenção de água potável.

A Figura 1 apresenta o fluxograma de um SAA, bem como os processos e operações unitárias que contemplam o tratamento convencional. A seguir são descritas cada etapa envolvida neste tipo de tratamento.

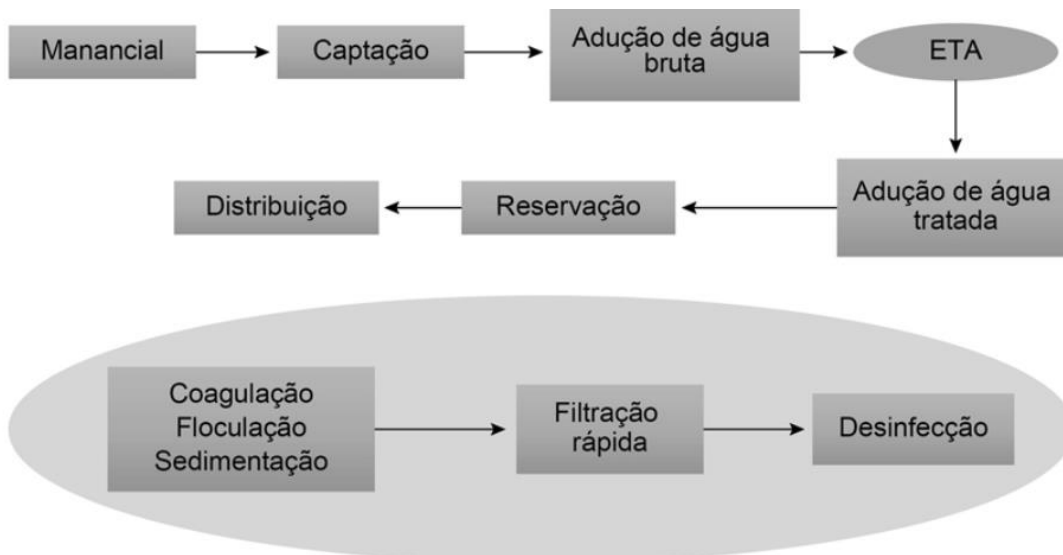


Figura 1 - Concepção clássica de ETAs convencionais (Fonte: FERREIRA FILHO, 2017).

- 1) **COAGULAÇÃO:** A primeira etapa do tratamento convencional é a coagulação, na qual é aplicado um produto químico, chamado de coagulante, cuja finalidade é promover a aglomeração dos sólidos contidos na água através de uma mistura rápida (RICHTER, 2017). Durante a coagulação também poderá ser necessária a utilização de um alcalinizante (cal hidratada ou virgem) que fará a correção de pH para a atuação mais efetiva do coagulante (FERREIRA FILHO, 2017).
- 2) **FLOCULAÇÃO:** Na etapa de floculação, que ocorre através da redução da movimentação na água (mistura lenta), o objetivo é a formação de partículas maiores (flocos) (RICHTER, 2001). Durante as duas fases iniciais, portanto, as impurezas presentes na água são agrupadas pela ação de um coagulante para que sejam formados flocos capazes de sedimentar nos decantadores.

A coagulação e floculação são etapas de grande importância no tratamento de água, pois possuem relação direta com o desempenho da sedimentação e filtração (CAMPOS et. al, 2005). A eficiência da coagulação e da floculação é influenciada por fatores como pH, turbidez, alcalinidade, dosagem do coagulante, intensidade de agitação, ponto de aplicação do coagulante, tamanho e distribuição do tamanho das partículas, sólidos totais dissolvidos, cor, entre outros (DI BERNARDO et al, 2002).

- 3) **DECANTAÇÃO:** Na etapa de decantação ou sedimentação, a água passa através dos tanques de decantação e, devido a ação da gravidade, os flocos formados nas etapas anteriores são acondicionados no fundo desses tanques (FERREIRA FILHO, 2017). Assim, o líquido clarificado segue para a etapa de filtração.

**4) FILTRAÇÃO:** Nesta etapa, a água percola por filtros, os quais geralmente são constituídos por areia, onde o objetivo é retirar os sólidos que permaneceram na água após a decantação (RICHTER, 2001).

**5) DESINFECCÃO/FLUORETAÇÃO:** Por fim, as últimas duas etapas são, respectivamente, a desinfecção e a fluoretação. A primeira consiste na adição de um agente químico (desinfetante), cuja finalidade é promover a destruição e/ou a inativação de microrganismos indesejáveis (patogênicos), que possam provocar a disseminação de doenças na população (DI BERNARDO, 2002). O produto mais utilizado em ETAs para purificação da água é o cloro (cloro gasoso, hipoclorito de cloro e hipoclorito de cálcio) (RICHTER, 2017). Por fim, na etapa de Fluoretação é aplicado um composto à base de flúor (fluoreto de sódio, fluoreto de cálcio, fluossilicato de sódio e ácido fluossilícico). A aplicação destes compostos tem o intuito de reduzir a incidência de cáries dentárias nas pessoas (RAMIRES, 2007).

É válido lembrar que em ETAs que realizam a captação de águas doces enquadradas como Classe 3, ou ainda, a adução em locais com elevada concentração de íons metálicos (como, por exemplo, fontes de água subterrânea), as etapas de tratamento diferem do tratamento convencional (BRASIL, 2005). Nesses casos, deve-se proceder com a execução do tratamento indicado pela Resolução CONAMA n° 357/2005 de acordo com a classe de enquadramento do manancial de captação ou então de forma a obter os padrões de potabilidade fixados pela Portaria n° 888/2021 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021). No Brasil, segundo dados do IBGE (2017), dos 4.873 municípios com serviços de abastecimento de água por rede geral de distribuição em funcionamento com ETAs ou Unidades de Tratamento Simplificado (UTSs), 2460 (cerca de 50%) realizam o tratamento do tipo convencional.

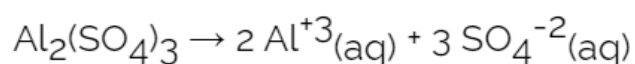
### **4.3. Coagulantes Inorgânicos e Orgânicos**

Conforme supracitado, durante o tratamento convencional ocorre a etapa de coagulação, na qual é aplicado na água um produto químico. Normalmente são empregados coagulantes inorgânicos, constituídos de sais de ferro e alumínio, sendo que os mais utilizados são o sulfato de alumínio, o cloreto férrico, o sulfato ferroso, o sulfato férrico, o policloreto de alumínio (PAC) e os polímeros catiônicos (CORAL, et al. 2009). Esses coagulantes são efetivos na remoção de uma ampla variedade de impurezas da água, incluindo partículas coloidais e substâncias orgânicas dissolvidas (DI BERNARDO et al., 2002). A seguir, serão descritos os três principais coagulantes inorgânicos, - o sulfato de alumínio, o cloreto férrico

e o policloreto de alumínio - os quais são os compostos comumente utilizados no tratamento de água para abastecimento, tanto no Brasil como em outros países (ALVES et al., 2017), - bem como o coagulante orgânico a base de tanino, utilizado em substituição aos coagulantes inorgânicos (SOUZA, 2017).

#### 4.3.1. Sulfato de Alumínio

O sulfato de alumínio possui fórmula molecular  $Al_2(SO_4)_3$ , massa molar de 342,15 g/mol, densidade de 2,67 g/cm<sup>3</sup> e solubilidade em água de 870 g/L (AVANEX, 2015). Quando em contato com a água, ele se dissolve e sofre o processo de dissociação, representado pela Equação 1.



*Equação 1*

O sulfato de alumínio é bastante utilizado no processo de coagulação/floculação, devido à característica de aderir-se a sólidos em suspensão presentes na água (NAKANO, 2016). É o produto mais usado como coagulante inorgânico no tratamento de água, uma vez que esse composto é bastante eficiente em relação à redução da cor, turbidez, demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (PIANTÁ, 2008). A grande utilização desse coagulante deve-se à facilidade no seu transporte e manejo, sendo um material de baixo custo, o qual é produzido em várias regiões brasileiras (FIORENTINI, 2005).

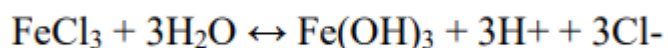
Por mais que o sulfato de alumínio seja utilizado para tratamento de água de piscinas, o seu uso doméstico é pouco indicado, pois pode acarretar alteração do pH da água. Em contato com o corpo humano, esse produto pode ser absorvido pela pele, pelos olhos e pelas vias respiratórias, causando irritação local e aparecimento de sintomas sistêmicos (AVANEX, 2015).

O sulfato de alumínio vem sendo utilizado a mais de 100 anos em todo o mundo e em diferentes conceitos de sistema de tratamento, visando a remoção de materiais particulados, coloidais e substâncias orgânicas via coagulação química (CORAL, et al. 2009). Todavia, o uso extensivo do sulfato de alumínio tem sido discutido devido à presença de alumínio remanescente na água tratada e no lodo gerado ao final do processo, muitas vezes em concentrações bastante elevadas, o que dificulta a disposição do mesmo no solo devido a contaminação e o acúmulo deste metal (NASCIMENTO, 2018). Inclusive, destaca-se que, devido à possível toxicidade do alumínio na água para abastecimento humano, o padrão exigido pela Portaria GM/MS n° 888/2021 é de 0,2 mg/L (BRASIL, 2021).

A composição do lodo gerado a partir da utilização do sulfato de alumínio possui de 0,1 a 4% de sólidos totais, de 15 a 40% de alumínio, de 35 a 70% de compostos inorgânicos, de 15 a 25% de matéria orgânica, pH na faixa de 6 a 8, DBO de 30 a 300 mg/L e DQO de 30 a 5.000 mg/L (RICHTER, 2009).

#### 4.3.2. Cloreto Férrico

O cloreto férrico é um sal à base de ferro trivalente, o qual possui fórmula molecular  $\text{FeCl}_3$ , massa molar de 162,2 g/mol, densidade de 2,9 g/cm<sup>3</sup> e solubilidade em água de 1.020 g/L a 25°C (CETESB, 2014). É utilizado em processos de tratamento de águas, esgotos e tratamento de efluentes em processos industriais, tratamento superficial de metais, purificação de glicerina, entre outros (ALMEIDA, 2019). Seu uso mais comum é como coagulante para eliminar sólidos dificilmente filtráveis e que não decantam facilmente em SAA (CAMPOS, 2005). Os sais de ferro, de modo geral, são muito utilizados como agentes coagulantes por reagirem de forma a neutralizar as cargas negativas dos coloides e proporcionar a formação de hidróxidos insolúveis de ferro (SOLANA, 2014). No processo de clarificação da água, este composto reduz drasticamente a turbidez, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e também a presença de fosfatos e trihalometanos (CARAVELLI, 2012). Em meio aquoso, o  $\text{FeCl}_3$  se dissocia em íons positivos e negativos conforme pode ser visualizado nas Equações 2 e 3.



*Equação 2*



*Equação 3*

Em águas com elevada coloração e mais ácidas, o cloreto férrico é o coagulante mais eficiente (OLIVEIRA, 2016). A grande aplicação do cloreto férrico como coagulante inorgânico se dá, principalmente, devido a sua produtividade em grandes variações de pH e de temperatura (ALMEIDA, 2019). Segundo Richter (2009), devido à baixa solubilidade dos hidróxidos de ferro formados, os sais de ferro podem ser aplicados como coagulantes em amplas faixas de pH, variando de 4 a 11.

Segundo estudos realizados por Shi et al. (2004), o cloreto férrico apresenta menor risco à saúde, em comparação aos coagulantes a base de alumínio, considerando que estes apresentam suspeitas de serem carcinogênicos e mutagênicos. A problemática envolvida na utilização do  $\text{FeCl}_3$  é sua alta corrosividade, a qual compromete algumas partes metálicas em sistemas de tratamento e demandam certos cuidados referentes ao uso e à estocagem do

produto (MENEZES, 2009). No Brasil, o valor máximo permitido de ferro residual na água para consumo humano, de acordo com a Portaria n° 888/2021, é de 0,3 mg/L (BRASIL, 2021).

O lodo produzido a partir da utilização de cloreto férrico como coagulante inorgânico apresenta características similares às do lodo proveniente do uso de sulfato de alumínio, com 0,25 a 3,5% de sólidos totais; 4,6 a 20,6 % de ferro; 5,1 a 1,41 de compostos voláteis; e pH, variando de 7,4 a 9,5 (RICHTER, 2009).

#### **4.3.3. Policloreto de Alumínio**

O policloreto de alumínio, conhecido como PAC, geralmente é formulado como  $Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$ , contando com adição de pequenas quantidades de outros elementos, e é produzido a partir da reação entre alumínio e ácido clorídrico (LEMOS, 2020). O  $AlCl_3$ , policloreto de alumínio 18% (PAC 18), possui massa molecular de 133,34 g/mol, densidade de 2,44 g/cm<sup>3</sup> e solubilidade em água de 458 g/L a 20°C (CETESB, 2014). O PAC18 é um elemento inorgânico polimerizado catiônico de baixo peso molecular e pré-polimerizado, apresentando-se na forma líquida com aparência viscosa (RODRIGUES, 2014).

Este composto apresenta capacidade de formar flocos com uma velocidade superior aos coagulantes tradicionais, não polimerizados, o que garante que os flocos tenham maior densidade e, dessa forma, a precipitação ocorra mais rapidamente (CARDOSO, 2006).

O PAC se destaca frente aos demais coagulantes inorgânicos devido ao seu poder de coagulação em amplas faixas de pH, o que permite a adição de menor quantidade de alumínio na água em comparação ao sulfato de alumínio (ALMEIDA, 2019). Segundo Rodrigues (2014), dentre as principais vantagens do uso do PAC como coagulante, destacam-se:

- se reduz a quantidade de alcalinizante adicionado à água, pois o pH permanece praticamente inalterado, mesmo em grandes quantidades de coagulante;
- não há necessidade de adição de aditivos para floculação;
- boa performance em amplas faixas de pH (de 6 a 9);
- não sofre influência da temperatura;

De acordo com Assunção (2019), o PAC possui grande poder de substituição ao sulfato de alumínio e ao cloreto férrico, uma vez que aumenta a eficiência na decantação primária, melhora as características de filtração e reduz a carga enviada ao tratamento biológico. Além disso, o autor afirma também que esse coagulante auxilia no processo de espessamento do lodo por centrífuga, filtro prensa ou de esteira.

Os riscos toxicológicos do PAC são decorrentes da sua ação corrosiva e da redução do pH dos rios, podendo afetar a sobrevivência de organismos no meio aquático (fauna e flora) (AVANEX, 2015).

#### **4.3.4. Coagulantes Orgânicos**

No Brasil, o início do uso de coagulantes orgânicos para substituir os sais metálicos utilizados no processo de tratamento da água ocorreu no ano de 1982 (SOUZA, 2017). Desde então, vários estudos comprovaram a eficiência de compostos como taninos, goma xantana, moringa oleífera, entre outros, na remoção de impurezas da água (NEPOMUCENO, 2018). Os principais polímeros naturais usados como coagulante no tratamento de água são a quitosana (produto obtido a partir da quitina, extraída das carcaças de crustáceos), a acácia negra (polímero catiônico preparado a partir do tanino extraído da acácia negra) e a moringa oleífera (espécie vegetal originária do nordeste indiano) (SOLANA, 2014).

Dentre os coagulantes poliméricos, compostos derivados de taninos vegetais têm se mostrado eficientes no tratamento de efluentes e águas destinadas ao consumo humano (CASTRO-SILVA et al, 2004). Os taninos são moléculas compostas por anéis aromáticos policíclicos com elevada massa molar e são constituídos de pequenas unidades (monômeros) e, por esta razão, são considerados polímeros (NAKANO, 2016). Esses compostos são encontrados nos vegetais e são compostos fenólicos que podem variar de classe e teor de uma planta para outra, tendo influência direta nessas variações o solo, onde se encontra a planta, e o clima da região (CASTEJON, 2011). Ademais, o uso de taninos permite a eliminação ou redução da toxidez existente na água oriunda de fontes contendo clorofíceas ou bactérias clorofiladas (CORAL, et al. 2009).

De acordo com o estudo realizado por Trevisan (2014), o qual analisou o desempenho do Tanfloc SG (exemplo de tanino) em comparação à eficiência do sulfato de alumínio e o cloreto férrico, definiu-se o coagulante orgânico como forte substituto aos coagulantes inorgânicos, visto que apresentou significativa remoção de parâmetros como cor e turbidez, respeitando aos padrões de potabilidade previstos pela Portaria de Consolidação nº 888/2021. Além disso, devido à sua origem orgânica, os coagulantes naturais não modificam a alcalinidade da água (VAZ et al., 2010). Segundo Mangrich (2013), no que diz respeito ao lodo gerado a partir da aplicação de coagulantes orgânicos, destacam-se:

- a biodegradabilidade do lodo, possibilidade a compostagem e a destinação final;
- a redução da quantidade de lodo gerado em comparação aos coagulantes inorgânicos;
- a maior facilidade de desidratação;

- a possibilidade de geração de energia por meio da combustão;
- o uso como fertilizantes em solo devido à ausência de metais;
- o baixo nível de toxicidade do lodo.

Ao contrário do lodo gelatinoso e volumoso oriundo do uso do sulfato de alumínio, o lodo formado pelo uso de coagulantes poliméricos é relativamente mais denso e fácil de ser desidratado, facilitando, assim, o seu manuseio e a sua disposição (CORAL et al., 2009).

Os taninos além de minimizar em 65% os parâmetros de cor, turbidez, DQO e DBO, adsorve os metais como o alumínio, ferro, zinco, entre outros, eliminando-os do meio e diminuindo assim sua toxidez (FIORENTINI, 2005).

#### **4.3.5 pH e Alcalinidade**

Na aplicação de cada coagulante inorgânico no tratamento de água demanda-se por um pH adequado, sendo assim, algumas vezes é necessário ajustar o parâmetro do componente químico escolhido. Geralmente é utilizado o hidróxido de cálcio ou carbonato de cálcio para elevar o pH da água e o ácido sulfúrico para reduzir (RICHTER et al., 2009).

Nesse contexto, o sulfato de alumínio é usado em pH variando de 5,0 a 8,0; o cloreto férrico produz bons resultados em amplo intervalo de pH (de 5,0 a 11,0); o sulfato ferroso é bastante útil no tratamento de águas com elevado pH (na faixa de 8,5 a 11,0); e o sulfato férrico, em águas com elevada cor ou acidez, com pH efetivo na faixa de 5,0 a 11,0 (CAMPOS, 2005).

Os coagulantes à base de ferro são mais efetivos do que o sulfato de alumínio e o PAC na remoção de impurezas em águas com baixo pH, tendo o sulfato de alumínio um espectro mais restritivo para formação de precipitado (DE SOUZA, 2010). Contudo, a escolha pelo melhor coagulante a ser utilizado e do auxiliar na floculação, em geral, é baseada em questões de custos, aliadas à confiabilidade, à segurança e ao modo de armazenamento do material (MORCELLI, 2011).

#### **4.4. Impacto de Metais**

Traços metálicos são elementos metálicos, os quais apresentam concentrações individuais que normalmente não ultrapassam 1.000 mg/kg (0,1%), sendo assim chamados de elementos traços (DOMINGUES, 2009). São considerados de grande importância devido, principalmente, a não serem biodegradáveis e sofrerem o fenômeno de bioacumulação nos organismos, isto é, o incremento da concentração dos metais ao longo da cadeia alimentar dos seres vivos (OLIVEIRA et al., 2014). Uma vez que os metais-traço são despejados em corpos



hídricos, por exemplo, ocorre a partição entre a água e os particulados suspensos, sendo que parte desta carga é metabolizada pela flora e fauna local e parte deposita-se nos sedimentos de fundo (destino final do contaminante) (SOUZA et al., 2015).

Neste contexto, os sais de alumínio e de ferro, presentes na composição do LETA da grande maioria das ETAs brasileiras, são ambientalmente indesejáveis, pois em contato com a água podem disponibilizar íons solúveis que comprometem a saúde humana (VAZ et al., 2010). Desta forma, nos tópicos a seguir são descritos os principais impactos causados pela presença de concentrações anormais de alumínio e ferro no ecossistema aquático e na sobrevivência dos seres vivos, incluindo o homem.

#### **4.4.1. Alumínio**

O alumínio (Al) é um elemento onipresente nas águas naturais, surgindo como um sal solúvel, colóide ou composto insolúvel, podendo ser detectado em águas tratadas como resíduo de coagulação com sulfato de alumínio (ALVES, 2010).

Baird (2002) apud Trocin (2017), indica a partir de pesquisas feitas na Austrália e no Canadá nos anos 90, que o consumo de água potável com mais de 100 ppb de alumínio pode ocasionar danos neurológicos no ser humano, como perda de memória e um possível aumento da incidência da Doença de Alzheimer. Cruz et al. (2020) confirmam que concentrações desse composto na água podem ser um fator de risco para o surgimento de degeneração neurofibrilar, demência degenerativa primária, sendo um agente causal de diálise encefalopática, um distúrbio cerebral fatal que ocorre em alguns doentes com insuficiência renal crônica. Além disso, o alumínio, dependendo da dosagem, é considerado tóxico e pode provocar doenças de demência e coordenação motora, devido à deficiência renal em filtrar o sangue que é levado ao cérebro, como o Mal de Parkinson e a Síndrome de Down (FIORENTINI, 2005).

No que diz respeito aos impactos na flora, altos níveis de alumínio podem provocar a redução da taxa de crescimento radicular de plantas sensíveis, afetando o seu alongamento e a divisão celular (FERREIRA et al. 2022).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS) o valor fixado como valor-guia para o Alumínio é de 200 µg/L (ROSALINO, 2011).

#### **4.4.2. Ferro**

O ferro (Fe) é um elemento naturalmente encontrado (nos estados  $Fe^{2+}$  e  $Fe^{3+}$ ), sendo caracterizado como metal branco, prateado, maleável, reativo e facilmente oxidável (DELGADINHO, 2014). É um nutriente essencial para as funções fisiológicas de animais e

plantas. Nos mamíferos, por exemplo, o ferro é um componente para auxiliar a respiração e a produção de energia na mitocôndria e é importante para a biogênese mitocondrial (LEE et al., 2015).

Altas concentrações de ferro no corpo humano provoca danos à saúde, podendo levar a doenças hepáticas crônicas, metabólicas, síndromes e diabetes, com bioacumulação do elemento no fígado e em outros órgãos tais como coração, pâncreas e glândula pituitária (MARDER, 2017). A fibrose hepática e a cirrose (danos no fígado), em geral, ocorrem quando os níveis de ferro no órgão aumentaram 10 vezes o valor normal (GANZ NEMETH, 2006). De acordo com estudos realizados por Choi et al. (2013), seres humanos adultos com sobrecarga de ferro devido à hemocromatose hereditária (HH) têm uma alta prevalência de diabetes e intolerância a glicose e a também associações estreitas entre hiperferritinemia e ambos síndrome metabólica e diabetes tipo 2 na população em geral não-HH.

Altas concentrações de ferro em plantas são acumuladas nos tecidos, exibindo folhas amareladas e/ou bronzeamento com escurecimento das raízes (JUCOSKI et al., 2016). A “placa de ferro” criada na superfície radicular pode ainda causar desbalanços nutricionais nas plantas induzindo deficiência de alguns minerais essenciais tais como fósforo, cálcio, potássio, magnésio e zinco, causando severas reduções no crescimento e produtividade das plantas, podendo danificar estruturas, como o DNA, as proteínas e lipídeos (ALEXANDRE et al., 2012).

Segundo a OMS, os estímulos da necessidade máxima de ferro no corpo humano dependem da idade, sexo, estado fisiológico e biodisponibilidade de ferro, variando de 10 a 50 mg/dia (WHO, 2004). Como precaução contra a bioacumulação desse metal no corpo, em 1983 o Comitê Misto de Especialistas em Aditivos Alimentares da OMS (JECFA) estabeleceu uma dose de referência (a ingestão tolerável semanal provisória – PMTDI) de 0,8 mg/kg de peso corporal, o qual se aplica ao ferro de todas as fontes, exceto aos óxidos usados como corantes e suplementos tomados durante a gravidez e lactação ou para necessidades clínicas específicas. Uma alocação de 10% deste valor (PMTDI) para água potável gera um valor de cerca de 2 mg/L (sem riscos à saúde). Nenhum valor-guia é proposto pela Organização.

#### **4.5. Lodo de Estação de Tratamento de Água**

A origem do tratamento de água para abastecimento é datada em 1829, com a construção do primeiro sistema de tratamento de água em Londres, na Inglaterra, cuja função da ETA era coar a água do rio Tâmsa em filtros de areia (RODRIGUEZ, 2021). No Brasil, o primeiro registro de saneamento ocorreu em 1561, com as obras do aqueduto do Rio Carioca

para abastecimento do Rio de Janeiro através de um poço escavado, o qual foi concluído somente 100 anos depois (DOS REIS NUNES, 2020). A distribuição de água através de tubulação se deu em 1861 e 1876 em Porto Alegre e no Rio de Janeiro, respectivamente (COSTA et al., 2015).

Nessa mesma época, a capital fluminense foi a primeira cidade do mundo a inaugurar uma ETA com seis filtros de pressão de ar/água (OLIVEIRA et al., 2014). Com o avanço da ciência e do conhecimento, o processo de tratamento de água se tornou mais eficiente e criterioso. Muito mais do que a utilização de filtros como no passado, o tratamento realizado em ETAs hoje utiliza de coagulantes inorgânicos, agentes desinfectantes e compostos para correção de pH. O uso de coagulantes, no Brasil, já ocorre em grande escala desde a década de 1940 após a inserção do produto no mercado (RODRIGUEZ, 2021). Dessa forma, a água tratada hoje possui características mais potáveis e com menores riscos de contaminação à população. Contudo, essa modernização no tratamento desencadeou a geração de resíduos, os quais carecem de gerenciamento pelas ETAs.

No sistema de tratamento em ETAs convencionais, obtém-se água potável para abastecimento da população e como subproduto do processo existe a geração de lodo oriundo das etapas de coagulação/floculação e decantação. Sendo assim, o principal resíduo gerado durante o tratamento de água de uma ETA convencional é o LETA. Este resíduo é constituído, basicamente, pelo coagulante inorgânico utilizado no tratamento de água somados às impurezas contidas na água bruta. O lodo, portanto, é formado por sólidos e precipitados químicos, constituído por uma massa de partículas orgânicas e inorgânicas, densa e viscosa (TARTARI et al., 2011). A concentração de sólidos, concentrados no lodo dos decantadores varia entre 0,1% a 4% (RICHTER, 2017). Por sua vez, a água de lavagem dos filtros (ALAF) em uma ETA é classificada com o líquido oriundo da limpeza dos filtros após o processo de filtração em um sistema de tratamento de água (FERREIRA FILHO, 2017). Segundo Marder (2018), a porcentagem da concentração de sólidos na água de lavagem dos filtros varia entre 0,004% e 0,1%.

De acordo com Di Bernardo et al. (2012), existe uma grande discussão em relação à classificação tanto do LETA quanto da ALAF como resíduos, devido, principalmente, à concentração de sólidos presentes. Os autores ressaltam, entretanto, que tanto a Lei Estadual nº 12.300 de 16 de março de 2006 (SÃO PAULO, 2006), promulgada pelo Estado de São Paulo, quanto a Norma Brasileira (ABNT NBR 10.004), de novembro de 2004 (BRASIL, 2004), classificam esses compostos como resíduos sólidos. Salienta-se, portanto, a definição de resíduos sólidos contida na Norma supracitada, a qual está destacada a seguir.



de materiais orgânicos e inorgânicos removidos da água bruta ou ainda provenientes dos produtos químicos aplicados durante o processo de tratamento (MOREIRA et al., 2009). Na Tabela 1 são destacadas as características típicas do LETA gerado a partir da aplicação do sulfato de alumínio e de sais de ferro (RICHTER, 2001).

Parâmetros	Lodo de Sulfato de Alumínio	Lodo de sais de Ferro
Sólidos Totais (%)	0,1 - 4	0,25 - 3,5
pH	6 - 8	7,4 - 9,5
Fe (%)	-	4,6 - 20,6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .5,H <sub>2</sub> O (%)	15 - 40	-
Inorgânicos (%)	35 - 70	-
Matéria orgânica (%)	15 - 25	-
DBO (mg/L)	30 - 300	-
DQO (mg/L)	30 - 5000	-
Voláteis (%)	-	5,1 - 14,1

Tabela 1 – Características típicas de lodo de ETA (Fonte: Adaptado de RICHTER, 2001).

Conforme dados do IBGE (2010), estima-se que as concessionárias responsáveis pelo tratamento de água no Brasil produzem cerca de 41.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/dia de água tratada por ETAs convencionais e não-convencionais. As ETAs convencionais geram aproximadamente 30,5.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/dia, equivalente a 93% da água tratada no país. Achon et al. (2013) afirmam que de 1 a 4% do volume de água corresponde à produção de LETA. Sendo assim, calcula-se que é gerado, em todo território nacional, em torno de 613 mil m<sup>3</sup>/dia deste resíduo (OLIVEIRA, 2016).

#### 4.6. Destinação Final do LETA

Conforme Tsutiya e Hirata (2001) apud Oliveira (2016), existem alternativas para o reaproveitamento e disposição do lodo de ETA, a depender da sua composição e porcentagem de incorporação. Dentre elas, destacam-se o lançamento em corpos hídricos, o despejo em aterros, a aplicação no solo, a incineração, entre outros. Neste contexto, é válido salientar que a definição entre os termos destinação final e disposição final devem estar bem distintos no que diz respeito ao gerenciamento do LETA em SAAs. Com isso, a seguir são descritas as definições contidas na Lei Federal n° 12.305/2010 para os dois termos em discussão.

**destinação final ambientalmente adequada:** destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais

específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;

**disposição final ambientalmente adequada:** distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos; (Definições da Lei nº 12.305/2010 - BRASIL, 2010).

De acordo com o estudo realizado por Achon et al. (2015), a partir da análise em 22 ETAs de 15 municípios de uma mesma sub-bacia hidrográfica no Estado de São Paulo, demonstrou-se que 9% das ETAs executavam a desidratação do lodo com o posterior envio a aterro sanitário; 86% lançavam em corpo hídrico; e 5% encaminhavam para Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) do município. Com isso, os autores defenderam que, uma vez que o lodo é classificado como resíduo sólido e que grande parte da destinação aplicada é em corpos hídricos ou aterros sanitários, a partir de especificações das Lei Federal nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010) deve-se garantir a gestão e o gerenciamento com vistas à destinação ambientalmente adequada. Além do mais, segundo previsto pelo Art. 9º da Lei Federal supramencionada fica estabelecido o seguinte:

Art. 9º - Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

Dessa forma, Richter (2017) afirma que a disposição final em aterro deve ser a última alternativa a se considerar, devido aos custos gerados no transporte, bem como os impactos ambientais envolvidos.

Ademais, a seguir é destacado o Art. 3º, inciso XVI da Política Nacional de Resíduos Sólidos, o qual dispõe sobre a definição de resíduo. Tal definição versa sobre a inviabilidade de lançamento de qualquer tipo de resíduo em rede pública de esgoto e em corpos hídricos. Salienta-se, entretanto, que este conceito está em desacordo com o que vem sendo realizado com o LETA em todo território nacional.

**Resíduo** é definido como material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (Art. 3º, inciso XVI da Política Nacional de Resíduos Sólidos - BRASIL, 2010).

#### 4.7. Alternativas

Convenientemente, o lodo proveniente de ETAs brasileiras, em geral, ou é lançado diretamente em curso hídrico sem tratamento prévio ou é recolhido, desidratado e, posteriormente, encaminhado para aterros sanitários (SCHMIDT, 2019). Entretanto, com legislações cada vez mais restritivas e altos custos com a disposição, bem como os impactos ambientais associados ao descarte inadequado, faz com que as empresas de saneamento básico busquem por soluções econômicas e sustentáveis para o tratamento e disposição final de lodos gerados (DA SILVA TAKADA et al, 2013).

A principal variável na produção de lodo de ETA é a adição dos produtos químicos no processo de tratamento, podendo ser realizadas as seguintes alterações visando diminuir a sua produção: a) reduzir a adição de produtos químicos; b) utilizar outros tipos de coagulantes ou auxiliares na coagulação, com utilização de coagulantes conservativos; c) recuperação do metal; d) trocar o processo de tratamento pela filtração direta; e) aplicação do lodo na coagulação (ABOY, 1999 apud PIANTÁ, 2008).

Neste aspecto, várias alternativas de aplicação do LETA vêm sendo propostas, em diversos níveis tecnológicos, entre as quais destacam-se as pontuadas a seguir.

- **Recuperação de Áreas Degradadas:** existe a possibilidade de uso do lodo oriundo de SAAs em solo, de forma a reabilitá-lo para o crescimento de plantas em áreas, anteriormente, degradadas como, por exemplo, locais com atividades de mineração, onde houve a remoção de solo da superfície (SOBRAL, 2020; BITTENCOURT et al., 2012; DA SILVA CAMPAGNONI et al., 2020).
- **Remoção de fósforo de efluentes em ETEs com tratamento biológico:** o LETA produzido a partir da aplicação de sulfato de alumínio pode ser aproveitado e utilizados como insumo para a remoção de fósforo em efluentes (ARANTES et al., 2022; ARENHART et al., 2019)
- **Incorporação na fabricação de cimentos:** esse resíduo apresenta em sua composição materiais como calcário, xisto e argila, os quais são fundamentais na fabricação do cimento. Contudo, o teor de sólidos deve ser de no mínimo 50% para viabilizar sua aplicação. Os fatores limitantes, nesse caso, são a presença de elevadas concentrações de matérias orgânicas, antracito ou carvão ativado, sulfato, permanganato de potássio e metais pesados (DO NASCIMENTO et al., 2019).
- **Codisposição em matriz de concreto:** estudos realizados por Hoppen et al. (2005) apontam a possibilidade de uso do lodo de ETA, ainda úmido, em matrizes de

concreto, substituindo-se parcialmente seus insumos: os agregados miúdos e o cimento. Os resultados permitiram concluir que teores com até 5% de LETA podem ser aplicados em situações que vão desde a fabricação de artefatos e blocos até a construção de pavimentos em concreto de cimento.

- **Utilização na fabricação de tijolos:** o LETA possui características químicas e físicas similares às dos materiais usados na fabricação de tijolos, na qual, por exemplo, é bastante utilizado a argila. Assim, os principais benefícios envolvidos na valorização desse resíduo são o aumento da vida útil das jazidas e o próprio reaproveitamento do lodo. O LETA, cuja composição contém hidróxido de ferro, é o mais desejado pelos fabricantes de tijolos, pois contribui esse composto para a cor avermelhada desse material. Além disso, para que seja viável a reutilização do lodo para confecção de tijolos é preciso que o teor de sólidos seja superior a 20% com distribuição granulométrica similar à argila (SCHNEIDER, 2021; CHALHOUB et al., 2019).
- **Inibição da formação de sulfetos:** o resíduo gerado a partir da aplicação de coagulantes a base de sais de ferro podem ser usados em substituição a soluções convencionais para o controle da produção de sulfetos em redes de esgoto, digestores de ETE, entre outros processos em que ocorra digestão anaeróbica, visando assim a redução do enxofre (MARDER, 2017).
- **Aplicação na indústria cerâmica:** De acordo com Margem (2008), o Estado de São Paulo tem utilizado o lodo oriundo de SAAs como matéria-prima na fabricação de blocos cerâmicos, configurando-se como uma boa alternativa de reciclagem para esse resíduo. Salienta-se que a qualidade dos blocos, nesse contexto, é dependente das características do lodo, principalmente sua composição granulométrica.
- **Compostagem e fabricação de solo para jardinagem:** o LETA pode ser compostado em conjunto com outros resíduos sólidos (os orgânicos, por exemplo), dessa forma, o lodo distribui seu teor de umidade e metais-traço, servindo de agente estruturante para as pilhas desses compostos (SMIDERLE, 2016).
- **Substrato de *wetlands* construídas:** estudo recentes, em teste de bancada, reportam os que esse resíduo, quando gerado a partir da aplicação do sulfato de alumínio, pode servir de substrato para sistemas de *wetlands* construídas, a fim de promover o desenvolvimento de biofilme e a adsorção do fósforo (RITTER et al., 2020).
- **Aplicação na agricultura:** de acordo com Alessi (2018), no Brasil não há uma resolução específica para aplicação do LETA em solo agrícola e, devido a isso, é



comum a sua utilização a partir de mistura com lodo proveniente de ETE, o qual possui regulamentação para uso no solo previsto pela Resolução CONAMA n° 498/2020 (BRASIL, 2020). No Rio Grande do Sul, entretanto, pesquisas para aplicação do lodo de ETA no solo têm sido desenvolvidas pela Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA), de forma a provar os benefícios do uso desse resíduo como insumo agrícola (EMBRAPA, 2022).

- **Revestimento de aterros:** conforme resultados encontrados por Prim (2011) a utilização tanto de lodo de ETA quanto de ETE, quando se adiciona solo argiloso à mistura, resulta em comportamento geotécnico similar aos de solo natural usados em cobertura de aterro.

Ademais, destaca-se que, nos últimos anos, vários estudos têm sido realizados em relação à utilização de coagulantes poliméricos alternativos aos coagulantes químicos para a produção de água potável, visando à melhoria do processo, permitindo a redução do lodo gerado e a ausência de metais no mesmo (SOLANA, 2014). De acordo com os resultados dos estudos realizados por Coral et al. (2009) e Piantá (2008) - a fim de verificar a viabilidade técnica de utilização de um polímero natural (Tanfloc) em substituição ao sulfato de alumínio como agente de coagulação e floculação no tratamento de água a partir de teste de jarros (*jar test*) realizados em escala de bancada - indicou-se que o coagulante natural utilizado demonstrou maior eficiência de remoção da água bruta quanto aos parâmetros pH, alcalinidade, obtendo-se resultados bastante próximos entre os dois coagulantes em relação aos demais parâmetros analisados.

Como vantagem observada à utilização de coagulantes orgânicos, destaca-se o fato de serem constituídos de moléculas biodegradáveis e, dessa forma, destruídas durante o próprio tratamento, não persistindo na água tratada ou no lodo (SOUZA, 2017). Por outro lado, Castro-Silva et al. (2004) destacam que esta biodegradabilidade pode permitir o crescimento excessivo de microrganismos presentes na estação de tratamento. Segundo os autores, mesmo que esse estímulo ao crescimento da flora microbiana possa ser útil em sistemas de tratamento de efluentes, no tratamento de água potável, este fato pode resultar em colmatação dos diferentes compartimentos da estação, repercutindo na necessidade de manutenções mais frequentes e elevação no custo operacional do sistema. Dessa forma, o uso de coagulantes orgânicos no tratamento, embora mais benéfico que os coagulantes inorgânicos, deve considerar a identificação e o controle dos microrganismos presentes durante o tratamento (CORAL et al., 2009).

#### **4.8. Tratamento do LETA**

Com o intuito de reduzir os impactos causados pela destinação inadequada do LETA, esse resíduo necessita ser tratado, previamente, antes de ser reaproveitado ou encaminhado à disposição final (OLIVEIRA, 2016). Neste contexto, existem algumas técnicas químicas e mecânicas, as quais podem ser aplicadas. As opções técnicas visam a produção de uma “torta” de lodo com concentração máxima de sólidos, pois tal condição proporciona um aumento das alternativas de aproveitamento e disposição (SABOGAL-PAZ et al., 2005). Achon et al. (2011) ressaltam que a etapa de tratamento desse resíduo deve ser pensada de maneira isolada, pois o tipo de tratamento empregado condicionará o método de reaproveitamento e de destinação.

Dessa forma, o tratamento do LETA objetiva, essencialmente, a remoção da água de forma a concentrar os sólidos e, assim, diminuir o seu volume. Segundo Cordeiro (2002), uma vez reduzido o volume do lodo gerado em ETAs através do tratamento, os custos envolvidos no transporte e destinação deste resíduo serão minimizados; bem como os impactos de degradação ambiental gerados.

De acordo com Di Bernardo (2002), o adensamento (ou espessamento) do lodo é uma técnica para preparar o lodo para o seu posterior condicionamento e desidratação. Richter et al. (2017) destacam que essa fase é de suma importância para separar a água do LETA propriamente dito, a fim de reduzir o seu volume e facilitar os equipamentos usados na etapa de desaguamento final, cujo custo depende do volume de lodo. Os autores supracitados ressaltam ainda que essa fase visa atingir o teor de sólidos de 2%.

Depois do adensamento, o lodo é encaminhado para a etapa de desidratação, a qual pode ser realizada por processos naturais como, por exemplo, os leitos de secagem e as lagoas de lodo (o desaguamento ocorre por evaporação natural ou drenagem); ou pode ser feita por processos mecânicos, a partir da utilização de prensa desaguadora, filtro prensa e de centrifugação (processo rápido e rotativo, onde ocorre a separação do líquido do sólido através de forças centrífugas) (RIBEIRO, 2003). Tais especificações estão contidas na Figura 3. Sendo assim, as ETAs em que esse tipo de processo ocorre são dotadas de Unidades de Tratamento de Resíduos (UTRs), nas quais o lodo é desidratado e, na maioria das vezes, posteriormente, enviado a aterros sanitários.

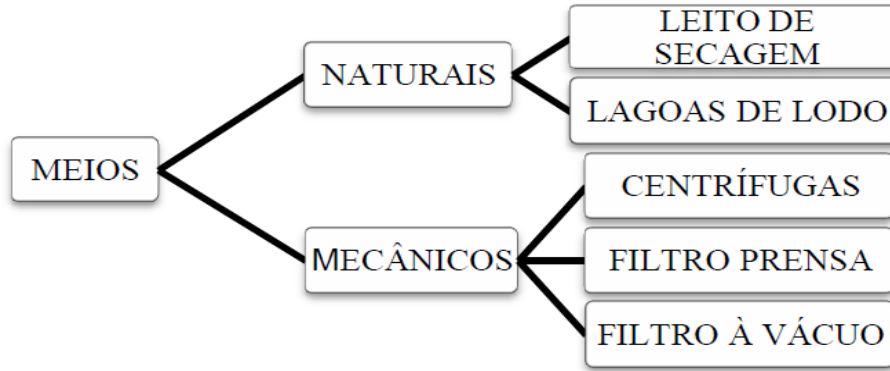


Figura 3 – Meios de redução do volume do LETA que são encontrados em UTRs (Fonte: Adaptado de RIBEIRO, 2003).

#### 4.9. Gestão do LETA em outros países

Em uma análise global, observa-se que a problemática envolvendo o lodo de ETAs também é encontrada em diversos outros países. Entre as destinações mais comuns nos demais países estão o uso em solo, uso em construção civil, disposição em aterros sanitários e/ou aterros especiais e descarga no sistema público de esgoto (PRIM, 2011). De acordo com Ferreira et al. (2009), a tendência mundial de utilização dos resíduos oriundos de SAAs é na incorporação das indústrias cimenteiras (EUA, Japão, Alemanha e Inglaterra) e siderúrgica (Holanda), na agricultura e controle de eutrofização (EUA, Alemanha e Inglaterra), na cobertura de aterros sanitários (EUA) e na composição de revestimentos cerâmicos (Japão e Espanha).

Segundo dados da EPA (2005), a destinação aplicada ao LETA no Japão foi de 20,8% na agricultura; 23% para geração de energia; 4% na indústria de papel e celulose; 10,2% na siderurgia; 18,1% na construção civil; e 15,5 outras aplicações. Nos EUA, o maior percentual de lodo gerado é utilizado na agricultura (25%), enquanto 24% é destinado à rede de esgoto; 20% é disposto em aterro sanitário (adotados em cidades com até 100 mil habitantes); 13% em aterro exclusivo; 11% descarga em corpo hídrico; e 7% outros (TSUTIYA e HIRATA, 2001 apud OLIVEIRA, 2016). Conforme Richter (2017), nos EUA, após a aprovação das emendas *National Pollutant Discharge Act*, o lodo produzido em SAAs passou a ser considerado resíduo industrial e, dessa maneira, a estar sujeito a restrições legais para o lançamento no ambiente.

De acordo com o *UK Water Industry Sustainability Indicators* (UK-WISI, 2011), o total de lodo produzido no Reino Unido entre 2003 e 2004 foi de 1,3 tonelada/ano e seu reaproveitamento foi de 77% e, entre 2004 e 2005, o peso foi mantido, mas o reaproveitamento aumentou para 81%. Em 2010/2011, 80,3% do lodo gerado foi reaproveitado com aplicações no solo, 18% foi incinerado e 0,6% foi disposto em aterro.

O método mais aplicado para destinação do LETA em Taiwan é a incineração, visando reduzir o volume e o peso do resíduo. Enquanto, na Noruega, o volume de lodo gerado é pequeno e, dessa forma, o principal método para destinação é a aplicação no solo (WANG et al., 2013).

Em Portugal é gerado em torno de 200.000 toneladas/ano de lodo oriundo de SAAs, conforme dados do Plano Estratégico de Abastecimento de Águas Residuais (PEAASAR II, 2007). De acordo com a palestra administrada por António João Carvalho de Albuquerque - o qual possui doutorado em Engenharia Civil (Universidade da Beira Interior), mestrado em Engenharia do Ambiente (London University na Inglaterra) e licenciatura em Engenharia do Ambiente (Universidade Nova de Lisboa); ministrada no *Primeiro Encontro Nacional do Lodo de Estação de Tratamento de Água - LETA 2021* (evento que ocorreu no Brasil em junho de 2021) - 75% da água captada em Portugal tem origem superficial, sendo que 90% das ETAs existentes no país realizam tratamento convencional. Segundo ele, a captação média de água bruta para tratamento é de 192 L/hab.dia e o lodo gerado corresponde a 0,35% do volume da água captada. Com isso, estima-se, atualmente, a produção anual de 25.000 toneladas de LETA em Portugal. Em relação à destinação final aplicada para este resíduo no país, António ressalta que 84% do lodo é valorizado, possuindo aplicações como reagente de ETE, em indústrias cerâmicas, cimenteira e da construção, bem como em obras geotécnicas, entre outros; e 16% é disposto em aterros sanitários. Conforme apresentado pelo palestrante, os fatos que estimulam a valorização do LETA em Portugal são destacados a seguir.

- elevados custos associados à disposição em aterros sanitários;
- medidas de incentivo para empresas com políticas de sustentabilidade e engajadas no modelo de economia circular (criação de produtos de valor acrescentado);
- diminuição da pegada carbônica no país;
- pressão dos regulamentos da União Europeia;
- desclassificação do LETA como resíduo e classificação como subproduto.

No que diz respeito ao último item supradestacado, ressalta-se que em Portugal, de acordo com informações fornecidas pelo doutor, o lodo de ETA - chamado no país de lamas de ETAs (abreviado pela mesma sigla: LETA) - é classificado como subproduto. Este conceito encontra-se regulamentado no Art. 44-A do Regime Geral de Gestão de Resíduos (Diploma RGGR) e foi aprovado através da Declaração Federal de Subproduto nº 22 no ano de 2020. Dessa forma, o palestrante pontuou que para que haja reclassificação de resíduo para subproduto, deve-se verificar, cumulativamente, as seguintes condições:

- 1) existir a certeza da sua posterior utilização;
- 2) poder ser utilizado diretamente, sem qualquer outro processamento que não seja o da prática da indústria normal;
- 3) a sua produção ser parte integrante de um processo produtivo;
- 4) cumprir os requisitos relevantes como produto em matéria ambiental e de proteção da saúde e não causar impactos adversos no ambiente e na saúde pública.

Em se tratando da existência de alguma legislação voltada ao bom gerenciamento e à destinação ambientalmente adequada do lodo no país, o palestrante observou que as leis que são consideradas pelos SAAs portugueses emanam das diretrizes europeias, em que “as lamas” são classificadas como resíduos, tanto que estão contidas na lista europeia de resíduos. Sendo assim, devido a esta classificação, o lodo está condicionado às práticas de gestão correta de resíduos e, dessa forma, só pode sair de ETAs após estar desidratado, com teor de umidade inferior a 86%, e os únicos destinos possíveis são ou o envio a aterro sanitário ou, diretamente, a empresas que possuam certificado para realizar a valorização do resíduo.

Por fim, António salientou que a LETA produzida em Portugal possui peculiaridades em relação ao LETA do Brasil, principalmente, a coloração escura devido à utilização de carvão ativado durante o tratamento de água, com umidade variando entre 78 e 86% e concentração de hidróxidos de alumínio e sais de ferro entre 15 e 30%.

O volume de LETA produzido no mundo, anualmente, é de 10.000 toneladas/dia e, com isso, estudos sobre avaliação de aproveitamento de lodo e suas potencialidades são de extrema importância (MASI et al., 2013).

#### **4.10. Gestão do LETA no Brasil**

Segundo Achon et al. (2005), mesmo existindo Leis voltadas à gestão adequada dos resíduos oriundos de SAAs, a maioria dos sistemas de tratamento de água no Brasil não seguem a legislação ambiental vigente e, dessa forma, é possível que as ETAs brasileiras, ultrapassem padrões de lançamento de resíduos, principalmente, no caso de descarte de lodo *in natura* em recursos hídricos. Com isto, compreender as inconformidades encontradas no gerenciamento do LETA no país em contraste às Leis Estaduais e Federais existentes auxilia na elaboração de meios para minimizar a geração desse resíduo, buscando a técnica de tratamento para viabilizar o seu aproveitamento ou para que seja dada a destinação final ambientalmente adequada (OLIVEIRA, 2016).

O Brasil produz 4 milhões de toneladas de lodo em sistema de tratamento de água anualmente (SILVA, 2011). De acordo com dados do IBGE (2010), dos 5.564 municípios

brasileiros, há geração de LETA em 2.098, nos quais em 67,44% dos municípios aplica-se como destinação final o lançamento em rios; em 0,21%, o despejo no mar; em 20,43% o descarte em terrenos baldios; em 3,66%, o envio a aterros; em 0,04%, o destino dado é a incineração; em 2,21%, há o reaproveitamento do resíduo para finalidades não informadas; e em 10,9% dos municípios não há especificação quanto à destinação aplicada.

A implantação de sistemas de tratamento de água está sujeita ao licenciamento ambiental conforme preceitos da Resolução nº 237 de 19 de dezembro de 1997 do CONAMA (BRASIL, 1997). O LETA, por sua vez, é definido, conforme supracitado, como Resíduo Sólido, Classe IIA - Não Inerte, e, portanto, deve estar em conformidade às premissas da Lei Federal nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010) e da série de normas descritas na NBR 10.004/2010 (ABNT, 2004).

A Lei Federal nº 12.305/2010 institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a qual deve-se priorizar a não geração de resíduos, a redução, a reciclagem, o tratamento de resíduos e a sua disposição final adequada (após todas as alternativas de tratamento e aproveitamento serem estudadas). A referida Lei dispõe sobre as diretrizes e o gerenciamento dos resíduos por parte de seus geradores e do poder público, bem como os instrumentos econômicos aplicáveis. Além disso, é válido lembrar que em seu Art. 3º, incisos XV e XVI, define-se a diferença entre resíduo e rejeito, sendo o primeiro passível de ser reutilizado e reciclado. Sendo assim, considerando a definição atribuída ao LETA pela NBR 10.004/2004, o atendimento à legislação requer a busca por alternativas que visem o reaproveitamento, tratamento e/ou disposição final adequada (BRASIL, 2010).

A Lei Federal nº 9.605/1998, conhecida com a Lei dos Crimes Ambientais, determina sanções penais e administrativas aos responsáveis por danos ambientais causados (BRASIL, 1998). Em seu Capítulo V, referente aos crimes contra o meio ambiente, as penas são estabelecidas para cada delito conforme a gravidade. O Art. 54 define que “*causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora*” prevê a reclusão, de um a quatro anos, e multa. Em seu parágrafo 2º, inciso V, é estabelecido que “*se o crime ocorrer por lançamento de resíduos sólidos líquidos ou gasosos, entre outros, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos, a pena prevista é a reclusão de um a cinco anos*” (BRASIL, 1998).

Conforme especificações da Resolução CONAMA nº 430/2011, a qual estabelece as condições, parâmetros e padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos receptores, define-se que qualquer fonte poluidora somente poderá ser despejada em rios/córregos se

tratadas adequadamente e caso forem atendidos os critérios das resoluções e normativas vigentes (BRASIL, 2011). Ademais, a Lei Federal nº 9.433/1997, conhecida como Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), determina que:

O lançamento de resíduos líquidos, sólidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final em corpos d'água, além de outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água, está sujeita à outorga do Poder Público (Política Nacional de Recursos Hídricos - BRASIL, 1997).

Especificamente, considerando o gerenciamento do LETA em diferentes regiões do país, pode-se dizer que o atendimento à legislação pode ser observado de forma diferenciada em distintas unidades da federação. Assim sendo, pode ocorrer variação de acordo com as ações das concessionárias de abastecimento de água de cada local e com o cumprimento das exigências requeridas por cada órgão ambiental estadual; bem como com a existência de leis estaduais mais restritivas. A seguir são descritas as formas de gestão do lodo produzido em SAAs no Distrito Federal e nos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul respectivamente.

#### **4.10.1. Distrito Federal**

A empresa responsável pelos serviços de saneamento (água e esgoto) no Distrito Federal é a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB). A Companhia conta com cinco sistemas de produção de água constituídos de captações superficiais e subterrâneas com capacidade total de produzir cerca de 9,5 m<sup>3</sup>/s, abastecendo 98,1% da população do Distrito Federal (MARTINEZ, 2014). Segundo dados da CAESB (2012), gerados a partir da avaliação da produção de água de lavagem dos filtros e do lodo provenientes de SAAs da Companhia em 9 ETAs, 96% do LETA produzido é disposto para a recuperação de áreas degradadas, 3% é armazenado enquanto se efetuam estudos e projetos de disposição (não há especificação quanto ao tempo de armazenamento e aos prazos para dar a devida destinação) e 1% é descarregado na rede de esgotos.

O órgão ambiental responsável pelo licenciamento das atividades em SAAs é o Instituto Brasília Ambiental (IBRAM). Segundo informações contidas no site do Instituto, não existem leis específicas voltadas ao gerenciamento de lodo de ETAs no Distrito Federal, de forma que o órgão ambiental segue a legislação nacional (IBRAM, 2022).

#### **4.10.2. São Paulo**

No Estado de São Paulo, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) é a empresa brasileira que detém a concessão dos serviços públicos de saneamento

básico do Estado de São Paulo (SABESP, 2022). A empresa atua no segmento de saneamento há cerca de 40 anos, atendendo uma base de 363 municípios no Estado de São Paulo, o que representa o abastecimento de 60% da população urbana do Estado (ROIC et al., 2013).

De acordo com o trabalho realizado por Achon et al. (2013), contemplando a sub-bacia do rio Piracicaba no Estado de São Paulo, 73% das ETAs das 23 avaliadas descartam o lodo sem tratamento diretamente em corpos d'água; 4% utilizam Unidades de Tratamento de Resíduo (UTR) para posterior envio para aterros; e 23% não informaram a destinação aplicada.

Segundo o Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo (PERS-SP, 2020), estimou-se, a partir de uma metodologia americana, adaptada por Di Bernardo et al. (2012), que a geração de LETA no Estado é de pouco mais de 143 mil toneladas/ano em base seca, levando em conta como base o ano de 2018. Esta estimativa considerou 230 municípios, de forma a excluir a população abastecida por poços e considerar apenas o lodo produzido em ETAs. No Plano é reportado que no Estado as formas adequadas de destinação final do lodo proveniente de ETA são o encaminhamento às ETEs, aos aterros sanitários e aterros exclusivos. No item 10.4 do Plano Estadual supracitado, referente às Considerações Finais relativas aos Resíduos dos Serviços Públicos de Saneamento Básico (especificamente, lodo de ETA e de ETE), atribui-se como cenário desejado: *“dispor de um Plano de Resíduos dos Serviços Públicos de Saneamento Básico (PERSan) do Estado de São Paulo, com levantamento dos estudos existentes, diagnóstico, caracterização, prospecção tecnológica, detalhamentos das principais alternativas, avaliação da legislação relacionada e propostas gerais e direcionadas para cada região/tipos de tratamento, considerando as respectivas características e vocações regionais”*. Nesse sentido, o principal desafio seria *“estabelecer diretrizes estratégicas para aprimoramento de tratamento e destinação final de resíduos de saneamento no Estado de São Paulo”*. Dessa forma, as metas são propostas são as seguintes.

- Prazo até 2025: PERSan do Estado de São Paulo concluído;
- Prazo até 2030: 25% do território estadual com mapeamento executado;
- Prazo até 2035: 50% do território estadual com mapeamento executado.

A Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA), criada em 2019, tem o objetivo de conduzir de forma sustentável o desenvolvimento socioeconômico, em todo território de São Paulo, por meio da gestão sistêmica das Políticas Estaduais de Meio Ambiente e Infraestrutura (SIMA, 2022). Como atribuições da Secretaria atribui-se a responsabilidade de coordenar e fomentar as atividades de diversos órgãos colegiados



estaduais, conselhos e comitês, entre os quais destacam-se os Conselhos Estaduais de Política Energética (CEPE), de Saneamento (CONESAN) e Recursos Hídricos (CRH) e do Meio Ambiente (CONSEMA). Aliada à SIMA, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) é a agência do governo do Estado de São Paulo responsável pelo controle, fiscalização, monitoramento e licenciamento de atividades geradoras de poluição, buscando preservar e recuperar a qualidade das águas, do solo e do ar (CETESB, 2022). De acordo com a legislação estadual disponível nos portais das duas entidades, bem como a consulta ao PERS-SP do ano de 2020, não houve menção a leis específicas para a gestão do LETA no Estado de São Paulo, de modo que o licenciamento de SAAs em São Paulo considera as leis federais (SIMA, 2022).

#### **4.10.3. Minas Gerais**

Em Minas Gerais, a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) é a empresa responsável pela prestação dos serviços de saneamento da maior parte do estado mineiro. Dos 853 municípios existentes, 635 possuem a concessão de serviços de água e 288 de esgoto por meio da Companhia (RUAS, 2015).

A partir de informações de 175 cidades mineiras, observou-se que 87% das ETAs avaliadas lançam o LETA em corpos hídricos sem tratamento prévio, 6% não apresentaram a destinação aplicada, 3% possuem UTR para posterior envio a aterros, 2% despejam na rede de drenagem pluvial, 1% enviam a ETE e 1% realizam aplicação no solo (MINAS GERAIS, 2009).

Atribui-se à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) a responsabilidade de formular e coordenar a política estadual de proteção e conservação do meio ambiente e de gerenciamento dos recursos hídricos; e articular as políticas de gestão dos recursos ambientais, visando o desenvolvimento sustentável no Estado de Minas Gerais (SEMAD, 2022). Além disso, a Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM) é uma entidade vinculada à SEMAD, a qual, além de observar as diretrizes da secretaria, dá suporte e observa as deliberações do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) (FEAM, 2022).

Assim sendo, devido à falta de leis ambientais que regulamentem a disposição de lodo de ETA no país, em 2013 houve a alteração da Deliberação Normativa do COPAM n° 153 de julho de 2010, a qual define prazos para que as Estações no estado de Minas Gerais utilizem-se de Unidades de Tratamento de Resíduos (UTRs). Desta forma, o LETA gerado pode ser corretamente tratado, possibilitando a sua destinação de maneira ambientalmente adequada (COPAM, 2013).

A normativa, a qual está disponível para consulta no Anexo III do trabalho em tela, considera como incentivo para a definição dos prazos o fato de que a maioria dos municípios mineiros que realizam o tratamento convencional de água lançam os resíduos dos SAAs diretamente em corpos d'água. Dessa forma o Art. 1º da deliberação convoca os municípios que realizam tratamento de água com vazão de captação superior a 20 L/s à regularização ambiental dos SAAs, de acordo com as especificações e prazos descritos a seguir.

- ETAs com vazão superior a 500 L/s: regularização até dezembro de 2015;
- ETAs com vazão, variando de 200 a 500 L/s: regularização até dezembro de 2017;
- ETAs com vazão, variando de 100 a 200 L/s: regularização até dezembro de 2019;
- ETAs com vazão, variando de 20 a 100 L/s: regularização até dezembro de 2020;

Em consulta ao portal do COPAM, da SEMAD e da FEAM, bem como às notícias do Estado de Minas Gerais e a documentos acadêmicos disponíveis na literatura, não foi possível aferir o atendimento aos prazos definidos pela deliberação até o ano de 2020.

#### **4.10.4. Rio Grande do Sul**

No Rio Grande do Sul, a maior parte dos serviços prestados em relação ao tratamento e distribuição de água potável são realizados pela Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN). A Concessionária atende quase 70% da população do Estado e é responsável pelo abastecimento de água de mais de 322 municípios (quase 65% do total) (COSTA, 2013).

De acordo com as informações contidas no Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul (PERS/RS), não há no Estado uma legislação específica voltada aos resíduos de serviços de saneamento, os quais incluem-se os lodos gerados por ETAs e ETEs e os resíduos gerados a partir da limpeza de canais pluviais (desassoreamento) (PERS-RS, 2014).

A seguir, são apresentados os municípios em que há maior produção de LETA no Rio Grande do Sul, reportados em ordem decrescente de geração, segundo dados do IBGE (2010) e do Plano Nacional de Saneamento Básico (MCIDADES, 2013); destacando-se inclusive as concessionárias de saneamento, as quais são responsáveis pelo abastecimento de água em cada um desses municípios.

1. Porto Alegre: Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE);
2. Caxias do Sul: Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Infraestrutura (SAMA);
3. Alvorada: CORSAN;
4. Pelotas: Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas (SANEP);
5. São Leopoldo: Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SEMAE-SL);
6. Esteio: CORSAN;

7. Novo Hamburgo: Companhia Municipal de Saneamento de Novo Hamburgo (COMUSA);
8. Rio Grande: CORSAN;
9. Canoas: CORSAN;
10. Cachoeirinha: CORSAN.

Dessa forma, de acordo com dados da CORSAN (2014), calcula-se que o Rio Grande do Sul, com um total de 193 municípios e população de cerca de 7,7 milhões de habitantes, gera, anualmente, um volume de pouco mais de 2 milhões de toneladas de metros cúbicos de LETA. Considera-se que 0,028 m<sup>3</sup> de lodo são produzidos a partir de 1 m<sup>3</sup> de água tratada, com teor de sólidos de 2%. Este número foi utilizado como taxa média de geração para a estimativa de geração nos demais municípios não atendidos pela CORSAN. Em base seca, estima-se que o volume de lodo produzido em território gaúcho é de 41.150 m<sup>3</sup>/ano.

Conforme informações apresentadas no PERS-RS (2014), os lodos produzidos em SAAs, usualmente, têm como disposição final a rede pluvial, os corpos hídricos, o armazenamento (por tempo indeterminado) na própria ETA, ou ainda o envio para aterro de acordo com a classificação do lodo. A partir dos dados disponíveis pelo IBGE (2010), calcula-se que cerca de 66% do lodo gerado no Rio Grande do Sul é lançado em rios e quase 20% é despejado em terrenos baldios, ambos nas proximidades dos SAAs das companhias. Segundo o Plano Estadual supracitado, na maioria das ETAs riograndenses, o lodo gerado não recebe tratamento prévio à disposição final e, quando existente, consiste no processo de desidratação para a redução de volumes, viabilizando a economia nos custos de transporte e de disposição final.

Dessa forma, as opções tecnológicas utilizadas no Estado são o leito de secagem e a filtração ou centrifugação. Esses últimos processos têm um custo maior para as concessionárias e, por este motivo, são as tecnologias menos frequentes no Estado. De acordo com a CORSAN (2014), algumas unidades de tratamento de água sob sua competência operam com sistema de desidratação e, de uma forma geral, estão provisoriamente armazenando o lodo nas próprias estações. A companhia ainda salienta algumas práticas isoladas em que o LETA recebe destinação mais nobre, como, por exemplo, a reutilização deste resíduo como matéria-prima em olarias e produção de agregados leves, segundo um convênio firmado entre a CORSAN e o Sindicato das Indústrias de Olaria e de Cerâmica para Construção no Estado do Rio Grande do Sul (SINDICERS).

A Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA/RS), instituída em 1999, é o órgão responsável pela gestão da política ambiental no Rio Grande do Sul. A SEMA

trabalha de forma conjunta com o Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA) e a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler (FEPAM)(SEMA, 2022). Por sua vez, a FEPAM é a instituição responsável pelo licenciamento ambiental no Rio Grande do Sul (FEPAM, 2022).

No Rio Grande do Sul, foi firmado no dia 21 de setembro de 2016 um Termo de Compromisso Ambiental (TCA) entre a CORSAN e a FEPAM. O documento, o qual está contido no Anexo I do presente trabalho, refere-se a uma adequação do TCA firmado em 24 de julho de 2006, no qual foi apresentado pela CORSAN uma nova proposta de TCA com enfoque na destinação ambientalmente adequada, associada, desta vez, ao volume de lodo destinado e não mais às obras a serem executadas nos SAAs (FEPAM, 2016).

O TCA possui vigência a partir da sua assinatura, sendo 15 anos o prazo para a execução de medidas e condicionantes técnicas necessárias à regularização dos sistemas de desaguamento dos lodos das ETAs, objetivando a sua destinação ambientalmente adequada (FEPAM, 2016). De acordo com o documento, o volume anual de lodo úmido produzido pela Companhia, considerando todas as regionais, é de, aproximadamente, 850 mil m<sup>3</sup> (valor médio de referência adotado no TCA), sendo o objetivo do termo reduzir, entre os anos de 2016 e 2031, a sua quantidade, considerando o abatimento de volume de lodo úmido anual destinados e/ou dispostos de maneira ambientalmente adequados, conforme cronograma gradativo de solução da gestão ambiental dos lodos das ETAs constantes no Anexo I do Termo (Tabela 2).

Nessa Tabela faz-se referência às regionais da CORSAN, as quais estão listadas a seguir, inclusive os SAAs dos municípios pertencentes a cada regional.

- Superintendência Regional Central (SURCEN): SAAs de Santa Maria, Cachoeira do Sul, Santa Cruz do Sul, Pantano Grande e Restinga Seca;
- Superintendência Regional Fronteira (SURFRO): SAA de São Borja;
- Superintendência Regional Litoral (SURLIT): SAAs de Curumim, Capão da Canoa, Torres, Osório, Cidreira e Imbé;
- Superintendência Regional Metropolitana (SURMET): SAAs de Gravataí, Guaíba, Alvorada, Cachoeirinha e Viamão;
- Superintendência Regional Missões (SURMIS): SAAs de Santa Rosa, Ijuí, Santo Ângelo e Cruz Alta;
- Superintendência Regional Nordeste (SURNE): SAAs de Montenegro, Pinto Bandeira, Canela, Nova Prata, Farroupilha, Lajeado e Bento Gonçalves;

- Superintendência Regional Planalto (SURPLA): SAAs de Erechim, Passo Fundo, Vacaria, Gaurama, Frederico Westphalen, Carazinho e Palmitinho.
- Superintendência Regional Sinos (SURSIN): SAAs de Canoas, Campo Bom, Parobé e Esteio/Sapucaia;
- Superintendência Regional Sul (SURSUL): SAAs de Rio Grande, Camaquã e Pedro Osório;
- Superintendência do Pampa (SURPA): não há nenhum SAA com licenciamento pela FEPAM nesta regional.

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
SURCEN	0,00	18,28	18,28	18,28	28,92	28,92	28,92	28,92	28,92	28,92	97,42	98,81	98,81	100,00	100,00
SURFRO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
SURLIT	9,28	74,02	74,02	74,02	78,67	78,67	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
SURMET	0,00	12,43	24,59	24,59	24,59	59,71	75,29	75,29	75,29	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
SURMIS	0,00	0,00	16,26	39,21	39,21	39,21	39,21	47,58	75,55	75,55	75,55	75,55	100,00	100,00	100,00
SURNE	14,21	14,21	14,44	27,54	27,54	27,54	31,85	54,09	54,09	54,09	60,87	100,00	100,00	100,00	100,00
SURPLA	3,59	3,59	24,06	38,73	38,73	38,73	38,73	40,19	47,15	65,98	65,98	65,98	67,84	69,27	100,00
SURSIN	6,44	6,44	6,44	29,73	71,58	71,58	71,58	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
SURSUL	0,00	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	12,66	12,66	12,66	12,66	12,66	100,00	100,00	100,00	100,00

*Tabela 2 - Cronograma gradativo de solução da gestão ambiental dos lodos de ETAs, por regional. Apresentação dos percentuais (%) de solução adequada em relação ao volume médio anual gerado. Fonte: IT FEPAM nº 194/2018 e Anexo I do TCA. (FEPAM, 2018).*

Na Tabela 3 são expostos os volumes anuais de LETA gerados por cada regional, bem como o percentual correspondente em relação ao volume total gerado pela Companhia.

Regional	Volume anual (m³)	Porcentagem do volume gerado pela CORSAN (%)
SURCEN	102.000	12,00
SURFRO	9.500	1,12
SURLIT	18.500	2,18
SURMET	283.500	33,35
SURMIS	101.000	11,88
SURNE	58.000	6,82
SURPLA	68.500	8,06
SURSIN	146.000	17,18
SURSUL	63.000	7,41
CORSAN	850.000	100,00

*Tabela 3 – Volume de LETA produzido por regional e a porcentagem referente ao volume médio anual total produzido pela CORSAN (Fonte dos dados: FEPAM, 2020; Elaboração: próprio autor).*

Sendo assim, o TCA prevê a realização de relatórios anuais emitidos pela CORSAN e apresentados à FEPAM no mês de janeiro de cada ano. Este relatório deve conter o acompanhamento dos indicadores previstos pelo TCA, indicando a solução técnica projetada e implantada para o SAA e as metas alcançadas, de acordo com as especificações contidas no Anexo I do TCA (FEPAM, 2016). O Termo, contudo, não especifica quais alternativas devem

ser implantadas com vistas à destinação final ambientalmente adequada, deixando isto a critério do empreendedor.

No que diz respeito aos relatórios anuais de monitoramento, apresentados pela CORSAN em atendimento ao TCA supracitado, pode-se dizer que, para o ano de 2017, não houve o cumprimento das metas desejadas por completo. A meta de destinação adequada prevista para o período era de 7,85% do volume total de lodo úmido gerado anualmente pelas ETAs da Companhia (cujo número contido no escopo do TCA é de 850 mil m<sup>3</sup>/ano) (FEPAM, 2018).

Segundo a FEPAM, os resultados reportados pela CORSAN, como um todo, atingiram 99,7% deste percentual, mesmo que as regionais SURCEN, SURNE e SURLIT não tenham alcançado suas metas individuais. A SURCEN apresentou como justificativa ao não cumprimento das metas a falta de adequação do sistema para o volume proposto, afirmando que o SAA se encontrava em condições para o pleno atendimento do previsto para o ano de 2018. Já a regional SURLIT justificou-se atribuindo a inconformidade ao não cumprimento dos prazos de implantação da ETA de Capão da Canoa, que se deu apenas no último trimestre de 2017.

É válido salientar, entretanto, que os dados de 2016 apresentados pela CORSAN indicam a destinação de 5,28% a mais do que o previsto para a época (FEPAM, 2018). Este fato é atribuído à destinação do LETA acumulado ao longo do tempo junto às ETAs que possuíam leitos de secagem e não reflete a contribuição real de cada regional listado no TCA, visto que o montante quantificado inclui a quantidade de lodo originada em anos anteriores à assinatura do termo. Sendo assim, conclui-se que o volume estocado nas ETAs da Companhia desde 2015 acaba gerando resultados irrealistas quanto às metas traçadas após a assinatura do TCA. As metas de cada regional, quando analisadas separadamente, demonstram superávit da produção de lodo no primeiro ano de análise, uma vez que a quantificação se dá por volume do LETA retirado das estações e não apenas o volume que é produzido no ano em questão (FEPAM, 2018).

No que diz respeito ao volume (em base úmida) adequadamente destinado para o ano de 2018, pouco mais de 207 mil m<sup>3</sup> do LETA foi reportado pela CORSAN como volume destinado (FEPAM, 2019). Este valor equivale a 135,1% da meta de volume global estipulado pelo TCA para o período. Sendo assim, pode-se dizer que a Companhia atingiu os valores destinados previstos pelo termo acordado com a FEPAM, embora as regionais SURLIT, SURCEN, SURMIS, SURPLA e SURSUL não tenham atingido suas metas individuais.

Quanto ao ano de 2019, os volumes reportados pela CORSAN como destinados de maneira ambientalmente adequada atingiram 122,5% da meta prevista no TCA para o período (FEPAM, 2020). Este percentual equivale a quase 280 mil m<sup>3</sup> de LETA oriundo dos SAAs da Companhia. Salienta-se, entretanto, que as regionais SURCEN, SURMIS e SURPLA não atingiram as metas apresentadas no Anexo I do TCA (FEPAM, 2020).

Referente ao ano de 2020, a meta definida pela TCA era atingir a destinação de 8,58% do volume total anual produzido pela Companhia (aproximadamente 73 mil m<sup>3</sup>) (FEPAM, 2016). Sendo assim, o volume ambientalmente destinado de forma adequada reportado pela CORSAN foi de pouco mais de 130 mil m<sup>3</sup> (15,56% do volume total anual definido no TCA) (FEPAM, 2021).

Observa-se que uma das regionais (SURFRO), desde 2016, ainda não foi incluída na destinação, pois no TCA só há previsão para que isso ocorra a partir de 2024. Além disso, ressalta-se que, nos anos de 2018 e de 2019, não foram efetuadas destinações na regional SURCEN e que a meta não foi cumprida, porém, em 2020, o percentual destinado a mais compensou os anos anteriores. Já a SURLIT, mesmo com os percentuais a mais de 2020, não houve compensação referente à inconformidade de 2018 e 2019. Quanto às regionais SURMET e SURSUL, as quais possuíam metas para 2018 e 2019, não houve atendimento também em 2020 (FEPAM, 2021).

É de suma importância destacar que no TCA supramencionado, em sua Cláusula Sexta, é definido que o relatório enviado pela CORSAN - de forma a apresentar as formas de destinação ambientalmente adequada aplicadas pela Companhia para atingir os 100% de destinação do volume do LETA até 2031 - deve indicar a solução técnica projetada e implantada para o SAA e as metas alcançadas. Dessa forma, os relatórios enviados em 2018 e 2019 reportaram que a Concessionária utilizou leitos de secagem e centrífuga para realizar o desaguamento do lodo, com envio de 100% do volume do LETA seco gerado a aterros sanitários/industriais licenciados. Destaca-se, porém, que, uma vez que o lodo é considerado pela legislação federal como resíduo industrial e não resíduo sólido urbano, os aterros sanitários não estão autorizados a receber este resíduo, de forma que se acredita que a informação da CORSAN foi errônea e que o LETA foi enviado somente a aterros industriais.

Além disso, contudo, nos relatórios referente aos anos de 2020 e 2021, não ficou claro qual foi a destinação aplicada ao resíduo, sendo que a CORSAN apenas pontuou que os percentuais de volumes não atingidos se deram em função do armazenamento em leitos de secagem, cujas destinações previstas incluem o envio a aterros ou unidades de compostagem. Ademais, salienta-se que, uma vez que a Companhia enviou todo o lodo gerado a aterros, são

necessárias a comprovação e a apresentação nos relatórios dos Movimentos de Transporte de Resíduos (MTRs) previsto pela Portaria Estadual nº 87/2018, atualizada pela Portaria Estadual nº 12/2020 (FEPAM, 2020). Salienta-se, entretanto, que a Concessionária observou a utilização do sistema MTR Online da FEPAM nos relatórios de 2020 e 2021, mas nenhum comprovante foi reportado.

Aliado ao TCA supracitado, com o intuito de solucionar a problemática envolvendo a disposição inadequada do LETA no Estado, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) tem trabalhado em parceria com a CORSAN, buscando alternativas para tratamento, disposição final e reutilização de lodo de ETAs e ETEs. No dia 26 de abril de 2016, ocorreu o **II Seminário Lodos - problema ou oportunidade?** em Porto Alegre/RS, onde apontou-se os resultados preliminares do primeiro ano de pesquisas do projeto desenvolvido através da parceria entre os dois órgãos. No evento discutiu-se a respeito das propriedades químicas e biológicas do LETA, bem como a possibilidade de sua utilização para fins agrícolas, visto que não há legislações específicas para a aplicação no solo. Este projeto tem como objetivo desenvolver novos insumos para a agricultura por meio do aproveitamento de resíduos de ETAs e de ETEs, e está estruturado na gestão e na caracterização e avaliação da eficiência agrônômica e segurança ambiental de lodos de estações de tratamento de água e de esgoto.

Ao longo desses encontros, a partir das discussões realizadas em relação ao uso do LETA como insumo agrícola, levantou-se a pauta sobre a necessidade de legislação específica para aplicação do LETA na agricultura, bem como para o gerenciamento adequado deste resíduo em SAAs. Dessa forma, a FEPAM propôs que fosse apresentada pela CORSAN uma minuta, abordando uma proposta de normativa que defina critérios e padrões para a gestão dos resíduos oriundos de SAAs, definindo os prazos para o seu atendimento, incluindo-se as alternativas envolvidas na destinação do LETA com o uso em solo agrícola. Esta minuta, após análise e votação na Câmara Técnica Permanente (CTP) da Secretaria de Meio e Infraestrutura do Estado (SEMA/RS), sairia como Resolução do CONSEMA e, assim, serviria como orientação ao próprio órgão ambiental no controle e monitoramento das atividades das ETAs riograndenses como um todo.

Dessa forma, salienta-se que, até o momento da execução do trabalho em tela, existem duas minutas em tramitação na CTP da SEMA/RS, as quais foram desenvolvidas pela CORSAN em atendimento à solicitação feita pela FEPAM. A primeira delas dispõe sobre os critérios e padrões para o lançamento de efluentes de estações de tratamento de água em corpos de água superficiais e define os prazos para seu atendimento. A segunda define



critérios e procedimentos para o uso de lodos gerados em ETAs e seus produtos derivados em solos. Nenhuma das minutas ainda foi aprovada pelos órgãos competentes.

## **5. METODOLOGIA**

### **5.1. Pesquisa Bibliográfica**

O ponto de partida do presente trabalho foi a realização de uma pesquisa bibliográfica acerca da gestão do LETA ao longo do território nacional e em outros países. Buscou-se, então, a existência de normativas específicas para cada unidade da federação e como cada estado realizava o gerenciamento dos resíduos oriundos de ETA. A pesquisa foi feita, essencialmente, por meio do Google Acadêmico, procurando trabalhos científicos que abordassem a problemática do lodo no Brasil e no mundo.

O objetivo principal dessa busca foi o de verificar a maneira com a qual cada órgão ambiental estadual (ou municipal, se for da sua competência) fiscaliza e monitora as Companhias de Saneamento quanto à destinação do LETA, verificando as alternativas adotadas pelas ETAs, volume de lodo produzido, impacto gerado, entre outros.

É válido salientar que, durante esta pesquisa, o apoio da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler (FEPAM) foi fundamental para a verificação da legislação vigente em relação ao LETA no estado do Rio Grande do Sul. Conforme supracitado, na FEPAM existe uma grande discussão em relação ao mau gerenciamento do LETA e, principalmente, no que diz respeito ao lançamento inadequado deste resíduo em corpo hídrico.

Sendo assim, a Fundação prestou os documentos referentes aos Termos de Compromisso Ambiental (TCA) firmado em 2016 entre o órgão ambiental e a CORSAN, de forma a viabilizar a solução do problema através do trabalho em tela. Ademais, foram fornecidos artigos acadêmicos e informações da CETESB e órgãos ambientais de outros estados quanto às destinações aplicadas do LETA nessas regiões.

Outro ponto importante a ser pesquisado foi o conceito atribuído ao lodo de ETA na literatura. Existe uma discussão, principalmente, no Rio Grande do Sul, na qual considera-se o LETA um efluente gerado no tratamento de água. Entretanto, a conceitualização contida em livros da área do saneamento e em trabalhos científicos o lodo de ETA é abordado como um resíduo. Dessa forma, a pesquisa objetivou também encontrar na legislação existente, tanto a nível estadual quanto federal, respostas a respeito da terminologia correta para o LETA.

É necessário destacar que outra fonte de pesquisa bibliográfica foi gerada através do acompanhamento do *Primeiro Encontro Nacional do Lodo de Estação de Tratamento de*

*Água - LETA 2021*. O evento ocorreu entre os dias 17 e 19 de junho de 2021, foi transmitido através de plataformas online e está disponível no canal do Youtube. O LETA 2021 contou com palestrantes das áreas do saneamento, meio ambiente, geotecnia, e ciência dos materiais. As instituições responsáveis pela realização do evento foram o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), a Universidade Estadual Paulista (UNESP) e a Universidade de São Paulo (USP). Durante o encontro foram abordados vários conceitos sobre o LETA, através de palestras e da exposição de trabalhos acadêmicos, cujos conhecimentos foram primordiais para completar o embasamento teórico do trabalho em tela.

## **5.2. O TCA e as Minutas**

O trabalho em tela tinha por objetivo, inicialmente, a formulação de uma proposta de resolução do zero, a qual regulamentasse a gestão do LETA no estado do Rio Grande do Sul. Entretanto, devido à pressão exercida pela FEPAM para que fosse proposta uma solução à gestão do lodo de ETA pela CORSAN, foram expostas duas minutas de regulamentação do LETA em 05 de agosto de 2021 através do Ofício CORSAN nº 1343/2021 (Processo Administrativo (PROA) - 21/0587-0003350-1), as quais estão em tramitação na CTP de Assuntos Jurídicos gerida pela SEMA/RS para aprovação.

Segundo informações fornecidas pela FEPAM, a minuta relacionada à aplicação do LETA no solo está direcionada à aprovação da CTP. O fato deve-se, principalmente, pelos respaldos técnicos e científicos proporcionados pelos resultados das pesquisas realizadas pela EMBRAPA nos seminários supracitados, os quais viabilizaram a dinâmica e agilidade dos debates feitos nas reuniões da câmara da SEMA/RS. Por outro lado, de acordo com as Atas de Reuniões Ordinárias do CONSEMA relacionadas à minuta, a qual faz referência ao gerenciamento do LETA no Estado, pode-se dizer que há uma morosidade no seu processo de tramitação.

Dentre os principais motivos que acarretam lentidão dos trâmites que envolvem a aprovação desta minuta, destacam-se a falta de Leis Estaduais em outras unidades da federação, a carência por referências teóricas mais precisas e a resistência das companhias de saneamento à adequação, em vista das condições atuais de operação dos SAAs existentes. Desta forma, o objetivo geral do presente trabalho passou a ser analisar, de maneira técnica e crítica, apenas a minuta em tramitação, a qual é relacionada à gestão do lodo, e, assim, definir uma readequação, corrigindo eventuais inconformidades; de forma a viabilizar a aprovação pelo CONSEMA. O corpo da minuta em questão está adicionado ao Anexo II do presente trabalho para possíveis verificações de leitores.

Sendo assim, o passo inicial foi estudar e analisar o TCA firmado entre a CORSAN e a FEPAM (contido no Anexo I do trabalho em tela), visto que o Termo reflete exatamente a situação atual da gestão do lodo no Estado. O Termo também se mostra como o marco de transformação do gerenciamento do lodo em SAAs riograndenses, visto que até o momento não existe uma Resolução fixada específica para o desenlace do problema envolvendo o LETA.

O objetivo da avaliação do TCA foi verificar no documento os prazos estipulados pelo órgão ambiental para solução do problema relacionado ao lodo e de que forma a gestão do resíduo seria realizada pela CORSAN. A análise do TCA visa ainda averiguar as alternativas propostas pelo órgão ambiental nas cláusulas do termo para a destinação do LETA e os prazos estimados para a implantação das tecnologias.

Outro ponto bastante importante e que foi necessário se atentar em paralelo ao TCA foram os relatórios enviados pela CORSAN em seu atendimento. Conforme supracitado, o TCA prevê o envio de relatórios anuais nos meses de janeiro de cada ano. Dessa forma, foram analisados os relatórios apresentados em janeiro de 2018, 2019, 2020 e 2021, de forma a se verificar as conformidades das metas previstas pelo Anexo I do TCA em relação aos volumes destinados de forma ambientalmente adequada pela Companhia, como um todo, e por cada regional. Ademais, observou-se também as informações contidas nos relatórios referentes às tecnologias implementadas nos SAAs com o intuito de destinar o lodo nos termos do TCA firmado com o FEPAM.

Além disso, a partir da apresentação da minuta pela CORSAN, foi necessário o acompanhamento das reuniões da CTP por meio das atas registradas pela SEMA/RS, a fim de verificar a evolução da minuta e o rumo das discussões feita pelos técnicos e órgãos responsáveis. Além disso, realizou-se uma pesquisa nos encontros realizados na EMBRAPA de modo a compreender a evolução do debate até ser solicitada a minuta pela FEPAM. Dessa forma, foram feitas leituras nos trabalhos apresentados nos quatro Seminários do Lodo realizados entre os anos de 2015 e 2018, bem como nas matérias e notícias que saíram na íntegra relacionados aos eventos realizados durante o período.

Por fim, portanto, o objetivo final será analisar a minuta proposta pela Companhia, referente ao gerenciamento e à destinação atribuída ao LETA, verificando no seu escopo as conformidades e inconformidades encontradas frente à pesquisa bibliográfica realizada (descrita no item anterior), bem como às condicionantes do TCA e à legislação federal e estadual vigente. Assim, acredita-se ser possível fazer apontamentos e sugestões, readequando

esta minuta, a fim de propor uma resolução mais adequada às condições atuais da gestão do LETA no Estado do Rio Grande do Sul.

### **5.3. Apoio da FEPAM**

Em primeiro lugar, é válido informar que a realização do trabalho em tela foi proposta pela FEPAM durante a realização de estágio supervisionado na Divisão de Infraestrutura e Saneamento Ambiental (DISA) entre os meses de maio de 2020 e agosto de 2021. Considerando a situação enfrentada na Fundação em relação ao problema de gestão do LETA, principalmente com a CORSAN, a FEPAM sugeriu no final de 2021 a execução de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), abordando o gerenciamento do LETA a nível federal e estadual, bem como a varredura de legislações existentes no país, de forma a incentivar e propor uma Resolução específica no Estado do Rio Grande do Sul. Nesse contexto, o órgão ambiental estaria à disposição para consultas aos autos dos processos de licenciamento das Companhias de Saneamento estaduais para SAAs, bem como para qualquer auxílio no que diz respeito a materiais de apoio e informações relacionadas à gestão do LETA no Estado.

Destaca-se como um dos principais benefícios da ajuda prestada pela FEPAM na realização do presente trabalho, o contato direto com os analistas ambientais da instituição, de forma a promover a discussão e o debate acerca dos problemas enfrentados pela Fundação na cobrança às Cias de Saneamento, visando a destinação ambientalmente adequada do LETA.

Conforme supracitado, há alguns anos têm surgido reflexões referentes à má gestão do lodo de ETAs, cujas especulações têm como consequência a tentativa de readequação dos órgãos ambientais, buscando por soluções. Assim sendo, as conversas com a chefe da DISA e analista ambiental, Clarice Glufke, proporcionaram uma visão geral e específica relacionada ao problema enfrentado com a CORSAN, na tentativa, por exemplo, do órgão ambiental inibir o lançamento *in natura* do LETA em corpos hídricos.

Além disso, a Clarice demonstrou-se, extremamente, aberta e disposta em sanar dúvidas e questionamentos, reportando todo o histórico da problematização relacionados à resistência à adequação das Companhias no Estado e os desafios para atingir uma gestão mais adequada para os resíduos oriundos de SAAs. A chefe da Divisão trouxe ainda durante as conversas sugestões e alternativas para a realização do trabalho em tela, o que ajudou muito no discernimento do assunto como um todo. Outra pessoa importante, neste sentido, foi o analista ambiental Daniel Oliveira de Brito, o qual contribui bastante para a promoção do conhecimento envolvendo o lodo de ETAs, indicando referências bibliográficas, reportando

a situação em algumas Companhias no Estado, atribuindo dicas para execução da pesquisa e acessos a leis de outros estados relacionados ao LETA.

Dessa forma, a partir das discussões com os técnicos da FEPAM, a primeira atitude tomada foi a elaboração de um questionário voltado às Companhias de Saneamento do Rio Grande do Sul, com o intuito de conhecer como ocorre o gerenciamento dos resíduos oriundos de SAAs, bem como tomar ciência da destinação aplicada ao LETA. Neste aspecto, o auxílio do órgão ambiental foi de suma importância para que os questionamentos feitos chegassem ao seu destino e que fossem respondidos. O questionário, portanto, foi enviado pela Chefe da Divisão, Clarice, por meio de e-mail próprio da FEPAM, buscando obter maior número de respostas das Concessionárias. Ademais, é válido salientar que a lista com o nome e os endereços eletrônicos de cada Companhia alvo do questionário em questão foram obtidos através das planilhas de endereços para correspondência da FEPAM.

Outro ponto bastante importante de ser ressaltado em relação à participação da FEPAM no trabalho em tela é a disponibilização da documentação referente aos processos visando a resolução da gestão do LETA no Estado. Foram disponibilizados pela fundação, portanto, os documentos relacionados aos trâmites do TCA entre a CORSAN e a FEPAM, os relatórios enviados pela CORSAN em atendimento ao TCA, as planilhas contendo os resultados das metas atingidas pelo termo, os ofícios e a cópia dos e-mails enviados à Companhia, entre outros. Além disso, foram concedidos artigos acadêmicos e livros para leitura, bem como documentos referentes à legislação aprovada em Minas Gerais (Deliberação Normativa nº 153/2010) mencionada no item 4.9.3 do trabalho em tela, de modo a promover o maior conhecimento acerca das propriedades e do gerenciamento do LETA, assim como das leis existentes no país e em cada unidade da federação.

É válido salientar que realizou-se, durante a realização do presente trabalho, algumas reuniões com a chefe da DISA visando atingir, da melhor maneira possível, os resultados requeridos pelo órgão ambiental através do TCC. Nestes encontros, foram debatidos os pontos-chave do TCA, solucionando as dúvidas que surgiram durante a leitura e verificando com a FEPAM de que forma estava ocorrendo o monitoramento e a fiscalização do atendimento às cláusulas do Termo. As reuniões eram orientadas no sentido de promover o debate sobre as etapas de confecção do trabalho em tela, o diálogo envolvendo a situação do LETA no Rio Grande do Sul e a discussão dos obstáculos enfrentados para solucionar esses problemas; bem como a conversa a respeito dos objetivos requisitados pela Fundação, buscando a destinação ambientalmente adequada, e as formas de atingi-los. Além disso, foram questionados nestes encontros a respeito da autorização para a divulgação nos anexos do

trabalho em tela dos documentos fornecidos pela Fundação. Em uma das últimas reuniões feitas com a Clarice, inclusive, a analista passou todas as informações necessárias para o entendimento da solicitação da minuta pelo órgão ambiental, trazendo à tona a discussão dos Seminários da EMBRAPA que ela participou junto aos técnicos da FEPAM. Para mais, após a apresentação das minutas pela CORSAN em agosto de 2021, os encontros com a FEPAM visavam também o acompanhamento do processo de tramitação da minuta na CTP da SEMA/RS, de forma a verificar o andamento até a aprovação.

Por fim, é muito importante ressaltar que sem o apoio da FEPAM não haveria muitas expectativas de tornar o trabalho em tela uma referência a ser utilizada na adequação da minuta em tramitação. Com isso, pode-se dizer que a participação do órgão ambiental – além de promover a credibilização da pesquisa realizada – facilitará a divulgação do TCC nas reuniões da CTP da SEMA/RS, objetivando-se servir como uma proposta de adequação à minuta de gerenciamento do lodo já formulada, de maneira que a legislação encaminhada para aprovação no CONSEMA, posteriormente, seja a mais adequada possível e, em consequência, que o problema da má gestão do LETA no Estado seja solucionado.

#### **5.4. Análise Crítica da Minuta**

O presente trabalho, conforme supracitado, propõe a melhoria técnica da minuta proposta pela CORSAN relacionada à gestão do LETA no Rio Grande do Sul (contida no Anexo II), a qual está em tramitação na CTP da SEMA/RS. Desta forma, o passo inicial para realização dessa avaliação foi a leitura completa da minuta, de forma a verificar possíveis inconformidades. Sendo assim, a melhor forma de analisar a minuta em questão é verificando as condicionantes e conceitos atribuídos em cada uma delas pela CORSAN em contraponto ao embasamento teórico adquirido através da pesquisa bibliográfica prevista pelo presente trabalho e equiparando às Leis Estaduais e Federais vigentes no que diz respeito ao gerenciamento do LETA em SAAs.

De forma a facilitar a análise da minuta, separou-se o seu corpo em duas partes: a de definições atribuídas e de condicionantes a serem cumpridas. Assim sendo, para a parte relacionada a denominações e conceitos, buscou-se aferir na literatura, assim como na legislação existente se as definições propostas pela CORSAN são fiéis e corretas do ponto de vista técnico. Neste contexto, o principal ponto a ser avaliado é se os conceitos apresentados são adequados a uma normativa de gerenciamento do lodo oriundo de SAAs e também se há conformidade quanto às definições mínimas necessárias para a compreensão das condicionantes expostas ao decorrer do texto da minuta.

No que diz respeito à parte das condicionantes da minuta, a avaliação feita buscou verificar se os artigos propostos para a minuta contemplavam os itens, os critérios, os deveres e os prazos mínimos, de forma a garantir a solução para o problema envolvendo a gestão do LETA no Estado. Ademais, a análise das condicionantes visou averiguar se os itens propostos estavam em conformidade às exigências já previstas pela legislação estadual e federal existentes até o momento. Sendo assim, as principais leis consideradas na observação de cumprimento às normativas vigentes foram a Lei Federal nº 12.305/2010, aliada a NBR 10.004/2004, o Decreto Federal nº 10.936 de janeiro de 2022 e as Resoluções do CONAMA nº 357/2005 e nº 430/2011, bem como a Resolução do CONSEMA nº 355/2017. Além disso, levou-se em conta a Deliberação Normativa do COPAM nº 153/2010 do Estado de Minas Gerais (Anexo III), assim como as cláusulas do TCA entre a CORSAN e a FEPAM no Estado do Rio Grande do Sul (Anexo I).

No que diz respeito às especificações da Política Nacional de Resíduos Sólidos, realizou-se a leitura completa do corpo da lei, de forma a verificar as condições necessárias ao gerenciamento correto e adequado dos resíduos sólidos produzidos em SAAs. Com isso, seria possível realizar a avaliação das definições e das condicionantes da minuta, verificando a conformidade a esta lei, com vistas à regularização da gestão do LETA. Referente aos efluentes oriundos dos SAAs, os quais destaca-se apenas o drenado da desidratação do lodo, consultou-se às Resoluções do CONAMA nº 357/2005 e nº 430/2011 e a Resolução do CONSEMA nº 355/2017, com o intuito de comparar e verificar os conceitos e condicionantes previstos para os efluentes no Estado e no país em contraste aos que são produzidos, especificamente, em unidades de tratamento de água. Além disso, vale ressaltar que se buscou na literatura as definições de resíduos e efluentes, de maneira a viabilizar a avaliação mais precisa e técnica da minuta.

De acordo com sugestões feitas pela FEPAM, buscou-se também aferir na legislação aprovada após a assinatura do TCA em 2016 se havia novas especificações que auxiliassem na análise da minuta. Dessa forma, o Decreto Federal nº 10.240, o qual entrou em vigor em 12 de fevereiro 2020, de forma a regulamentar o inciso VI do caput do Art. 33 e o Art. 56 da Lei Federal nº 12.305/2010, somente faz referência à implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico e, assim, não traz nenhuma novidade em relação à gestão do LETA.

Por outro lado, o Decreto Federal nº 10.936, aprovado em 12 de janeiro de 2022, o qual regulamenta a Lei nº 12.305/2010, em seu Art. 58 aborda novas especificações quanto à periodicidade do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos previsto pela Política Nacional

de Resíduos Sólidos. Ademais, em seu Art. 90 salienta a complementação dos incisos do Art. 62 do Decreto Federal nº 6.514/2008, no qual atribui-se um valor de multa aplicado no caso de lançamento *in natura* de resíduos sólidos em recursos hídricos; ou a céu aberto, excetuando os resíduos de mineração. De forma análoga, em consulta ao corpo da Lei Federal nº 14.026 de 15 de julho de 2020, conhecida como o Novo Marco Legal do Saneamento Básico, não se encontrou especificações que demandassem novas ações por parte das concessionárias de abastecimento quanto ao gerenciamento dos seus resíduos. Sendo assim, o marco não foi considerado na análise da minuta.

É válido ressaltar que a minuta em questão apresentada pela CORSAN carece de reavaliação. Tal fato explica-se, especificamente, pelo interesse da Companhia em condições menos restritivas, visto que é a empresa que presta a maioria dos serviços de abastecimento de água potável no Estado e possui seus interesses diretamente atingidos, uma vez que a minuta seja aprovada. Ademais, salienta-se que o pedido de análise da minuta foi realizado pelo próprio órgão ambiental competente, de forma a buscar a maior confiabilidade das condicionantes, visando atingir uma gestão do LETA no Estado da maneira mais ambientalmente adequada possível.

### **5.5. Questionário**

Em contato com a FEPAM sobre a execução do trabalho em tela, foi proposta a elaboração de um questionário destinado às Companhias de Saneamento do Rio Grande do Sul. O intuito seria verificar as atividades das ETAs riograndenses, bem como as formas de destinação do LETA em cada unidade e, dessa forma, fornecer subsídios para elaboração de uma normativa para o gerenciamento adequado do LETA no Rio Grande do Sul.

Assim, no dia 17 de novembro de 2021 foi enviado um e-mail às Companhias de Saneamento do Estado, solicitando o preenchimento de um questionário, abordando a gestão e a destinação do lodo nestas ETAs. Dentre as perguntas incluídas no questionamento às Companhias, destacam-se as enumeradas a seguir.

- 1) Qual a vazão de captação da água bruta na ETA?
- 2) Qual é o produto químico aplicado na coagulação?
- 3) Qual é o volume de lodo gerado pela estação (caso haja a medição)?
- 4) Qual é a frequência de medição do volume de LETA gerado?
- 5) Qual é a frequência de remoção do lodo dos decantadores?
- 6) Existe algum tipo de tratamento do LETA (leito de secagem, centrífuga, aplicação no solo, entre outros)?



- 7) Qual é a destinação do LETA gerado?
- 8) Uma vez lançado em corpo hídrico, existe o monitoramento da qualidade da água no manancial após o lançamento? Qual a frequência do monitoramento?
- 9) Se lançado em corpo d'água, existe outorga de lançamento?
- 10) O LETA está incluído no Plano de Resíduos da Companhia?
- 11) O LETA está caracterizado quimicamente?

A seguir consta a lista das Cias (e a região), as quais foram alvo da pesquisa supracitada.

- Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) - Regional;
- Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) - Porto Alegre;
- Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAÉ) - São Leopoldo;
- Companhia Municipal de Saneamento de Novo Hamburgo (COMUSA) - Novo Hamburgo;
- Autarquia Água de Ivoti - Ivoti;
- Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Infraestrutura (SAMAÉ) - Caxias do Sul;
- Departamento de Água e Esgoto de Bagé (DAEB) - Bagé;
- São Gabriel Saneamento - São Gabriel;
- BRK Ambiental - Uruguaiana;
- Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas (SANEP) - Pelotas;
- Departamento de Água e Esgotos (DAE) - Santana do Livramento;
- Serviço Municipal de Água e Esgoto (SEMAE) - Vera Cruz.

Devido à falta de respostas, o e-mail foi reforçado em 08 de março de 2022, atribuindo como prazo máximo para responder as perguntas o dia 20/03/2022.

O objetivo do envio deste questionário foi entender como é feita a gestão do lodo pelas Companhias de Saneamento no Rio Grande do Sul e, a partir desse conhecimento, identificar inconformidades nas ETAs e apresentar as soluções na proposta de resolução. Ademais, as respostas recebidas através do questionário proporcionaram informações sobre os SAAs das Cias Estaduais, de forma a gerar um banco de dados que pode ser utilizado pela FEPAM, auxiliando no monitoramento e fiscalização das ETAs existentes.

## **6. RESULTADOS**

### **6.1. Avaliação da Minuta**

A primeira inconformidade encontrada na minuta confeccionada pela CORSAN está relacionada aos conceitos atribuídos para efluente e para resíduo de ETA. Para fins de clareza,

a seguir, são expostas as definições propostas na minuta da Companhia, as quais estão contidas no Art. 2º, incisos IV e V.

IV - Efluentes de ETA: são os efluentes com os sólidos oriundos das unidades de tratamento de uma ETA, como floculadores, decantadores, flotadores, unidades de membranas, filtros, além de outras, incluindo o drenado de sistemas de desaguamento de lodo

V - Lodo de ETA: subproduto da ETA formado pelos sólidos suspensos originalmente contidos na água bruta, acrescidos, ou não, de produtos resultantes dos reagentes aplicados durante o processo de tratamento;

(Minuta da CORSAN sobre a gestão do LETA, contida no Anexo II).

Nesse sentido, pode-se dizer que as definições reportadas são sobrepostas e acabam por se referir ao mesmo material. Salienta-se ainda que os únicos resíduos oriundos de SAAs são o LETA e a ALAF.

Quanto aos efluentes gerados, destacam-se somente o drenado do desaguamento do lodo dos decantadores. Assim sendo, a primeira sugestão à adequação da minuta é a separação e distinção dos dois termos de forma a garantir a clareza e o gerenciamento adequado dos dois materiais produzidos. Ressalta-se que a boa diferenciação dos termos supracitados é essencial para o bom entendimento das concessionárias de abastecimento de modo a viabilizar a boa gestão dos efluentes e do resíduo gerado.

A busca pelo melhor conceito atribuído à nova proposta de Resolução foi adquirida através das definições feita na Lei Federal nº 12.305/2010, nas Resoluções do CONAMA nº 357/2005 e nº 430/2011, na Resolução do CONSEMA nº 355/2017 e na literatura disponível em relação ao tratamento de água e efluentes. Além disso, averiguou-se que as definições da minuta não contemplavam todos os itens necessários à sua boa compreensão, de forma que se sugere a inclusão dos seguintes conceitos:

- Destinação Ambientalmente Adequada;
- Disposição Ambientalmente Adequada;
- Resíduo Sólido;
- Resíduos de Estação de Tratamento de Água (RETAs);
- Rejeito;
- Enquadramento;
- Gerenciamento de Resíduos Sólidos;
- Zona de Mistura.

Em segundo lugar, aliado à inconformidade nos conceitos, as condicionantes da minuta não tornam clara a diferença entre resíduo e efluente de ETA, o que pode causar a

gestão inadequada desses materiais pelas companhias de saneamento uma vez que a minuta seja aprovada. Além disso, o lodo é tratado pela minuta, em boa parte do texto, como efluente e não como resíduo. Conforme apresentado ao longo do trabalho em tela, entretanto, está contido na legislação (mais especificamente na NBR 10.004/2004) que o LETA é classificado como Resíduo Sólido e, desta forma, deve ser tratado como tal. A seguir, é trazido o Art. 4º da Minuta da CORSAN para fins de exemplificação e comprovação de que o termo efluente é utilizado pela Companhia para se referir, principalmente, ao lodo.

Art. 4º Ficam estabelecidos os seguintes prazos, em consonância com o volume de água tratada pelas empresas de saneamento e autarquias, para que os efluentes das ETA atendam aos padrões de lançamento e critérios definidos nesta resolução, ou recebam destinação final ambientalmente adequada:

I – ETA que produzem 25% do volume total de água tratada pelo empreendedor: até 2025;

II – ETA que produzem 50% do volume total de água tratada pelo empreendedor: até 2028;

III – ETA que produzem 75% do volume total de água tratada pelo empreendedor: até 2031;

IV – ETA que produzem 100% do volume total de água tratada pelo empreendedor até 2033.

(Minuta da CORSAN sobre a gestão do LETA, contida no Anexo II).

No que diz respeito aos prazos estabelecidos pelo Art. 4º da minuta, pode-se dizer que as metas estipuladas não são de fácil compreensão. O item estabelece os prazos, em consonância com o volume de água tratada pelos SAAs, todavia não torna compreensível quais os volumes a serem atingidos. Isto é, os incisos I, II, III e IV preveem, respectivamente, que as ETAs que produzem um volume de lodo correspondente a 25%, 50%, 75% e 100% do volume total de água tratada terão até 2025, 2028, 2031 e 2033 para que os “efluentes” das ETAs atendam aos padrões de lançamento ou recebam a destinação ambientalmente adequada.

Contudo, essas observações não ficam transparentes no decorrer da escrita, principalmente, pela falta de clareza no texto. Salienta-se inclusive que mesmo que o texto fosse mais evidente, esses prazos são de difícil execução pelas concessionárias, pois demandaria um cálculo em cima do volume de água tratada e não do lodo que é produzido.

O grande problema associado a isto é que já há no momento uma forte resistência das Companhias de Saneamento a se adequar a uma nova realidade, portanto uma proposta de Resolução mais simples e objetiva facilitaria o seu atendimento pelos sistemas de tratamento de água. Desta forma, sugere-se que os prazos estabelecidos sejam relacionados a metas a

longo prazo, conforme o que foi realizado pela CORSAN na minuta, mas que o volume requerido se relacione diretamente com o LETA gerado, de forma que o lodo destinado de forma ambientalmente adequada cresça até atingir 100%. Assim, a seguir, são propostos novos incisos (de I a IV) contendo as porcentagens e os prazos para cumprir tais especificações.

- I – Destinação ambientalmente adequada de 25% do volume de lodo produzido até 2025;
- II – Destinação ambientalmente adequada de 50% do volume de lodo produzido até 2027;
- III – Destinação ambientalmente adequada de 75% do volume de lodo produzido até 2029;
- IV – Destinação ambientalmente adequada de 100% do volume de lodo produzido até 2031;

É válido observar que estas metas sugeridas foram embasadas pelas cláusulas do TCA firmado entre a CORSAN e a FEPAM, visando prazos similares aos estabelecidos pelo seu Anexo I; bem como pelas metas previstas através da Deliberação Normativa do COPAM nº 153/2010 do Estado de Minas Gerais. Além disso, o Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul atribui em sua página 415 como prazo para atingir 100% em peso do lodo gerado destinado de forma ambientalmente adequado o ano de 2034, de modo que o documento também foi utilizado como embasamento para a definição dos prazos supracitados.

Outro ponto importante de ser destacado faz referência aos padrões de lançamento previstos no Art. 7º, o qual refere-se aos parâmetros e à frequência de monitoramento do efluente gerado pelos SAAs.

Art. 7º Os efluentes tratados lançados nos corpos hídricos receptores, de forma direta ou indireta, devem atender aos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 430/2011, de acordo com os prazos estabelecidos no Art. 4º.

§ 1º O monitoramento dos efluentes tratados deve ser realizado de acordo com os seguintes parâmetros e frequência:

Parâmetros	Frequência
pH	Trimestral
Materiais Sedimentáveis	Trimestral

(Minuta da CORSAN, contida no Anexo II do presente trabalho).

Ressalta-se, portanto, que o número de parâmetros apresentados é insatisfatório considerando que o efluente proveniente do drenado do desaguamento do lodo pode conter altas concentrações de ferro ou alumínio (se utilizados coagulantes inorgânicos a base de metais) ou matéria orgânica (no caso de uso de coagulantes orgânicos). Desta forma, propõe-se a inserção dos parâmetros destacados a seguir.

- Sólidos Suspensos Totais;
- Sólidos Dissolvidos Totais;
- Alumínio Dissolvido ou Ferro Dissolvido ou Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Demanda Bioquímica de oxigênio (DBO) – a depender do produto utilizado como coagulante.
- DBO e DQO de acordo com a quantidade de matéria orgânica contida no lodo.

Salienta-se, porém, que a frequência de monitoramento proposta pela CORSAN está de acordo com o que se entende como necessário para a situação em questão, visto que há similaridade à frequência de monitoramento prevista para efluentes nas próprias Licenças de Operação de ETEs da FEPAM, bem como à frequência de monitoramento estabelecida pela Portaria FEPAM n° 66/2017, a qual dispõe sobre o monitoramento de toxicidade para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no território gaúcho. Assim, sugere-se manter a frequência para o monitoramento de todos os parâmetros, incluindo os adicionados, como trimestral.

Ademais, é de extrema importância ressaltar a inconformidade apresentada no § 2° do Art. 7° da minuta da Companhia, o qual sugere o *“lançamento de efluente em corpo hídrico, direta ou indiretamente, sem atendimento a necessidade de atendimento aos padrões de lançamento estabelecidos quando o sistema de tratamento de efluentes apresentar qualquer problema que possa comprometer o processo de tratamento e a qualidade da água potável a ser distribuída, colocando em risco a saúde da população atendida”*. Observa-se, todavia que, de acordo com o Art. 3° da Resolução CONAMA n° 430/2011, os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta resolução e em outras normas aplicáveis.

Quanto às especificações previstas pelo Art. 8° da minuta, pode-se dizer que os parâmetros propostos pela CORSAN para monitoramento no corpo receptor carecem da inclusão dos parâmetros relacionados à análise dos sólidos presentes no corpo d'água, uma vez que o LETA, por exemplo, se lançado em recurso hídrico pode aumentar a concentração de sólidos suspensos e dissolvidos. Desta forma, sugere-se a inclusão do parâmetro de Sólidos Totais no monitoramento do corpo receptor.

Além disso, considerando situações em que se utiliza coagulantes orgânicos a base de tanino, por exemplo, aconselha-se a inserção dos parâmetros de demanda química de oxigênio e demanda bioquímica de oxigênio, de modo a averiguar as variações de concentração de

matéria orgânica no corpo hídrico a fim de evitar prejuízos ao ecossistema aquático. No que diz respeito à frequência das análises para o corpo receptor – considerando que a frequência de monitoramento requerida para aquíferos, os quais também apresentam riscos de contaminação por metais, através da Resolução CONAMA n° 396/2008 (BRASIL, 2008) é semestral – ressalta-se que a frequência proposta pela CORSAN (semestralmente) condiz com a situação em questão, de forma que se sugere manter essa frequência para todos os parâmetros, incluindo os adicionados.

Para mais, ressalta-se a conformidade em relação às exigências no corpo da minuta relacionadas ao monitoramento do corpo receptor em caso de lançamento de efluentes em recursos hídricos a montante e a jusante do ponto de lançamento; à implantação de sistemas de tratamento de efluentes e para o desaguamento do lodo, destacando a proibição da execução em área fora do perímetro licenciado, sem intervenção em Área de Preservação Permanente (APP) e sem supressão de vegetação; e à cobrança de relatórios anuais para acompanhamento do monitoramento do corpo receptor.

É válido destacar que em situações de baixa vazão de captação de uma ETA, o volume de resíduos e de efluente gerados é mínimo, podendo haver a possibilidade do seu lançamento em recursos hídricos, sob a condição de não causar degradação ambiental. A Minuta proposta pela CORSAN, entretanto, não considera tais cenários. Desta forma, com base na Deliberação Normativa (COPAM) n° 153/2010 de Minas Gerais, sugere-se marcar a anuência de despejo em curso hídrico somente quando a vazão da Estação for inferior a 20L/s; bem como forem atendidas as condicionantes a serem especificadas no corpo da minuta, com o intuito de promover à proteção da qualidade da água do corpo receptor.

Para terminar, aponta-se a conformidade relacionada à especificação apresentada no § 2° do Art. 8°, a qual marca como pontos de coleta no monitoramento do corpo receptor de 50 a 100 metros a montante e a jusante do ponto de lançamento de efluente, bem como estabelece a frequência anual de monitoramento. Este parágrafo está em cumprimento às especificações da Resolução CONAMA n° 430/2011.

## **6.2. Questionário**

Em primeiro lugar, é válido ressaltar que o questionário voltado às concessionárias de abastecimento do Estado teve o total de 5 respostas registradas. Dos retornos recebidos, a seguir, são listadas as companhias, as quais responderam à pesquisa.

- COMUSA - Novo Hamburgo;
- SAMAE - Caxias do Sul;

- São Gabriel Saneamento - São Gabriel;
- DMAE - Porto Alegre;
- SEMAE-SL - São Leopoldo.

Com isso, a seguir, são enumeradas as perguntas realizadas no questionário, bem como as respostas apresentadas por cada uma das concessionárias supracitadas.

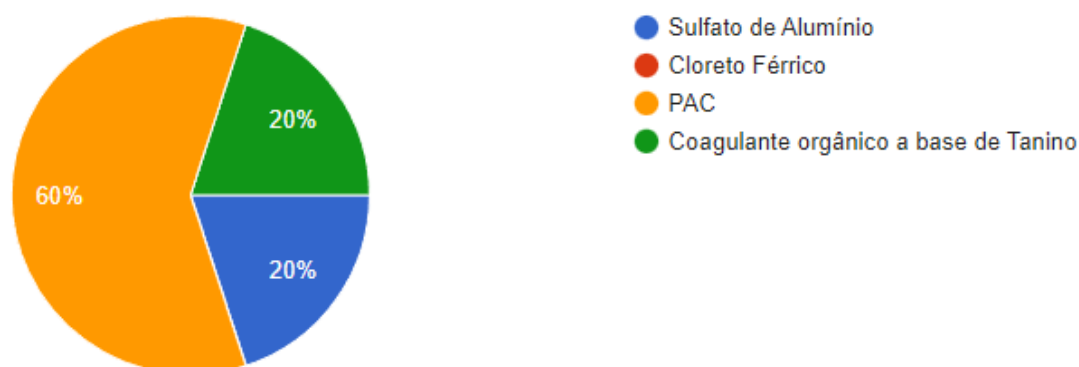
**1) Qual é a vazão de captação de água bruta da estação (em m<sup>3</sup>/s)?**

- COMUSA: 760 m<sup>3</sup>/s;
- SAMAE: média de 0,33 m<sup>3</sup>/s;
- São Gabriel Saneamento: 0,14 m<sup>3</sup>/s;
- DMAE: 7,73 m<sup>3</sup>/s (equivalente a todas as estações);
- SEMAE-SL: 1.000 m<sup>3</sup>/s.

Ressalta-se, entretanto, que acredita-se que os valores reportados pela COMUSA e pelo SEMAE-SL estão na unidade incorreta, considerando todos os resultados apresentados em comparação aos portes de cada município. Sendo assim, os valores corretos seriam, respectivamente, de 760 L/s (ou 0,76 m<sup>3</sup>/s) e de 1.000 L/s (ou 1 m<sup>3</sup>/s).

**2) Qual é o produto químico utilizado no tratamento?**

Na Figura 4 é ilustrado um gráfico, o qual representa a porcentagem de utilização pelas concessionárias de cada um dos coagulantes mais comuns a serem usados no tratamento de água.



*Figura 4 - Porcentagem de utilização de cada coagulante.*

Salienta-se que a empresa, a qual utiliza o coagulante orgânico à base de Tanino é a COMUSA.

**3) É realizada a medição do volume de lodo gerado?**

A seguir, na Figura 5, são apresentadas as quantidades de empresas de saneamento, em porcentagem, que realizam a medição do volume de LETA produzido.

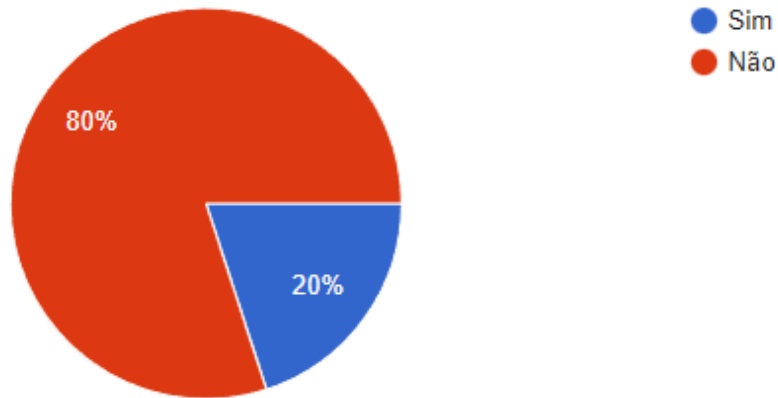


Figura 5 – Porcentagem de empresas que realizam a medição do volume de lodo gerado.

#### 4) Qual é a frequência de medição?

Na São Gabriel Saneamento é realizada a medição do volume de lodo produzido mensalmente. Nas demais concessionárias não é realizada a medição do volume gerado.

#### 5) Qual é o volume estimado de lodo úmido (m<sup>3</sup>/mês)?

A seguir, são reportados os volumes estimados informados por cada uma das concessionárias.

- COMUSA: 2.000 m<sup>3</sup>/mês;
- SAMAE: 1.000 m<sup>3</sup>/mês;
- São Gabriel Saneamento: 100 m<sup>3</sup>/mês;
- DMAE: 2.709,288 toneladas/mês (calculado como um lodo a 20%);
- SEMAE-SL: 2.460 m<sup>3</sup>/mês.

#### 6) Qual é o volume estimado de lodo seco (m<sup>3</sup>/mês)?

São reportados, a seguir, os volumes estimados de lodo seco informados pelas Companhias.

- COMUSA: o lodo não é desidratado;
- SAMAE: 240 m<sup>3</sup>/mês;
- São Gabriel Saneamento: 20 m<sup>3</sup>/mês;
- DMAE: 541,86 toneladas/mês (calculado)
- SEMAE-SL: o lodo não é desidratado.

#### 7) Qual é a frequência de remoção do lodo dos decantadores (diária, semanal, quinzenal...)?

A seguir, são mencionados a frequência de remoção do LETA dos decantadores em cada uma das empresas alvo da pesquisa.

- COMUSA: semanal;



- SAMAE: semanal;
- São Gabriel Saneamento: mensal;
- DMAE:
  - ETA Moinhos de Vento:
    - ✓ Decantadores menores, frequência mensal;
    - ✓ Decantadores maiores, frequência anual;
  - ETA José Loureiro da Silva (Menino Deus): frequência trimestral;
  - ETA Tristeza: frequência bimestral;
  - ETA São João: extração de lodo contínua, sistema Super Pulsator. Limpeza geral a cada 5 anos;
  - ETA Belém Novo: extração de lodo contínua, sistema Super Pulsator. Limpeza geral a cada 5 anos.
- SEMAE-SL: mensal;

**8) Existe algum tipo de tratamento do lodo (leito de secagem, centrífuga, aplicação em solo...)?**

São apresentados, a seguir, a existência ou não existência de Unidade de Tratamento de Resíduos (UTR) em cada empresa e, em caso positivo, a UTR utilizada pela concessionária.

- COMUSA: não existe tratamento;
- SAMAE: centrífuga;
- São Gabriel Saneamento: desidratação em sacos geotêxteis;
- DMAE: não existe tratamento;
- SEMAE-SL: não existe tratamento.

**9) No caso de existência de unidade de tratamento, para onde é encaminhado o efluente final?**

A seguir, são reportadas as destinações aplicadas ao efluente final gerado na UTR em cada Companhia.

- COMUSA: não há existência de unidade de tratamento;
- SAMAE: retorno ao tratamento; em casos em que as condições são desfavoráveis ao tratamento é disposto em solo;
- São Gabriel Saneamento: caixa de mistura rápida da ETA;
- DMAE: não há existência de unidade de tratamento;
- SEMAE-SL: não há existência de unidade de tratamento.

### 10) Qual a destinação aplicada ao lodo?

Na Figura 6, são ilustradas as destinações aplicadas ao LETA em cada uma das Companhias alvo da pesquisa em questão.

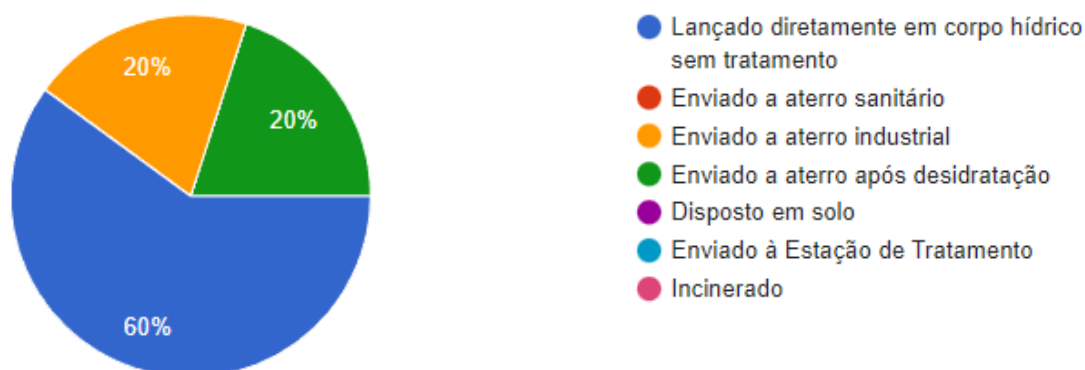


Figura 6 – Destinações dadas ao lodo em cada Companhia.

A seguir são apresentadas as destinações do LETA em cada Companhia.

- COMUSA: lançamento diretamente em corpo hídrico sem tratamento;
- SAMAE: envio a aterro industrial;
- São Gabriel Saneamento: envio a aterro após desidratação;
- DMAE: lançamento diretamente em corpo hídrico sem tratamento;
- SEMAE-SL: lançamento diretamente em corpo hídrico sem tratamento;

### 11) Se lançado em corpo d'água, é feito o monitoramento do recurso hídrico após o lançamento?

São apresentados na Figura 7 se há ou não, em termos percentuais, o monitoramento de corpo hídrico em caso de lançamento do LETA em corpo d'água. Nesse sentido, a situação descrita como “não se aplica” é entendida para casos em que não há o desejo de lodo em recurso hídrico.

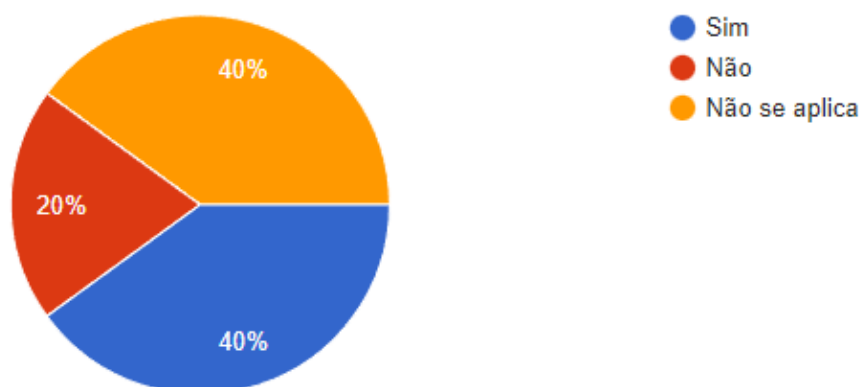


Figura 7 – Porcentagem de empresas que realizam o monitoramento de corpo hídrico em caso de lançamento do LETA.

**12) Se sim, qual a frequência do monitoramento no corpo receptor (diária, mensal, semestral...)?**

A seguir, são apresentadas as frequências de monitoramento no corpo receptor realizado por cada uma das concessionárias de abastecimento de água.

- COMUSA: mensal;
- SAMAE: não há lançamento em corpo hídrico;
- São Gabriel Saneamento: não há lançamento em corpo hídrico;
- DMAE: não é realizado o monitoramento do corpo receptor;
- SEMAE-SL: semestral.

**13) Caso sim, existe outorga de lançamento?**

Na Figura 8, são ilustrados os percentuais de empresas de saneamento, as quais contém ou não a outorga para lançamento do lodo. A opção “não se aplica” explica-se em situações em que não há despejo do LETA em recurso hídrico.

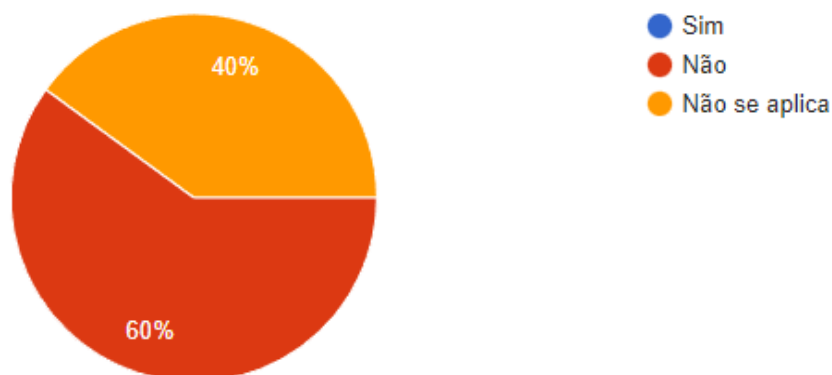


Figura 8 – Quantidade de concessionárias que possuem outorga para lançamento.

**14) Quais os padrões para lançamento definidos na outorga?**

Considerando que nenhuma Companhia possui outorga, nenhuma resposta foi registrada para esta pergunta.

**15) O lodo é incluído no Plano de Resíduos Sólidos da Companhia?**

A seguir, na Figura 9, são reportados os percentuais de inclusão do LETA no PGRS das concessionárias de saneamento alvo da pesquisa.

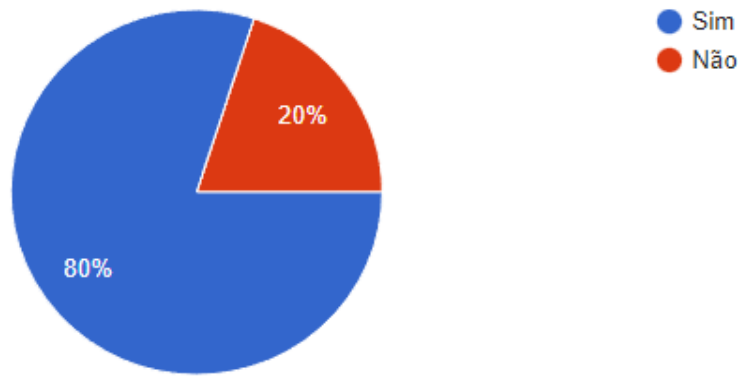


Figura 9 - Porcentagem de inclusão do lodo no Plano de Resíduos das concessionárias.

### 16) O lodo está caracterizado quimicamente?

Na Figura 10 é ilustrado as situações, em termos percentuais, em que há a caracterização química do LETA pelas Companhias.

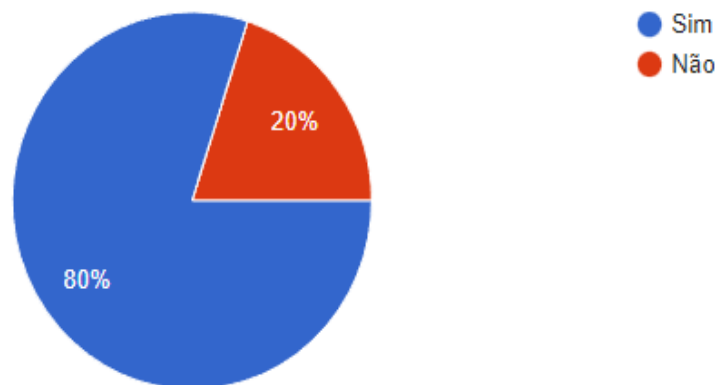


Figura 10 – Porcentagem de empresas que caracterizam o lodo quimicamente.

### 17) Quais os principais parâmetros desta caracterização?

A seguir, são apresentadas as respostas reportadas por cada uma das concessionárias alvo da pesquisa.

- COMUSA: Informou-se as referências descritas a seguir. Nenhum parâmetro, entretanto, foi reportado pela Companhia.
  - ABNT NBR 10004 - Massa Bruta;
  - ABNT NBR 10004 - Anexo F (Lixiviados);
  - ABNT NBR 10004 - Anexo G (Solubilizados) -Resíduo Classe II A – Não Inerte.
- SAMAE: não há caracterização;
- São Gabriel Saneamento: Alumínio, ferro e manganês;
- DMAE:
  - *Caracterização e classificação do lodo – Massa Bruta:*
    - ✓ Ponto de Fulgor ou inflamabilidade;
    - ✓ Óleos e Graxas;

- ✓ Paint Filler (Determinação de Líquido Livre);
  - ✓ Cianeto Total;
  - ✓ Sulfeto Total;
  - ✓ Fósforo Total;
  - ✓ pH;
  - ✓ Sólidos voláteis e totais % p/p.
- *Caracterização e classificação do lodo – Lixiviado:*
- ✓ Tempo de lixiviação;
  - ✓ Fluoreto Total;
  - ✓ pH;
  - ✓ Arsênio;
  - ✓ Bário;
  - ✓ Cádmio;
  - ✓ Chumbo;
  - ✓ Cromo;
  - ✓ Mercúrio;
  - ✓ Prata Total;
  - ✓ Selênio;
  - ✓ 1,4 – Diclorobenzeno;
  - ✓ 2,4-D;
  - ✓ 2,4,6 – Triclorofenol;
  - ✓ 2,4,5 – Triclorofenol;
  - ✓ 2,4,5-T;
  - ✓ 2,4,5-TP;
  - ✓ Pentaclorofenol;
  - ✓ Cresol Total;
  - ✓ Benzeno;
  - ✓ Benzo[a]Pireno;
  - ✓ Monoclorobenzeno(clorobenzeno);
  - ✓ Lindano (gama-BHC);
  - ✓ Aldrin;
  - ✓ cis-Clordano (alfa-clordano);
  - ✓ gama-Clodano(trans- clordano);
  - ✓ DDT( isômeros);

- ✓ Dieldrin;
- ✓ Endrin;
- ✓ Heptacoloro;
- ✓ Heptacoloro Epóxido;
- ✓ Hexacolorobenzeno;
- ✓ Metoxicloro;
- ✓ Toxafeno;
- ✓ Cloreto de Vinila;
- ✓ Clorofórmio;
- ✓ 1,2-Dicloroetano;
- ✓ 1,1-Dicloroetileno;
- ✓ 2,4- Dinitrotolueno;
- ✓ Hexacolorobutadieno;
- ✓ Hexacoloroetano;
- ✓ Metiletilcetona;
- ✓ Nitrobenzeno;
- ✓ Piridina;
- ✓ Tetracloroeto de Carbono;
- ✓ Tetracloroetileno;
- ✓ Tricloroetileno.

○ *Caracterização e classificação do lodo – Solubilizado:*

- ✓ Surfactantes;
- ✓ Cianeto Total;
- ✓ Cloreto Total;
- ✓ Sulfato total;
- ✓ Fluoreto Total;
- ✓ Nitrogênio Nitrato;
- ✓ pH;
- ✓ Ferro;
- ✓ Alumínio;
- ✓ Manganês;
- ✓ Sódio Total;
- ✓ Arsênio;
- ✓ Bário;

- ✓ Cádmió;
- ✓ Chumbo;
- ✓ Cobre;
- ✓ Cromo;
- ✓ Mercúrio;
- ✓ Prata Total;
- ✓ Selênio;
- ✓ Zinco;
- ✓ Fenóis;
- ✓ 2,4-D;
- ✓ 2,4,5-T;
- ✓ 2,4,5-TP;
- ✓ Lindano (gama-BHC);
- ✓ Aldrin;
- ✓ cis-Clordano (alfa-clordano);
- ✓ gama-Clodano(trans- clordano);
- ✓ DDT( isômeros);
- ✓ Dieldrin;
- ✓ Endrin;
- ✓ Heptacloro;
- ✓ Heptacloro Epóxido;
- ✓ Hexaclorobenzeno;
- ✓ Metoxicloro;
- ✓ Toxafeno.

○ *Conama 375/2006:*

- ✓ Carbono Orgânico Total (% p/p ou g/Kg);
- ✓ Fósforo Total;
- ✓ Nitrogênio Total (Kjeldahl);
- ✓ Nitrogênio Amoniacal;
- ✓ Nitrato;
- ✓ Nitrito;
- ✓ pH;
- ✓ Ferro;
- ✓ Alumínio;

- ✓ Manganês;
- ✓ Potássio Total;
- ✓ Sódio Total;
- ✓ Enxofre Total;
- ✓ Cálcio Total;
- ✓ Magnésio Total;
- ✓ Arsênio;
- ✓ Bário;
- ✓ Cádmiio;
- ✓ Chumbo;
- ✓ Cobre;
- ✓ Cromo;
- ✓ Mercúrio;
- ✓ Molibdênio;
- ✓ Níquel;
- ✓ Selênio;
- ✓ Zinco;
- ✓ Umidade % p/p;
- ✓ Sólidos voláteis e totais % p/p;
- ✓ Coliformes Termotolerantes – NMP/g ST Base Seca;
- ✓ Ovos viáveis de helminto – ovo/g ST Base Seca;
- ✓ Salmonella – NMP/g ST Base Seca;
- ✓ Vírus entéricos – UFP/g ST Base Seca;
- ✓ 1,2 – Diclorobenzeno;
- ✓ 1,2,3- Triclorobenzeno;
- ✓ 1,2,3,4 – Tetraclorobenzeno;
- ✓ 1,2,3,5 – Tetraclorobenzeno;
- ✓ 1,2,4 – Triclorobenzeno;
- ✓ 1,2,4,5 – Tetraclorobenzeno;
- ✓ 1,3 – Diclorobenzeno;
- ✓ 1,3,5 – Triclorobenzeno;
- ✓ 1,4 – Diclorobenzeno;
- ✓ Dietilexil Ftalato(DEHP);
- ✓ Dimetil Ftalato;



- ✓ Di -n-Butil Ftalato;
- ✓ 2,4 – Diclorofenol;
- ✓ 2,4,6 – Triclorofenol;
- ✓ Pentaclorofenol;
- ✓ Cresol Total;
- ✓ Benzo[a]Antraceno;
- ✓ Benzo[a]Pireno;
- ✓ Benzo[k]Fluoranteno;
- ✓ Fenantreno;
- ✓ Indeno[1,2,3-cd]Pireno;
- ✓ Lindano (gama-BHC);
- ✓ Naftaleno;
- ✓ Aldrin;
- ✓ cis-Clordano (alfa-clordano);
- ✓ gama-Clodano(trans- clordano);
- ✓ DDT( isômeros);
- ✓ Dieldrin;
- ✓ Dioxinas e Furanos;
- ✓ Endrin;
- ✓ Heptacloro;
- ✓ Heptacloro Epóxido;
- ✓ Hexaclorobenzeno;
- ✓ Mirex;
- ✓ PCB's Bifenilas policloradas;
- ✓ Toxafeno.

- SEMAE-SL: Informou que a caracterização do resíduo é realizada conforme ABNT NBR 10.004/2004. Nenhum parâmetro, entretanto, foi apresentado.

### **18) A água de lavagem dos filtros é recirculada?**

Na Figura 11 são apresentados a quantidade das empresas de abastecimento de água alvo da pesquisa que realizam a recirculação da água de lavagem dos filtros.

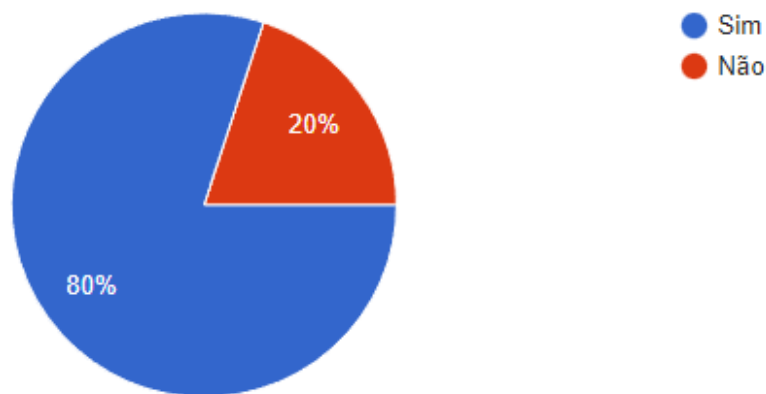


Figura 11 – Porcentagem empresas que recirculam a água de lavagem dos filtros.

Ressalta-se, além disso, que o DMAE informou que a água é recirculada somente nas ETAs Moinhos de Vento, São João e Tristeza.

### 19) A água recebe tratamento antes da recirculação?

Na Figura 12 são reportados os percentuais de empresas, visto nas concessionárias que responderam ao questionário, que executam o tratamento da água de lavagem dos filtros antes da recirculação, caso isto ocorra. A opção de não se aplica foi registrada no caso em que não há a recirculação da água.

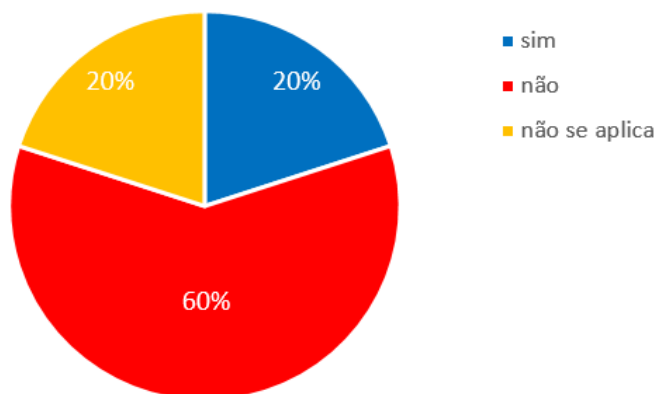


Figura 12 – Casos em que ocorre o tratamento da água de lavagem dos filtros antes da recirculação em termos percentuais.

### 20) Caso não haja recirculação, qual é a destinação da água de lavagem dos filtros?

A seguir, são reportadas as destinações aplicadas em cada Companhia

- COMUSA: há recirculação;
- SAMAE: há recirculação;
- São Gabriel Saneamento: há recirculação;
- DMAE: destinação, em ETAs que não recirculam a água, junto à rede que recebe o lodo;
- SEMAE-SL: lançamento em corpo hídrico.

Ademais, a seguir são listados os nomes dos responsáveis pelo envio das respostas em cada Companhia, bem como sua função técnica dentro da empresa.

- COMUSA:

*Luciane Maria - coordenadora de produção*

- SAMAE:

*Tiago Antônio Marcon - operador da ETA/gerente de tratamento de água*

- São Gabriel Saneamento:

*Luís Antônio de Brito Bertazzo - diretor*

- DMAE:

*Lucas Homem Nadler - responsável pelo licenciamento ambiental*

- SEMAE-SL:

*Laís Moraes - supervisora do Departamento de Gestão Ambiental*

Por fim, é de extrema importância salientar que o registro de apenas 5 respostas, sendo que, no total, o questionário foi enviado a 12 Companhias, ilustra a falta de preocupação e o descaso das concessionárias de abastecimento no Rio Grande do Sul em relação à problemática da destinação dos resíduos gerados em SAAs.

Nesse sentido, destaca-se, principalmente a CORSAN, a qual não respondeu à pesquisa e é a empresa que atende a maioria da população na distribuição de água potável conforme supracitado. Ou seja, mesmo que o questionário tenha sido enviado por e-mail próprio da FEPAM, o que salienta a necessidade de retorno e marca a credibilidade da pesquisa, apenas 41,67% (menos da metade) das Companhias registraram sua resposta. Dessa forma, salienta-se o quão considerável é a abordagem trazida através do presente trabalho, o qual busca uma solução para a inconformidade das ações das concessionárias, visando a destinação ambientalmente adequada dos resíduos produzidos em sistemas de tratamento de água no Estado e, até mesmo, no país.

### **6.3. Proposta de Resolução**

A seguir, nos itens 6.3.1 e 6.3.2, é feita a exposição, respectivamente, das definições e das condicionantes de forma a contemplar a proposta de resolução como um todo. Destaca-se que essa proposta está aliada à análise crítica das minutas em tramitação na CTP da SEMA/RS feita no item 6.1; à avaliação do gerenciamento do LETA no Brasil, possibilitada a partir do embasamento teórico proporcionado através da pesquisa executada pelo trabalho em tela; bem como às respostas recebidas dos questionários aplicados nas Companhias de Saneamento do Estado do Rio Grande do Sul.

### **6.3.1. Definições**

Neste item, é reportada a parte da resolução proposta referente a parte de definições, as quais viabilizam o entendimento das condicionantes ao longo do corpo da normativa. Tais definições são descritas a seguir.

#### **DAS DEFINIÇÕES**

Art. 1º - Esta Resolução dispõe sobre os critérios e condicionantes para o gerenciamento dos resíduos e efluentes gerados por Estações de Tratamento de Água, define os prazos para o seu atendimento, e dá outras providências.

Art. 2º - Para efeitos desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

I – Água tratada: água submetida a processo físicos, químicos ou combinação destes, em conformidade aos padrões de potabilidade;

II – Corpo receptor: corpo hídrico superficial que recebe o lançamento de um efluente;

III – Desaguamento do lodo: técnica que visa separar as fases sólida e líquida do LETA. O desaguamento do lodo pode ser natural (leitos de secagem e lagoas de lodo, por exemplo) ou mecanizado (centrífuga, filtro prensa, prensa parafuso, entre outros);

IV – Destinação ambientalmente adequada: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;

V – Disposição ambientalmente adequada: distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;

VI – Drenado do sistema de desaguamento do lodo: fase líquida efluente do sistema de desidratação do LETA;

VII – Efluente de Estação de Tratamento de Água: somente o drenado proveniente da desidratação do lodo dos decantadores;

VIII – Enquadramento: estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo d'água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos ao longo do tempo;

IX – Estação de Tratamento de Água (ETA): conjunto de unidades destinadas a adequar as características da água aos padrões de potabilidade;

X – Gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável;

XI – Lançamento direto: despejo de efluentes diretamente em corpos hídricos por meio de tubulação;

XII – Lançamento indireto: despejo de efluentes em corpos hídricos indiretamente, por meio da rede de drenagem pluvial;

XIII – Lodo de Estação de Tratamento de Água (LETA): resíduo semi-sólido produzido a partir do processo de sedimentação nos decantadores de ETAs ou no processo de flotação em ETAs não-convencionais;

XIV – Ponto de lançamento: local em que o efluente da ETA encontra o corpo receptor;

XV – Rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada;

XVI – Resíduos de Estação de Tratamento de Água (RETAs): inclui-se a água de lavagem dos filtros (ALAF) e o lodo produzido nos decantadores da ETA (LETA).

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

XVIII – Sistemas de Abastecimento de Água (SAAs): instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição;

XIX – Zona de Mistura: região do corpo receptor onde ocorre a diluição inicial de um efluente.

### **6.3.2. Condicionantes**

No que diz respeito ao restante do corpo da resolução em questão, a seguir são listadas as condicionantes propostas para inclusão ou edição na minuta de gestão do LETA.

#### **DA APLICAÇÃO**

Art. 3º - Esta Resolução aplica-se a todos os SAAs, incidentes de licenciamento ambiental, que possuem ETA, as quais possuem como finalidade o abastecimento público de água potável no Estado do Rio Grande do Sul.

§ 1º - Esta Resolução não se aplica aos SAAs atendidos exclusivamente por captações subterrâneas, sobre os quais não incide licenciamento ambiental no Estado do Rio Grande do Sul, conforme Anexo II da Resolução CONSEMA nº 372/2018 e suas alterações.

#### DAS CONDIÇÕES GERAIS

Art. 4º - É vetado o lançamento de qualquer resíduo oriundo das etapas de tratamento da água em corpo hídrico, salvo em situações de vazão de captação de água bruta inferiores a 20L/s, sujeito à prévia autorização do órgão ambiental competente quando comprovada a capacidade de diluição dos poluentes no corpo receptor.

Art 5º- O lançamento dos resíduos provenientes do tratamento de água em corpo hídrico previsto pelo Art. 4º está condicionado à outorga pelo órgão ambiental competente, de acordo com especificações da Lei Federal nº 9.433/1997 (Política Nacional de Recursos Hídricos).

Art. 6º- A água de lavagem dos filtros, bem como o drenado resultante do processo de desidratação do lodo devem ser, prioritariamente, recirculados.

I – Em situações em que seja verificado que a recirculação da água de lavagem dos filtros está provocando problemas de saúde pública devido à concentração de organismos patogênicos (protozoários) nas etapas de tratamento da água, poderá este resíduo ser lançado no corpo receptor, condicionado à apresentação de Declaração emitida pela Secretária Estadual de Saúde do Rio Grande do Sul, bem como ao atendimento aos padrões de lançamento e às especificações definidas na presente Resolução.

#### DA DISPOSIÇÃO FINAL

Art. 7º- O envio dos resíduos gerados a aterros sanitários, após a desidratação do lodo, está sujeito à avaliação do órgão ambiental frente a justificativas apresentadas pelos responsáveis pela gestão do resíduo, conforme a ordem de prioridade estabelecida pelo Art. 9º da Lei Federal nº 12.305/2010.

#### DO LANÇAMENTO EM CORPOS HÍDRICOS

Art 8º- Nos casos de lançamento de efluente ou de resíduos de SAAs em corpos hídricos, de forma direta ou indireta, condicionado ao atendimento dos Art. 4º e 5º desta Resolução, deve-se atender aos padrões de lançamento fixados pela Resolução do CONAMA nº 430/2011, de acordo com os padrões estabelecidos pelo enquadramento de corpos receptores conforme cada classe específica previstos pela Resolução CONAMA nº357/2005.

§ 1º - O lançamento previsto pelo Art. 4º desta Resolução está condicionado à apresentação ao órgão ambiental competente de Estudo de Estabelecimento da Zona de Mistura no corpo receptor conforme especificações descritas na Resolução CONAMA nº 357/2005.

I- Deverá o empreendedor informar, com até 24h de antecedência, aos usuários de usos da água no corpo hídrico receptor que vai haver o lançamento de contaminante.

§ 2º - O lançamento de efluentes no Rio Grande do Sul deve atender à inequação apresentada no Art. 7º, §2º da Resolução CONSEMA nº 355/2017.

§ 3º - O lançamento de efluentes ou de resíduos em corpos hídricos conforme definido no caput está condicionado ao monitoramento dos parâmetros do efluente/resíduos, bem como dos parâmetros no corpo receptor pelos devidos responsáveis conforme a frequência definida a seguir.

I - Frequência do monitoramento do efluente e dos resíduos:

<b>Parâmetros</b>	<b>Frequência</b>
pH	TRIMESTRAL
Materiais Sedimentáveis	TRIMESTRAL
Sólidos Suspensos Totais	TRIMESTRAL
Sólidos Dissolvidos Totais	TRIMESTRAL
Alumínio Dissolvido *	TRIMESTRAL
Ferro Dissolvido *	TRIMESTRAL
Demanda Química de Oxigênio *	TRIMESTRAL
Demanda Bioquímica de Oxigênio *	TRIMESTRAL
*parâmetros devem ser definidos a partir do coagulante utilizado na ETA ou pela presença de elevada quantidade de matéria orgânica no lodo.	

*Tabela 4 – Parâmetros e frequência de monitoramento do efluente e dos resíduos de ETA.*

II - Frequência do monitoramento no corpo receptor:

<b>Parâmetros</b>	<b>Frequência</b>
pH	SEMESTRAL
Oxigênio Dissolvido	SEMESTRAL

Turbidez	SEMESTRAL
Sólidos Totais	SEMESTRAL
Alumínio Dissolvido *	SEMESTRAL
Ferro Dissolvido *	SEMESTRAL
Demanda Química de Oxigênio *	SEMESTRAL
Demanda Bioquímica de Oxigênio *	SEMESTRAL
*parâmetros devem ser definidos a partir do coagulante utilizado na ETA ou pela presença de elevada quantidade de matéria orgânica no lodo.	

*Tabela 5 – Parâmetros e frequência de monitoramento no corpo receptor em caso de lançamento.*

§ 4º - Deverá ser realizado o monitoramento do corpo receptor em pontos, entre 50 e 100 metros, a montante e a jusante do ponto de lançamento de efluentes/resíduos.

§ 5º - A frequência e os parâmetros de monitoramento tanto para o efluente/resíduos quanto para o corpo receptor podem admitir frequências mais restritivas a depender da necessidade de cada situação específica avaliada pelo órgão ambiental competente.

§ 6º - O empreendedor de SAAs deverá informar ao órgão ambiental competente a periodicidade de lançamento em corpo hídrico, de forma que se tenha uma periodicidade pré-estabelecida.

I - Nos casos com periodicidade de lançamento inferior ao previsto pelo inciso II, § 3º do caput, o monitoramento do corpo receptor deve ser equivalente à periodicidade do lançamento realizado.

§ 7º - Quando comprovada a instalação do sistema de recirculação e a interrupção do descarte da água proveniente da lavagem dos filtros, bem como a interrupção do lançamento de efluente ou resíduo desidratado oriundos do desaguamento do LETA em recurso hídrico, suspende-se o monitoramento do corpo receptor.

§ 8º - Os efluentes provenientes da lavagem de unidades de armazenamento, preparação e dosagem de produtos químicos utilizados no processo de tratamento poderão ser tratados e destinados juntamente com o efluente da ETA, desde que não comprometam o atendimento aos padrões de lançamento estabelecidos.



I- Efluentes de limpeza química de membranas nos sistemas de ultrafiltração, ou outro sistema que exija a limpeza química, bem como de lavagem de unidades de armazenamento, preparação e dosagem de produtos químicos ácidos ou básicos, deverão ter seu pH ajustado, de modo que esteja dentro da faixa entre 6 e 9, antes de ser destinado junto com os efluentes da ETA.

### DO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Art. 9º - É obrigatório a elaboração de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) em sistemas de tratamento de água, de acordo com o previsto pelo Art. 20 da Lei Federal nº 12.305/2010, de forma a conter o conteúdo mínimo estabelecido pelo Art. 21 da Lei Federal nº 12.305/2010.

§ 1º - O LETA deve estar incluído no PGRS do empreendimento.

I – O lodo de todo o SAA deve ser caracterizado quimicamente, de forma a apresentar todas as substâncias típicas que fazem parte da sua composição.

§ 2º - De acordo com o Art. 58 do Decreto Federal nº 10.936/2022, o PGRS deverá ter periodicidade anual, de forma a conter informações completas e atualizadas sobre a implementação e a operacionalização do plano sob sua responsabilidade, por meio eletrônico, conforme as regras estabelecidas pelo Ministério do Meio Ambiente.

§ 3º - Na gestão e gerenciamento dos resíduos oriundos dos sistemas de tratamento de água, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não-geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição ambientalmente adequada, de acordo com o previsto pelo Art. 9º da Lei Federal nº 12.305/2010.

### DOS PRAZOS PARA DESTINAÇÃO AMBIENTALMENTE ADEQUADA

Art. 10º - Ficam estabelecidos os seguintes prazos, relacionados ao volume de LETA gerado pelos SAAs em empresas de saneamento e autarquias, para atendimento às exigências definidas por esta Resolução, de forma a cumprir as metas de percentuais de volume de lodo alvo de destinação ambientalmente adequada:

I- Destinação ambientalmente adequada de 25% do volume de lodo produzido até 2025;

II- Destinação ambientalmente adequada de 50% do volume de lodo produzido até 2027;

III- Destinação ambientalmente adequada de 75% do volume de lodo produzido até 2029;

IV- Destinação ambientalmente adequada de 100% do volume de lodo produzido até 2031;

§ 1º - Nos casos em que haja a assinatura do Termo de Compromisso Ambiental (TCA) firmado entre a concessionária de abastecimento e o órgão ambiental, deve-se prevalecer os prazos e metas acordados através do TCA.

§ 2º - A solução adotada para atendimento dos prazos definidos no caput, com vistas à destinação ambientalmente adequada, deve ser definida a critério do empreendedor.

§ 3º - Todo o volume de lodo produzido por Estações de Tratamento de Água deve ser medido (em base seca e em base úmida) e informado nos relatórios enviados ao órgão ambiental competente. A medição deve ser realizada de acordo com a frequência de remoção do LETA dos decantadores, a fim de que seja viável atender às metas da destinação dos volumes definidas pelo caput.

§ 4º - A implantação de sistemas para desaguamento e/ou tratamento do LETA e dos efluentes oriundos de ETA fica isenta de solicitações de licenças, desde que realizada dentro da área licenciada do respectivo sistema e sem intervenção em Área de Preservação Permanente (APP) e sem supressão de vegetação.

I - Após a conclusão das obras definidas no § 4º do caput deverá ser juntado ao processo de Licença de Operação do empreendimento, em um prazo máximo de 60 dias, relatório técnico descritivo e fotográfico da implantação realizada, acompanhado da Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) do responsável técnico pela execução.

II - A solicitação de autorização para implantação de sistemas para desaguamento e/ou tratamento do LETA e dos efluentes oriundos de ETA deverá ser priorizada pelo órgão ambiental competente.

#### DAS COMPROVAÇÕES

Art. 11º - Deverão ser apresentados Relatórios Técnicos, anualmente, ao órgão ambiental competente, referente ao gerenciamento dos resíduos e efluentes oriundos dos sistemas de tratamento de água, contendo o atendimento das condicionantes desta Resolução, principalmente o cumprimento do monitoramento previsto pelo Art. 7º, em caso de lançamento em corpo hídrico, e a conformidade às metas estabelecidas pelo Art. 10º desta Resolução.

§ 1º - Deverão ser informados aos órgãos ambientais competentes o volume mensal e anual do lodo produzido, bem como as tecnologias aplicadas com vistas à destinação ambientalmente adequada.

#### DAS MULTAS PREVISTAS POR INFRAÇÕES AMBIENTAIS

Art. 12º - Estão asseguradas pelo Art. 62 do Decreto Federal nº 6.514/2008, alterado pelo Art. 90 do Decreto Federal nº 10.936/2022, sanções administrativas na forma de cobrança de multa no valor de R\$ 5.000 (cinco mil reais) a R\$ 50.000.000 (cinquenta milhões de reais) nos casos de lançamento in natura de resíduos em recursos hídricos ou a céu aberto, à exceção de casos com a prévia autorização do órgão ambiental competente previstos por esta Resolução.

## DAS ADEQUAÇÕES

Art. 13º- Caso as licenças ambientais vigentes em SAAs estejam em desacordo com as especificações desta Resolução, deverá o órgão ambiental realizar sua adequação.

## DAS REVISÕES

Art. 14º- Esta Resolução deve ser revisada após o ano de 2031, para que seja avaliada a necessidade de adequação aos padrões, critérios e prazos relacionados à gestão dos resíduos e efluentes gerados em SAAs.

Art. 15º. Esta resolução entra em vigor na data de sua publicação.

### **6.4. Readequação do TCA**

Juntamente à análise da minuta em discussão e à proposta de resolução apresentada, atribui-se às contribuições do trabalho em tela propor a reavaliação do TCA, firmado entre a CORSAN e a FEPAM, de forma a considerar a legislação aprovada após a sua assinatura. Desta forma, por exemplo, será possível levar em conta as regulamentações realizadas pelo Decreto Federal nº 10.936/2022, o qual prevê a execução da cobrança de multa de cinco mil a cinquenta milhões de reais em casos de lançamento *in natura* de resíduos em corpos hídricos ou a céu aberto, configurando assim como crime ambiental. Sendo assim, visto que a Companhia segue despejando parte do LETA em corpos d'água, deve-se revisar as cláusulas e adequá-las, de forma a minimizar ao máximo os lançamentos que ainda estão ocorrendo.

Ademais, visto que as destinações aplicadas ao LETA pela CORSAN, de acordo com informações contidas nos Relatórios anuais apresentados em atendimento às metas do TCA tem sido, em sua maioria, o envio a aterros industriais, salienta-se a necessidade de inclusão nas cláusulas do Termo da obrigatoriedade do cumprimento e comprovação das exigências estabelecidas pela Portaria Estadual da FEPAM nº 87 de 29 de outubro de 2018, bem como das alterações previstas na Portaria Estadual da FEPAM nº 12/2020. A Portaria de 2018 aprova o Sistema de Manifesto de Transporte de Resíduos - Sistema MTR Online - e dispõe sobre a obrigação de utilização do Sistema no Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências.

Por fim, salienta-se a necessidade de se especificar no TCA o conceito de destinação ambientalmente adequada, de forma a tornar clara sua distinção em relação à disposição final. Dessa forma, a destinação ambientalmente adequada deve ser pontuada, prioritariamente, como o reaproveitamento e a valorização deste resíduo, com o intuito de respeitar a ordem de

prioridade estabelecida pelo Art. 9º da Lei Federal nº 12.305/2010: “*não-geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição ambientalmente adequada*”.

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

No que diz respeito à pesquisa bibliográfica realizada ao longo do presente trabalho, pode-se dizer que o tema envolvendo o lodo de ETA é bastante relevante e muito discutido na literatura. Este fato deve-se, essencialmente, pelas práticas inadequadas por parte das Concessionárias de Abastecimento de Água Tratada no Brasil e no mundo. Assim, a problemática envolvendo a destinação ambientalmente adequada do LETA está consolidada e carece de solução conforme reportado em artigos acadêmicos e em livros didáticos, bem como já está comprovada a existência de tecnologias com vistas ao tratamento e valorização deste resíduo. No Brasil, especificamente, a maior parte do lodo é lançado diretamente em corpos hídricos e, neste contexto, o levantamento bibliográfico possibilitou observar os impactos decorrentes desse despejo na vida dos seres vivos e no bem-estar do meio ambiente. Por fim, é válido destacar que a pesquisa alcançou seu objetivo através da definição de termos que até então estavam pouco transparentes nas abordagens feitas em trabalhos científicos, como, por exemplo, a distinção entre os conceitos de destinação e disposição ambientalmente adequadas.

Quanto às resoluções federais e estaduais existentes no país, considerando que o LETA é classificado como resíduo sólido, ressalta-se a vigência, principalmente, da Lei Federal nº 12.305/2010. Nesta legislação, por exemplo, encontrou-se o maior número de definições e de condicionantes voltados à boa gestão do lodo de SAAs no Brasil. Aliado à Política Nacional de Resíduos Sólidos destaca-se a NBR 10.004/2004, a qual define o lodo como resíduo semi-sólido, bem como o Decreto Federal nº 10.936/2020, cujas especificações fazem complementação à Política supracitada e estipula valores para aplicação de multas relacionadas ao lançamento do LETA em recursos hídricos, configurando esta prática como crime ambiental.

Neste sentido, a Lei Federal em questão também propõe através de seu Art. 9º as ordens de prioridade, de forma que a disposição final do lodo em aterros seja a última alternativa a ser aplicada. Ademais, observa-se a existência da Lei Federal nº 9.605/1998 (Lei dos Crimes Ambientais), a qual determina sanções administrativas em caso de degradação da qualidade ambiental; a Resolução do CONAMA nº 430/2011, cujas condicionantes

estabelecem padrões de lançamentos, visando a qualidade dos corpos d'água; e a Política Nacional de Recursos Hídricos, regida pela Lei Federal nº 9.433/1997, que torna obrigatório a outorga no caso de lançamento de resíduos em recursos hídricos.

Ressalta-se também a existência, no Estado do Rio Grande do Sul, do TCA, firmado entre a FEPAM e a CORSAN, visando à destinação ambiental do lodo produzido pela Companhia. Observa-se, entretanto, que o Termo não é configurado como legislação estadual e o Estado carece de uma normativa específica para solução do problema envolvendo o lodo em todas as concessionárias. Neste aspecto, por fim, salienta-se que a Deliberação Normativa (COPAM) nº 153 aprovada em 2010 (a qual objetivou a regularização ambiental dos sistemas de tratamento de água no Estado de Minas Gerais), é a única resolução estadual existente no país relacionada à problemática do LETA.

No Rio Grande do Sul não existe uma resolução referente ao gerenciamento adequado dos resíduos oriundos de SAAs. Neste contexto, a resolução proposta configura-se como uma poderosa arma a ser utilizada pelos órgãos ambientais competentes com vista à destinação ambientalmente adequada, principalmente, do LETA. Salienta-se ainda que a normativa (proposta a partir do TCA da CORSAN, da Deliberação Normativa nº 153/2010 de Minas Gerais, da minuta da CORSAN e das outras legislações federais vigentes no Brasil) atingiu seu objetivo de juntar todas as definições e condicionantes existentes em todas estas leis e regulamentos citados, de forma a propor a regulamentação e a transformação da gestão desses resíduos no Estado do Rio Grande do Sul.

Ressalta-se também que o apoio da FEPAM durante a realização deste trabalho foi primordial para a boa execução dos artigos e parágrafos da resolução proposta, de maneira que fossem ressaltadas as principais necessidades do órgão ambiental em vistas da fiscalização de empreendimentos que realizam o tratamento de água para abastecimento da população gaúcha. Com isso, considerando a divulgação do presente trabalho na CTP da SEMA/RS pela FEPAM, existe expectativa de confecção de uma normativa estadual a fim de reduzir as práticas inadequadas das Companhias de Saneamento no Estado relacionadas ao gerenciamento dos resíduos gerados em ETAs

Quanto ao TCA, assinado no Estado do Rio Grande do Sul, ressalta-se que, embora a Companhia esteja atendendo parte das metas relacionadas aos volumes destinados de maneira adequada nos últimos anos, o Termo não reflete totalmente as exigências requeridas pela legislação vigente. Desta forma, propõe-se a sua adequação, de forma, principalmente, a respeitar as especificações da Lei Federal nº 12.305/2010, bem como as suas atualizações previstas pelo Decreto Federal nº 10.936/2020. Salienta-se também que o TCA não torna

claro as formas de destinação ambientalmente adequadas aplicadas aos resíduos de ETA, de maneira que é preciso que seja pontuado em suas cláusulas o atendimento ao Art. 9º da Política Nacional de Resíduos Sólidos, visando que a disposição final em aterros seja a última alternativa.

Para terminar, pode-se dizer que a pesquisa realizada através do questionário com as Companhias de Saneamento no Rio Grande obteve êxito. As informações repassadas pelas Concessionárias foram de grande ajuda na confecção da proposta de resolução supracitada. Além disso, os dados fornecidos, os quais serão passados à FEPAM, servirão de auxílio para o órgão ambiental no monitoramento e na fiscalização de SAAs no Estado.

Observa-se, entretanto, que o retorno às respostas do questionário foi dado por pouco mais de 41% das empresas, demonstrando-se assim o total desinteresse de boa parte das Companhias em solucionar a gestão inadequada dada ao LETA em solo gaúcho. Sendo assim, pontua-se a necessidade da criação de uma normativa estadual, a qual demande práticas voltadas à proteção do meio ambiente, da saúde humana e do ecossistema em ETAs riograndenses.

## **8. REFERÊNCIAS**

ACHON, Cali Laguna; SOARES, Leonardo Vieira; MEGDA, Cláudia Regina. Impactos ambientais provocados pelo lançamento in natura de lodos provenientes de estações de tratamento de água. In: congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental. 2005. p. 2005.

ACHON, C. L.; BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. Avaliação do uso da água em sistema de tratamento de água com proposta e uso de indicadores. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 19 Maceió - AL. 2011.

ACHON, Cali Laguna; BARROSO, Marcelo Melo; CORDEIRO, João Sérgio. Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 18, n. 2, p. 115-122, 2013.

ACHON, Cali Laguna; CORDEIRO, João Sérgio. Destinação e disposição final de lodo gerado em ETA-Lei 12.305/2010. XIX Exposição De Experiências Municipais Em Saneamento, 2015.

AGOSTINI, M; et al.. A influência da pluviometria na adição de lodo de estação de tratamento de água em cerâmica vermelha. Anais do 5º Fórum Nacional de Resíduos Sólidos, São Leopoldo - RS. 2014. Disponível em:

<<http://www.institutoventuri.org.br/ojs/index.php/firs/issue/view/7>>. Acesso em: 05 de abril de 2022.

ALESSI, Ismael Atila Gehlen. Voltametria de pulso diferencial como alternativa no monitoramento de cádmio, chumbo e cobre em lodo de estações de tratamento de água para sua possível utilização na agricultura. 2018.

ALEXANDRE, Juliana R.; OLIVEIRA, Maria L. F.; SANTOS, Tamires C. dos.; CANTON, Gabriela C.; CONCEIÇÃO, Juliana M. da.; EUTRÓPIO, Frederico J.; CRUZ, Zilma M. A.; DOBBSS, Leonardo B.; RAMOS, Alessandro C. Zinco e ferro: de micronutrientes a contaminantes do solo. *Natureza on-line*. Santa Teresa, v. 10, n. 1, p. 23-28, 2012.

ALMEIDA, Vítor Otacílio de. Produção de cloreto férrico a partir de rejeito de minério de ferro: um estudo de caracterização e aplicabilidade. 2019.

ALVES, Célia. Tratamento de água de abastecimento. 3. ed. rev. e amp. Porto: Publindústria, Edições Técnicas, 2010.

ALVES PIMENTA, José Augusto et al. AVALIAÇÃO DO SULFATO DE ALUMÍNIO, POLICLORETO DE ALUMÍNIO E CLORETO FÉRRICO NO TRATAMENTO DE ÁGUA BRUTA DO RIO SANTO ANASTÁCIO. In: *Colloquium Exactarum*. 2017.

ARANTES, Reginaldo Bento de Souza et al. Sorção de fósforo de efluente doméstico tratado em lodo de estação de tratamento de água e aplicação do resíduo em solo cultivado com milho. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 27, p. 175-183, 2022.

ARENHART, Bruna et al. Avaliação do potencial de remoção de fósforo de efluentes a partir da utilização de lodo de ETA rico em alumínio como adsorvente. 2019.

ASSIS, LR de. Avaliação do impacto em corpos d'água devido ao lançamento de resíduos de uma estação de tratamento de água de Juiz de Fora/MG. Trabalho Final de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, p. 51, 2014.

ASSUNÇÃO, Tayane Matsuda. Comparação entre o método físico-químico de coagulação e floculação utilizando o coagulante de policloreto de alumínio (PAC) com o processo de eletrocoagulação utilizando eletrodos de aço inox em efluentes têxteis. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

AVANEX, Indústria e Comércio LTDA. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos - FISPQ n° 027. Sulfato de Alumínio Líquido Standard. 2015. Disponível em: <<https://www.avanex.com.br/pdf/produto/16/20160126145250.pdf>>. Acesso em: 01 de abril de 2021.

AVANEX, Indústria e Comércio LTDA. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos - FISPQ n° 016. Policloreto de Alumínio. 2015. Disponível em: <<https://www.avanex.com.br/pdf/produto/16/20160126145250.pdf>>. Acesso em: 11 de abril de 2021.

AZZOLINI, José Carlos; FABRO, Lucas Fernando. Controle da eficiência do sistema de tratamento de efluentes de uma indústria de celulose e papel da região meio oeste de Santa Catarina. *Unoesc & Ciência-ACET*, Joaçaba, v. 3, n. 1, p. 75-90, 2012.

BARRETO, Luciano et al. Eutrofização em rios brasileiros. *Enciclopédia biosfera*, v. 9, n. 16, 2013.

BRASIL. Lei Federal n° 9.433 de 08 de janeiro de 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos, 1997.

BRASIL. Lei Federal n° 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. Lei dos Crimes Ambientais, 1998.

BRASIL. Norma Brasileira ABNT NBR 10.004, válida a partir de 30 de novembro de 2004.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução n° 357, de 17 de março de 2005. Brasília, 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução n° 396, de 03 de abril de 2008.

BRASIL. Lei Federal n° 12.305 - Política Nacional de Resíduos Sólidos. 2010.

BRASIL Lei Federal n° 14.026 de 15 de julho de 2020. Novo Marco Legal do Saneamento Básico. 2020.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução n° 498 de 19 de agosto de 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Portaria MS n.º 2914/2011. Brasília, 2021.

BAUMGARTEN, M. G. Z. Qualidade de águas: descrição dos parâmetros químicos referidos na legislação ambiental. Rio Grande. Ed. FURG. 2001.

BITTENCOURT, Simone et al. Aplicação de lodos de estações de tratamento de água e de tratamento de esgoto em solo degradado. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 17, p. 315-324, 2012.

CAMPOS, Sandro Xavier. Di BERNARDO, Luiz. VIEIRA, Eny M. Influência das Características das Substâncias Húmicas na Eficiência da Coagulação do Sulfato de Alumínio. Universidade de São Paulo - USP. 2005.

CARAVELLI, A.; GREGORIO, C.; ZARITZKY, N. E. Effect of operating conditions on the chemical phosphorus removal using ferric chloride by evaluating orthophosphate



precipitation and sedimentation of formed precipitates in batch and continuous systems. *Chemical Engineering Journal*, v. 209, p. 469-477, 2012.

CARDOSO, Patrícia Regina da Silva. Informações técnicas sobre o policloreto de alumínio. Resposta Técnica produzida pelo Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas/SBRT06 de junho, 2006.

CARVALHO, Juliana et al. Os efeitos da degradação dos recursos hídricos nos espaços urbanos de Vitória da Conquista–BA. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, v. 6, n. 10, 2010.

CASTÃO, Edvan Silva et al. Reúso de Lodo de Estação de Tratamento de Água na Fabricação de Tijolos Cerâmicos. Congresso ABES - FENASAN. 2017.

CASTEJON, Fernanda Vieira. Taninos e saponinas. Seminário apresentado junto à disciplina Seminários Aplicados do Programa de Pós-Graduação–Universidade Federal de Goiás, Goiânia, v. 30, p. 1292-1298, 2011.

CASTRO-SILVA, M. A. et al. Microrganismos associados ao tratamento de águas de abastecimento com coagulante orgânico vegetal (tanato quaternário de amônio) – I. microrganismos filamentosos. *Revista Estudos de Biologia*, v. 26, n. 54, p. 21-27, 2004.

CETESB. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Ficha de Identificação de Produto Químico: cloreto férrico. N° ONU 1773. 2014. Disponível em: <[https://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha\\_completa1.asp?consulta=CLORETO%20F%20C9RRICO](https://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=CLORETO%20F%20C9RRICO)>. Acesso em 11 de abril de 2021.

CETESB. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Ficha de Identificação de Produto Químico: cloreto de alumínio. N° ONU 1726. 2014. Disponível em: <[https://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha\\_completa1.asp?consulta=CLORETO%20DE%20ALUM%20CDNIO](https://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=CLORETO%20DE%20ALUM%20CDNIO)>. Acesso em 12 de abril de 2021.

CETESB. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/>>. Acesso em 21 de abril de 2022.

CHALHOUB, Ayda Samih et al. INCORPORAÇÃO DO LODO DE ETA NA FABRICAÇÃO DE TIJOLOS. 2019. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2019/XII-048.pdf>>. Acesso em 30 de abril de 2022.

CHOI, Joo S.; KOH, In-Uk; LEE, Jung H.; KIM, Won Ho; SONG, Jihyun. Effects of excess dietary iron and fat on glucose and lipid metabolism. *Journal of Nutritional Biochemistry*, v. 24, p. 1634–1644, 2013.

COPAM. Conselho Estadual de Política Ambiental. Deliberação Normativa n° 153 de 26 de julho de 2010. Versão atualizada em 2013. Estado de Minas Gerais. Disponível em:

<[http://sistemas.meioambiente.mg.gov.br/reunioes/uploads/gXgcSZntMw3-A9gfzYBH3AWhjwyDEig\\_.pdf](http://sistemas.meioambiente.mg.gov.br/reunioes/uploads/gXgcSZntMw3-A9gfzYBH3AWhjwyDEig_.pdf)>. Acesso em: 25 de abril de 2022.

CORAL, L. A. et al. Estudo de Viabilidade de Utilização de Polímero Natural (TANFLOC) em Substituição ao Sulfato de Alumínio no Tratamento de Águas para Consumo. 2nd International Workshop - Advances in Cleaner Production. São Paulo. 2009.

CORSAN. Companhia Riograndense de Saneamento. Estado do Rio Grande do Sul. Relatório da Administração. 2014. Disponível em: <<https://www.corsan.com.br/upload/arquivos/202009/08112634-2014-fechamento-demonstracoes-contabeis-corsan.pdf>>. Acesso em 15 de abril de 2022.

CORDEIRO, João Sérgio. Micro propriedades de lodos gerados em decantadores de estações de tratamento de água. In: XXVIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Cancun, México. 2002.

COSTA, Álvaro José Calheiros da. Análise de viabilidade da utilização de lodo de ETA coagulado com cloreto de polialumínio (PAC) composto com areia como agregado miúdo em concreto para recomposição de calçadas: estudo de caso na ETA do município de Mirassol-SP. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

COSTA, Cristina Alfama. “Águas do meu Rio Grande”: a universalização do acesso ao saneamento pelo CORSAN. 2013.

COSTA, Antony Murillo; SILVAS, Bruno Paulucci Cianga; CASTRO, Ruan Reis Ojea. Análise da concentração de cloro livre, cloro total, PH e temperatura em alguns pontos de consumo abastecidos pela rede pública de distribuição na cidade de Curitiba/PR. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CUNHA, Davi Gasparini Fernandes; CALIJURI, Maria do Carmo; MENDIONDO, Eduardo Mario. Integração entre curvas de permanência de quantidade e qualidade da água como uma ferramenta para a gestão eficiente dos recursos hídricos. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 17, n. 4, p. 369-376, 2012.

CRUZ, Geraldo; NETO, Silva. O nível de concentração de alumínio na água como fator de risco para o desenvolvimento da doença de Alzheimer. Brazilian Journal Of Health Review. Curitiba, PR: 2020. v. 3, n. 5, p.15324-15339.

DA SILVA TAKADA, C. R.; SERRA, J. C. V.; MAFRA, W. A.; BORBA, K. C. A. Aproveitamento e Disposição final de lodos de estações de tratamento de água no município de Palmas – TO. 2013.

DA SILVA CAMPAGNONI, Monique; TUBINO, Rejane Maria Candiota; CAMPANI, Darci Barnech. ANÁLISE DO USO DE LODO DE TRATAMENTO DE ÁGUA, REJEITO

DE MINERAÇÃO E BIOFERTILIZANTE DE VERMICOMPOSTAGEM PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA POR MINERAÇÃO. In: Fórum Internacional de Resíduos Sólidos-Anais. 2020.

DELGADINHO, Michael Joe Cruz. Distúrbios do metabolismo do cobre, ferro e zinco. 2014. Tese de Doutorado. [sn].

DE OLIVEIRA, L. C.; PEREIRA, Roberto; VIEIRA, Janine Reginalda Guimarães. Análise da degradação ambiental da mata ciliar em um trecho do rio Maxaranguape–RN: uma contribuição à gestão dos recursos hídricos do Rio Grande do Norte-Brasil. HOLOS, v. 5, p. 49-66, 2011.

DE PAIVA, Gabriela Santos; MOREIRA, Viviane Teles Goulart; SOARES, Alexandra Fátima Saraiva. Lodo de estação de tratamento de água (LETA): resíduo ou insumo?. Revista Petra, v. 3, n. 1, 2017.

DE SOUZA, CLEIA PEREIRA. TRATAMENTO FÍSICO-QUÍMICO DO LIXIVIADO DO ATERRO DE FEIRA DE SANTANA-BAHIA. 2010. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Feira de Santana.

DEXTRO, Rafael Barty. Poluição das Águas. InfoEscola. Disponível em: <https://www.infoescola.com/ecologia/poluicao-da-agua/>. Acesso em, v. 6, 2019.

DI BERNARDO, L. et al. Ensaio de Tratabilidade de Água e dos Resíduos gerados em Estação de Tratamento de Água. São Carlos. Ed. Rima. 2002.

DI BERNARDO, L. et al. Métodos e técnicas de tratamento e disposição dos resíduos gerados em estações de tratamento de água. Editora LDiBe. São Carlos, 2012.

DOMINGUES, Thabata C. de G. Teor de metais pesados em solo contaminado com resíduo de sucata metálica, em função de sua acidificação. 2009. 81 f. Dissertação (Pós – Graduação) - Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agrônomo, Campinas, 29 abr. 2009.

DO NASCIMENTO, ÉRICO DE SOUSA; DA SILVA, THIAGO ALEXANDRE; DA, LEANDRO LUSTOSA. A UTILIZAÇÃO DO LODO DE ETA COMO INSUMO EM ARGAMASSA. 2019.

DOS REIS NUNES, Larissa; DIAZ, Rafhael Rodrigo Licheski. A evolução do saneamento básico na história e o debate de sua privatização no Brasil. Revista de Direito da Faculdade Guanambi, v. 7, n. 2, p. 1, 2020.

EPA. *Environmental Protection Agency* (Agência Nacional de Proteção Ambiental dos Estados Unidos). Dados de 2005.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. II Seminário Lodos - problema ou oportunidade? Porto Alegre. 2016 Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/12165924/seminario-discute-potencial-agronomico-de-lodos-de-estacoes-de-tratamento-de-agua-e-esgoto>>. Acesso em: 30 de abril de 2022.

FEAM. Fundação Estadual de Meio Ambiente. Estado de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.feam.br/>>. Acesso em: 21 de abril de 2022.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler. Termo de Compromisso Ambiental - TCA celebrado entre a FEPAM e a Companhia Riograndense de Saneamento - CORSAN - através do processo administrativo nº 16029.0567/13-0. 2016.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler. Informação Técnica (IT) nº 124/2018. 2018.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler. Informação Técnica (IT) nº 194 de 28 de junho de 2019. 2019.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler. Informação Técnica (IT) nº 59 de 06 de fevereiro de 2020. 2020.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler. Portaria nº 87/2018, atualizada pela Portaria nº 12/2020.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler. Informação Técnica (IT) nº 243 de 27 de agosto de 2021. 2021.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/>>. Acesso em 16 de abril de 2022.

FERREIRA, P & MORITA, D.M. Análise comparativa sobre as formas de disposição do lodo nas estações de tratamento de água (ETAs), nos Estados Unidos, França, Noruega, Reino Unido e Brasil. Revista Brasileira de Direito Ambiental, 17(1): 103-124. 2009.

FERREIRA, Reinaldo de P.; MOREIRA; Adônis; RASSINI, Joaquim B. Toxidez de alumínio em culturas anuais. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2006. Disponível em <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPPE/16821/1/Documentos-63.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2022.

FERREIRA FILHO, Sidney Seckler. Tratamento de água : concepção, projeto e operação de estações de tratamento / Sidney Seckler Ferreira Filho. - 1. ed. - [Reimpr.]. - Rio de Janeiro: GEN | Grupo Editorial Nacional. Publicado pelo selo LTC | Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2017.

FIorentini, V. Uso do tanino no processo de tratamento de água como melhoria em sistema de gestão ambiental. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

FONSECA, Izabel Cristina da; LIMA, Luana Bárbara de Almeida. AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO LANÇAMENTO DE EFLUENTES DE UMA EMPRESA DO SETOR METALÚRGICO SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO PINHO-SANTOS DUMONT (MG). 2018.

GANZ, Tomas; NEMETH, Elizabeta. Regulation of iron acquisition and iron distribution in mammals. *Biochimica et Biophysica Acta*, v. 1763, n, 7, p. 690-699, jul. 2006.

HOPPEN, C. et al. Co-disposição de lodo centrifugado de Estação de Tratamento de Água (ETA) em matriz de concreto: método alternativo de preservação ambiental. *Cerâmica*, v. 51, n. 318, p. 85-95, 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB, Dados de 2008. 2010. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1755>>. Acesso em 21 de abril de 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Pesquisa Manual de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro, v. 2, n-3, p-1-84, março de 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB, 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/30/84366?ano=2017>>. Acesso em 05 de abril de 2022.

IBRAM – Instituto Brasília Ambiental. Disponível em: <<https://www.ibram.df.gov.br/texto-informacoes-ambientais/>>. Acesso em 21 de abril de 2022.

JUCOSKI, Gládis de O.; CAMBRAIA, José; RIBEIRO, Cleberson; OLIVEIRA, Juraci A. de. Excesso de ferro sobre o crescimento e a composição mineral em *Eugenia uniflora* L. *Revista Ciência Agronômica*, v. 47, n. 4, p. 720-728, out-dez, 2016.

KIM, S. H.; MOON, B. H.; LEE, H. I. Effects of pH and dosage on pollutant removal and floc structure during coagulation. *Microchemical Journal*. v.68, p. 197-203, 2001.

LEE, Hyo J.; CHOI, Joo S.; LEE, Hye J.; KIM, Won-Ho; PARK, Sang I.; SONG, Jihyun. Effect of excess iron on oxidative stress and gluconeogenesis through hepcidin during mitochondrial dysfunction. *Journal of Nutritional Biochemistry*, v. 26, n.12 p. 1414-1423, dez. 2015.

LEMOS, Karita Santos; DE AGUIAR FILHO, Silvio Quintino; CAVALLINI, Grasielle Soares. Avaliação comparativa entre os coagulantes sulfato de alumínio ferroso e policloreto de alumínio para tratamento de água: estudo de viabilidade econômica. DESAFIOS-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins, v. 7, n. 1, p. 109-119, 2020.

MARDER, Fernanda. Avaliação da eficiência do método de remediação eletrocinética na descontaminação do lodo de uma estação de tratamento de água. 2018. Dissertação de Mestrado.

MARGEM, Jean I. Caracterização e incorporação de lodo de decantação de estação de tratamento de água (E.T.A.) em cerâmica vermelha. 2008. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Engenharia e Ciência de Materiais, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 09 dez. 2008.

MAROUELLI, W. A. et al. Qualidade e segurança sanitária da água para fins de irrigação. Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2014.

MARTILDES, Jéssica Araújo Leite et al. Avaliação do método de tratamento de lixiviado do Aterro Sanitário de Campina Grande-PB, Brasil. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 4, p. 20365-20375, 2020.

MARTINS JÚNIOR, Antônio Carlos de Oliveira et al. Teor de sólidos e manejo de lodo de diferentes tecnologias de tratamento. Encontro Nacional de Lodo de Estação de Tratamento de Água (1.: 2021: Online). Conexões para inovação tecnológica. [SI]: ITA: Unesp: USP, 2021, 2021.

MARTINEZ, Juan Gabriel Bastidas. Avaliação de desempenho de misturas betuminosas com adição de lodos de ETA e de ETE. 2014.

MCIDADES - MINISTÉRIO DAS CIDADES. PLANSAB - Plano nacional de saneamento básico. Brasília, 2013. Disponível em: <[http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos\\_PDF/plansab\\_06-12-2013.pdf](http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/plansab_06-12-2013.pdf)>. Acesso em: março/2022.

MENEZES, J. C. S. S. Produção de Coagulantes férricos na mineração de carvão. Porto Alegre, 120 f., 2009. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais (PPGE3M) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MINAS GERAIS. Ministério Público do Estado de Minas Gerais, 2009. Disponível em: <<https://www.mpmg.mp.br/portal/>>. Acesso em: 15 de abril de 2022.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Copam nº 153, de 26 de julho de 2010. Convoca os municípios para regularização ambiental de sistemas de tratamento de água e dá outras providências.

MORAES, L. C. K. Estudo da coagulação e ultrafiltração para produção de água potável. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.

MORCELLI, Allan Valcareggi. Estudo da eficiência de diferentes agentes coagulantes na sedimentação de microalgas cultivadas em fotobioreatores. 2011.

MOREIRA, Ricardo C. A.; GUIMARÃES, Edi M.; BOAVENTURA, Geraldo R.; MOMESSO, Alessandra M.; LIMA, Gilmar L. de. Estudo geoquímico da disposição de lodo de estação de tratamento de água em área degradada. Química Nova, São Paulo, v. 32, n. 8, p. 2085-2093, 2009.

NAKANO, Fabio de Pádua. Obtenção de microesferas quitosana/taninos extraídos da casca de Eucalyptus urograndis para utilização piloto na tratabilidade físico-química de água bruta com turbidez entre 100-110 NTU. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

NASCIMENTO, Raqueline Caldas do. Tratamento de água para consumo humano utilizando processo de eletrocoagulação. 2018.

NEPOMUCENO, Thiago Cabral et al. Aplicabilidade de coagulantes a base de tanino em estações de tratamento de água. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 9, n. 7, p. 110-123, 2018.

OLIVEIRA, Vanusa Maria Ferreira de et al. Melhoria das condições da água utilizando filtro de areia modificado com biomassa. 2014.

OLIVEIRA, Erivanna Karlene dos Santos et al. Remoção de células de Microcystis Aeruginosa em água de abastecimento por coagulação, floculação e sedimentação utilizando cloreto férrico e sulfato de alumínio e filtração por filtro de areia. 2014.

OLIVEIRA, Erivanna Karlene dos Santos et al. Remoção de células de Microcystis Aeruginosa em água de abastecimento por coagulação, floculação e sedimentação utilizando cloreto férrico e sulfato de alumínio e filtração por filtro de areia. 2014.

OLIVEIRA, Isadora Yule Queiroz de. Gerenciamento do lodo de estação de tratamento de água em Mato Grosso do Sul: uma análise crítica. 2016. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado.

OSTRENSKY, Antonio; BOEGER, Walter Antonio; CHAMMAS, Marcelo. Potencial para o desenvolvimento da aqüicultura no Brasil. p. 24, 2007.

PÁDUA, VL de. Introdução ao tratamento de água. Heller, L.; Pádua, VLD Abastecimento de água para consumo humano. 2ª. ed. Belo Horizonte: UFMG, v. 2, 2010.

PEAASAR II/2007 - Plano Estratégico de Abastecimento de Águas Residuárias. Ed. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. 1º ed., 2007.

PEREIRA, W. S.. FREIRE, R. S.. Ferro Zero: Uma Nova Abordagem para o Tratamento de Águas Contaminadas com Compostos Orgânicos Poluentes. Universidade de São Paulo. Química Nova. Vol. 28 n° 1. 2005.

PERS-RS, Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Rio Grande do Sul. Ano de 2014.

PERS-SP, Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo. Ano de 2020.

PIANTÁ, C. A. Viana. Emprego de Coagulantes Orgânicos Naturais como Alternativa ao Uso do Sulfato de Alumínio no Tratamento de Água. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2008.

POTT, Crisla Maciel; ESTRELA, Carina Costa. Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. Estudos avançados, v. 31, p. 271-283, 2017.

PRIM, Elivete Carmem Clemente et al. Utilização de lodo de estações de tratamento de água e esgoto como material de cobertura de aterro sanitário. 2011.

RATTNER, Henrique. Meio ambiente, saúde e desenvolvimento sustentável. Ciência & saúde coletiva, v. 14, p. 1965-1971, 2009.

RIBEIRO, H. K. S. S. Avaliação de desempenho ambiental em estações de tratamento de água. SI: sn, 2003.

RIBEIRO, Daniela Menezes; ROCHA, Washington Franca; GARCIA, Antonio Jorge Vasconcellos. Vulnerabilidade natural à contaminação dos aquíferos da sub-bacia do rio Siriri, Sergipe. Águas Subterrâneas, v. 25, n. 1, p. 91-102, 2011.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO, J. H. Tratamento de água: tecnologia atualizada. São Paulo: Edgar Blücher, 1995.

RICHTER, C. A.; Tratamento de Lodos de Estação de Tratamento de Água. 01 ed., edit.: Edgard Blucher, 2001. 112 p. ISBN: 9788521202899.

RICHTER, Carlos A. Água: métodos e tecnologia de tratamento. Editora Blucher, 2009.

RICHTER, C. A.. Tratamento de Água – Concepção, Projeto e Operação de Estações de Tratamento. LTC. 2017.

RITTER, Magali Teresinha et al. Estudo do lodo de ETA contendo alumínio para a adsorção de fósforo de esgotos sanitários previamente tratados em wetlands construídos. 2020.

RODRIGUES, Paulo Henrique. Comparação do processo de coagulação/floculação utilizando os coagulantes policloreto de alumínio e sulfato de alumínio no tratamento de um



efluente têxtil. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

RODRIGUEZ GIRON, Melanys Yessenia. Saneamento básico: o serviço no município de Foz do Iguaçu. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso.

ROIC, ERNANI et al. da Sabesp. 2013.

ROSALINO, Melanie Roselyne Rodrigues. Potenciais efeitos da presença de alumínio na água de consumo humano. 2011. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências e Tecnologia.

RUAS, Wilimar Junio. Ambiente e comportamento informacional em decisões do saneamento básico: um estudo de caso na companhia de saneamento de Minas Gerais Copasa. 2015.

SABESB, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br/>>. Acesso em 22 de abril de 2022.

SABOGAL-PAZ, L. P.; DI BERNARDO, L. Aspectos conceituais relativos à seleção das tecnologias de tratamento e de disposição dos resíduos gerados nas estações de tratamento de água. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2005.

SÃO PAULO. Lei Estadual nº 12.300 de 16 de março de 2006.

SANTOS, G. L.; POLEDNA, S. R. C. Meio ambiente, reciclagem e tratamento de resíduos. Sistema Brasileiro de Respostas Técnicas - Ministério da Ciência e Tecnologia. Rio Grande do Sul: SENAI, 2005.

SCHMIDT, Aline Vitória. Determinação de chumbo em lodo de estação de tratamento de água visando sua possível utilização na agricultura. 2019.

SCHNEIDER, R. P.; TSUTIYA, M. T. Membranas filtrantes para o tratamento de água, esgoto e água de reuso. São Paulo: ABES, 2001.

SCHNEIDER, Everton Campos. Utilização de lodo de ETA na fabricação de tijolos cerâmicos, a fim de preservar mananciais. O caso de Ortigueira-PR. 2021.

SEMA. Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura do Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<https://sema.rs.gov.br/inicial>>. Acesso em: 16 de abril de 2022.

SEMAD. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/>>. Acesso em: 21 de abril de 2022.

SILVA, S. S. T. Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e de esgoto. 1999. 87 p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública). Escola Nacional de Saúde Pública – Fundação Oswaldo Cruz, São Paulo, 1999.

SILVA, Mauro Valério da. Desenvolvimento de tijolos com incorporação de cinzas de carvão e lodo provenientes de estação de tratamento de água. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SILVA, Débora Delatore da et al. Falta de saneamento básico e as águas subterrâneas em aquífero freático: região do Bairro Pedra Noventa, Cuiabá (MT). Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 19, p. 43-52, 2014.

SIMA. Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Disponível em: <<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/sima/>>. Acesso em 21 de abril de 2022.

SHI, Y.; FAN, M.; BROWN, R. C.; SUNG, S.; LEEUWEN, J. V. Comparison of corrosivity of polymeric sulfate ferric and ferric chloride as coagulants in water treatment. Chemical Engineering and Processing, v. 43, p. 955-964, 2004.

SMIDERLE, Juliana Jerônimo. ESTUDO DE VIABILIDADE PARA DESTINAÇÃO FINAL DO LODO DA ETA LARANJAL/RJ. 2016. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SOBRAL, Bernard Salume. Avaliação de crescimento de *Crotalaria Juncea* em solo co-disposto com lodo de ETA e lodo de ETE. 2020.

SOLANA, Isabela. Estudo da viabilidade de utilização de um polímero de base orgânica em substituição ao cloreto férrico no tratamento de efluente industrial. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SOUZA, Ana Cláudia Medeiros; DA SILVA, Márcia Regina Farias; DA SILVA DIAS, Nildo. Gestão de recursos hídricos: o caso da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró (RN). Irriga, v. 1, n. 01, p. 280-296, 2012.

SOUZA, V. L. B.; LIMA, V.; HAZIN, C. A.; FONSECA, C. K. L.; SANTOS, S. O.

Biodisponibilidade de metais-traço em sedimentos: uma revisão. Brazilian Journal of Radiation Sciences, Recife, v. 03, n. 1, p. 01-13, 2015.

SOUSA, CATIELI OLIVEIRA DE. IDENTIFICAÇÃO DE TANINOS EM PLANTAS DA BIODIVERSIDADE AMAZÔNICA VISANDO À OBTENÇÃO DE COAGULANTES NATURAIS. 2017.

TARTARI, R; DÍAZ-MORA, N., MÓDENES, A. N.; PIANARO, S. A. Lodo gerado na estação de tratamento de água Tamanduá, Foz do Iguaçu, PR, como aditivo em argilas para cerâmica vermelha. Parte I: Caracterização do lodo e de argilas do terceiro planalto paranaense. Cerâmica, São Paulo, v. 57, p 288-293, 2011.

TREVISAN, Thales Schwanka. Coagulante Tanfloc SG como alternativa ao uso de coagulantes químicos no tratamento de água na ETA Cafezal. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

TROCIN, T.; EXPER, E. N. E AMENT. CEP, v. 9591, n. 5, p. 513714700, 2017.

UK-WISI, *UK Water Industry Sustainability Indicators* (Indicadores de sustentabilidade da indústria de água do Reino Unido). Dados de 2004, 2005 e 2011.

VAZ, Luiz Gustavo de Lima et al. Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia. *Eclética Química*, v. 35, n. 4, p. 45-54, 2010.

WAEKENS, Barbara Elisabeth. Tratamento de efluentes industriais mediante a aplicação de argila organifílica e carvão ativado granular. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

WANG, Ning-Yi et al. Environmental effects of sewage sludge carbonization and other treatment alternatives. *Energies*, v. 6, n. 2, p. 871-883, 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION; WHO.; WORLD HEALTH ORGANISATION STAFF. Guidelines for drinking-water quality. World Health Organization, 2004.

**9. ANEXO I - TERMO DE COMPROMISSO AMBIENTAL (TCA)**

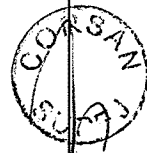


Processo Administrativo nº 16029.0567/13-0

**TERMO DE COMPROMISSO AMBIENTAL – TCA  
QUE ENTRE SI CELEBRAM A FUNDAÇÃO  
ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL –  
FEPAM E A COMPANHIA RIOGRANDENSE DE  
SANEAMENTO - CORSAN**

A **FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUÍS ROESSLER – FEPAM**, criada pela Lei Estadual nº. 9.077, de 04.06.90 e Estatuto aprovado pelo Decreto estadual nº 33.765, de 28.12.90, vinculada a Secretaria Estadual de meio Ambiente, inscrita no CNPF/MF sob o nº 93.859.817/0001-09, com sede na rua Borges de Medeiros, 261, nesta capital, neste ato representada pelo seu Diretor- Presidente, Ana Maria Pellini, doravante denominada **FEPAM** e a **COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO – CORSAN**, sociedade de economia mista, com sede na rua Caldas Junior, nº 120, 18º andar, inscrita no CNPJ sob o nº 92.802.784/0001-90, neste ato representada pelo seu Diretor- Presidente, Flavio Presser e pelo Diretor de Operação, Eduardo Barbosa Carvalho, doravante denominada **CORSAN**, acordam e estabelecem entre si as seguintes cláusulas e condições que regerão este Termo de Compromisso Ambiental.

**Considerando** as tratativas com a Promotoria de Justiça do Meio Ambiente e FEPAM, nos autos do Inquérito Civil nº 45/2015 e Processo Administrativo nº 16029.0567, objetivando a celebração de novo Termo de Compromisso Ambiental - TCA, visando a regularização e licenciamento das ETAs da CORSAN, através da atualização/adequação das questões



envolvendo os sistemas de desaguamento de lodos e destinação final ambientalmente adequada referente aos sistemas de abastecimento de água da CORSAN;

**Considerando** a existência de municípios cuja a concessionária é a CORSAN que possuem sistemas de abastecimento de água - SAA licenciados pela FEPAM, com intuito de solução da situação através de atuação de ambas as partes, levando-se em consideração o vultoso volume de recursos necessários para a regularização, como também a priorização da utilização de recursos hídricos para o abastecimento público;

**Considerando** a existência de autos de infração e multas ambientais emitidos pela FEPAM em relação a gestão dos lodos de ETAs;

**Considerando** que a CORSAN é uma sociedade de economia mista instituída pela Lei nº 5.167, de 21 de dezembro de 1965, regulamentada pelo Decreto nº 17.788, de 04 de fevereiro de 1966 tendo, portanto, largo tempo de atuação, realizando, neste período, inúmeras obras, como também recepcionado em seu patrimônio uma série de sistemas implantados anteriormente à legislação ambiental;

**Considerando** ser o licenciamento um dos instrumentos de gestão ambiental estabelecido pela Lei Federal nº 6.938, de 31.08.81, também conhecida como Política Nacional do Meio Ambiente e, em decorrência da Resolução nº 237/97 do CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente.

**Considerando** o embasamento técnico/científico a ser obtido pela CORSAN em virtude de pesquisas aplicadas referente ao reaproveitamento dos lodos, seguindo os princípios estabelecidos na Lei n 12.305/2010, que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

**Considerando** o pactuado no terceiro aditivo ao Termo de Compromisso Ambiental – TCA firmado em 2006 e aditado em janeiro de 2016 onde a CORSAN compromete-se a apresentar nova proposta de TCA com enfoque na destinação ambientalmente adequada associada ao volume de lodo destinado por regional CORSAN e não mais nas obras a serem executadas, fixando cronograma de atendimento e indicadores para acompanhamento.

Acordam as partes pelo presente Termo de Compromisso Ambiental – TCA:

## CLÁUSULA PRIMEIRA – OBJETO

Pelo presente instrumento, obriga-se a **COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO – CORSAN**, junto a FEPAM, a adotar medidas e condicionantes técnicas visando a Regularização ambiental referente ao manejo dos resíduos gerados nas Estações de Tratamento de Água, através da efetiva destinação destes.

Página

2 de 19

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler/RS

Av. Borges de Medeiros, 261 – 90020-021

Porto Alegre – RS – Brasil

**Parágrafo primeiro:** Este TCA refere-se especificamente aos lodos gerados pelo SAAs;

**Parágrafo segundo:** A regularização não será mais balizada nas obras dos sistemas de desaguamento dos lodos e sim na destinação ambientalmente adequada, associada ao volume de lodo gerado pela CORSAN, nos sistemas licenciados pela FEPAM e em municípios com Convênio de Delegação de Competência para o licenciamento ambiental, conforme critério acordado com esta Fundação e anuídos pelo Ministério Público Estadual.

**Parágrafo terceiro:** Volume de referência, na data de assinatura deste TCA, de lodo úmido gerado pela CORSAN nos sistemas licenciados pela FEPAM e em municípios com Convênio de Delegação de Competência para o licenciamento ambiental é de aproximadamente 850,0 mil m<sup>3</sup>/ano e por regionais, para o mesmo universo de sistema, é de aproximadamente:

SURCEN – 102,0 mil m<sup>3</sup>/ano

SURFRO – 9,5 mil m<sup>3</sup>/ano

SURLIT – 18,5 mil m<sup>3</sup>/ano

SURMET – 283,5 mil m<sup>3</sup>/ano

SURMIS – 101,0 mil m<sup>3</sup>/ano

SURNE – 58,0 mil m<sup>3</sup>/ano

SURPLA – 68,5 mil m<sup>3</sup>/ano

SURSIN – 146,0 mil m<sup>3</sup>/ano

SURSUL – 63,0 mil m<sup>3</sup>/ano

SURPA – 0,0 mil m<sup>3</sup>/ano

## CLÁUSULA SEGUNDA – DOS PROCESSOS

O Processo Administrativo nº 16029.0567/13-0, que celebra este Termo de Compromisso Ambiental - TCA, visando a regularização ambiental da gestão dos resíduos (lodo) gerados nos SAA, é integrado pelos Processos Administrativos nº 9350-0567/06-9 nº 5398-05.67/12-3, nº 005947-0567/14-7 nº 1941-0567/13-3, nº 1529-0567/13-9, 5399-05.67/12-6, nº 3755-0567/14-2, nº 6791-05.67/14-0, nº 6666-05.67/14-0, nº 5592-05.67/14-0, nº 5595-05.67/14-8, nº 00821-05.67/07-0, nº 4176-05.67/12-0, nº 7275-0567/14-4 , nº 8096-05.67/14-1, nº 2396-

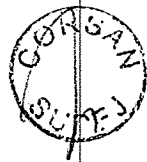
Página

3 de 19

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler/RS

Av. Borges de Medeiros, 261 – 90020-021

Porto Alegre – RS – Brasil



05.67/15-0, nº 5946-05.67/14-4, todos relativos a Autos de Infração, independentemente de transcrição.

### **CLÁUSULA TERCEIRA – DO PRAZO**

O presente TCA tem vigência a partir da assinatura, sendo de 15 (quinze) anos o prazo para a execução das medidas e condicionantes técnicas necessárias à regularização dos sistemas de desaguamento dos lodos das ETAs, com a sua disposição e/ou destinação ambientalmente adequados.

### **CLÁUSULA QUARTA - DA REGULARIZAÇÃO**

Com vistas à adequação dos compromissos assumidos pela CORSAN no Termo de Compromisso Ambiental, com enfoque na destinação ambientalmente adequada, associado ao volume de lodo por regional CORSAN e não mais nas obras a serem executadas, a regularização do licenciamento ambiental das ETAs deverá levar em consideração os percentuais de abatimento de volume de lodo úmido anual destinado e/ou disposto de forma ambientalmente adequados, ao longo do período compreendido entre os anos de 2016 e 2031, conforme cronograma gradativo de solução da gestão ambiental dos lodos das ETAs constante no anexo I, o qual contém indicadores para acompanhamento.

**Parágrafo único** - A Corsan irá prestar contas a este TCA, anualmente, de forma regionalizada e por percentual que represente o volume de lodo em base úmida devidamente desaguado e destinado, indicando no relatório a que se refere a Cláusula Sexta a tecnologia adotada por SAA, a qual deverá considerar eventuais diretrizes existentes, estabelecidas nos Planos Municipais de Saneamento e Planos de Bacia Hidrográfica. A Companhia irá identificar a melhor forma de implementar e operar os sistemas de desaguamento, desidratação e destinação final, considerando os princípios da economicidade e eficiência.

### **CLÁUSULA QUINTA – DO LICENCIAMENTO**

A partir da assinatura deste TCA, todas as licenças vigentes referentes aos SAAs contemplados por este TCA devem ser revisadas no que tange a condicionante de resíduos sólidos – lodos de ETAs, a fim de que passe a constar o que disciplinado neste instrumento.

**Parágrafo primeiro:** Os Sistemas de Tratamento de Água (SAAs) que atenderem as condicionantes previstas neste TCA, receberão as licenças de operação, cuja condicionante

Página

4 de 19

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler/RS

Av. Borges de Medeiros, 261 – 90020-021

Porto Alegre – RS – Brasil





atinente aos resíduos sólidos, lodos de ETAs, deverá continuar considerando as regras deste instrumento até o final da vigência do TCA. Devendo constar no item referente a resíduos sólidos – lodos de ETAs a seguinte expressão: “Conforme Termo de Compromisso Ambiental – TCA”.

**Parágrafo segundo:** Quando da instalação de equipamentos ou depósitos temporários visando atender as regras previstas neste TCA, a CORSAN deverá solicitar a abertura de um processo ordinário de Licença de Instalação de Modernização Ambiental, e quando do envio do relatório de conclusão da obra, a mesma poderá iniciar a operação autorizada por este TCA, devendo o processo ordinário ser priorizado pelo órgão ambiental a fim de cumprir as condicionantes acordadas neste Termo.

**Parágrafo terceiro:** Caberá a FEPAM informar aos municípios que tem delegação de competência as tratativas e pactuações previstas por este TCA.

#### CLÁUSULA SEXTA – DA PRESTAÇÃO DE CONTAS

A prestação de contas do TCA deverá ser realizada através de relatório anual a ser emitido pela CORSAN e apresentado a FEPAM a cada 12 (doze) meses, no mês de janeiro do ano subsequente.

O relatório deve conter o acompanhamento dos indicadores previstos na cláusula sétima deste TCA, indicando a solução técnica projetada e implantada para o SAA e as metas alcançadas, nos termos do anexo I.

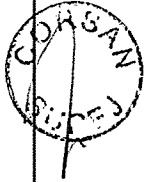
Também deve apresentar o volume de lodo devidamente desaguado e/ou desidratado e destinado por regionais CORSAN, atendendo o cronograma previsto no anexo I.

**Parágrafo primeiro:** A CORSAN deve apresentar a prestação de contas no modelo de relatório apresentado no anexo II, , devendo os mesmos serem disponibilizados através do site oficial da Companhia.

#### CLÁUSULA SÉTIMA – INDICADORES

Os indicadores aplicados aos SAAs licenciados pela FEPAM e pelos municípios com delegação de competência serão apresentados no relatório anual da Prestação de Contas conforme descrito abaixo:

Do indicador 1:



**Indicador: Percentual anual total CORSAN do escopo TCA de lodo umido destinado IPLU<sub>municípios TCA Fepam(Corsan)</sub> ”.**

**Conceito:** Percentual anual Total CORSAN dos municípios do escopo TCA FEPAM, de lodo umido destinado -  $IPLU_{municípios TCA Fepam(CORSAN)}$  -”.

**Cálculo do indicador**  $IPLU_{municípios TCA Fepam(por regional)}$

(Volume de lodo úmido DESTINADO acumulado CORSAN anual do escopo TCA (m<sup>3</sup>)/volume de TOTAL de lodo úmido gerado CORSAN(m<sup>3</sup>) do escopo TCA) \* 100.

**Unidade: percentual**

Do indicador 2:

**Indicador: Percentual Lodo Umido IPLU<sub>municípios TCA Fepam(por regional)</sub> -”.**

**Conceito:** Percentual anual Total, POR REGIONAIS CORSAN dos municípios do escopo TCA FEPAM, de lodo umido destinado -  $IPLU_{municípios TCA Fepam(por regional)}$  -”.

**Cálculo do indicador**  $IPLU_{municípios TCA Fepam(por regional)}$

(Volume de lodo úmido DESTINADO acumulado POR REGIONAIS CORSAN anual do escopo TCA (m<sup>3</sup>)/volume TOTAL de lodo úmido acumulado POR REGIONAL CORSAN anual do escopo TCA) \* 100.

**Unidade: percentual**

## **CLÁUSULA OITAVA – REFERENTE A RECIRCULAÇÃO DA ÁGUA DE LAVAGEM DOS FILTROS E DRENADA DO SISTEMA DE DESAGUAMENTO.**

Os regramentos previstos nesta cláusula deverão ser observados no licenciamento ambiental.

**Parágrafo primeiro:** É obrigatório a construção de sistema de recirculação da água de lavagem dos filtros e drenada do sistema de desaguamento devendo este sistema ser operado desde que não comprometa a qualidade da água a ser distribuída.

**Parágrafo segundo:** Quando caracterizado o comprometimento da qualidade da água a ser distribuída, a água de lavagem dos filtros e drenada do sistema de desaguamento poderá ser conduzida ao corpo receptor desde que atenda os parâmetros de lançamento de efluentes definidos na legislação vigente.

Página

**Parágrafo terceiro:** Quando comprovada a instalação do sistema de recirculação e a interrupção do descarte de lavagem dos filtros e do lodo no recurso hídrico, suspende-se o monitoramento do corpo receptor.

#### **CLÁUSULA NONA – DA ALTERAÇÃO DO TCA**

A alteração do Termo de Compromisso Ambiental – TCA deverá ocorrer quando houver alteração dos volumes de lodo em função do crescimento demográfico e/ou alterações na legislação aplicada ao licenciamento ambiental e destinação ambientalmente adequada dos lodos ou ainda quando forem identificadas necessidade de ajuste de informações.

#### **CLÁUSULA DÉCIMA – DO CRONOGRAMA**

Os percentuais por regionais e o percentual total de lodo úmido gerado pela CORSAN, a ser devidamente tratado e destinado, estão fixados no cronograma de atendimento previsto no anexo I.

**Parágrafo primeiro:** A alteração do cronograma constante no anexo I deve ocorrer quando devidamente acordado entre as partes, com antecedência mínima de (4) quatro meses.

**Parágrafo segundo:** No caso de alteração do cronograma prevista no parágrafo anterior, como meta global, a CORSAN deverá comprovar no relatório anual dos anos de 2021, 2026 e 2031, o abatimento mínimo de 33,33%, 66,66% e 100% (respectivamente) do volume gerado no escopo geral da CORSAN.

#### **CLÁUSULA DÉCIMA PRIMEIRA – CLÁUSULA PENAL NO INADIMPLEMENTO DAS OBRIGAÇÕES**

Em caso de inexecução das obrigações, no todo ou em parte, estipuladas na CLÁUSULA QUARTA, constatada através da prestação anual de contas, conforme modelo de relatório apresentado no anexo II, em relação ao não cumprimento da taxa de atendimento anual, por Regional CORSAN, constante no anexo I, fica convencionado como CLÁUSULA PENAL a importância referente a 80% do valor da taxa de licenciamento de operação para empreendimentos de porte médio e potencial poluidor médio.

**Parágrafo primeiro:** Caso reste constatado através da prestação anual de contas, conforme modelo apresentado no anexo II, que o não cumprimento da taxa de atendimento anual para

Página



uma determinada Regional CORSAN foi suprida em termos percentuais, pela superação da meta anual prevista para outra Regional CORSAN, tendo sido cumprida, com isso, a meta geral de atendimento CORSAN para aquele mesmo ano, não será aplicada a multa prevista no “caput” desta Cláusula.

**Parágrafo segundo:** Todos os prazos previstos na CLÁUSULA TERCEIRA terão sua suspensão determinada pela pendência de decisão, autorização ou qualquer outro ato sob a administração da FEPAM e dos quais dependam a continuidade ou execução das obrigações previstas para a CORSAN.

#### **CLÁUSULA DÉCIMA SEGUNDA – DAS NOTIFICAÇÕES**

A CORSAN poderá ser notificada pela FEPAM, por correspondência com Aviso de Recebimento, do descumprimento das obrigações constantes na CLÁUSULA TERCEIRA, da constituição em mora, bem como acerca dos atos necessários ao fiel cumprimento deste Termo. Caso haja devolução da notificação pelos CORREIOS, poderá a FEPAM, proceder à notificação da CORSAN, através de publicação de EDITAL pelo Diário Oficial do Estado.

#### **CLAUSULA DÉCIMA TERCEIRA – DAS MULTAS E AUTO DE INFRAÇÃO**

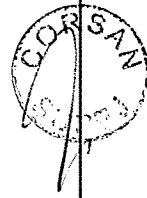
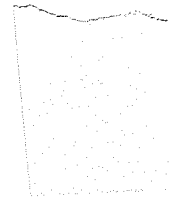
Em caso de cumprimento de todas as obrigações, nos prazos fixados no presente Termo, as multas decorrentes dos autos de infração em decorrência do descumprimento do TCA firmado em 24/07/2006 para a implantação dos sistemas de desaguamento do lodo das ETAs, conforme processos administrativos listados na Cláusula Segunda, deverão ter o valor, de até 90%, revertido para pesquisas ambientais referente ao tema Lodo, conforme Plano de Trabalho a ser desenvolvido pela FEPAM e CORSAN, através de Termo Aditivo a este TCA, devendo o saldo ser recolhido ao Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEMA.

**Parágrafo único:** os valores revertidos para pesquisas ambientais deverão ser comprovados através de prestação de contas anuais.

#### **CLÁUSULA DÉCIMA QUARTA – DA REGULARIZAÇÃO AMBIENTAL**

A FEPAM, pela assinatura deste TERMO DE COMPROMISSO AMBIENTAL DECLARA que a CORSAN encontra-se em situação ambiental regular, desde que devidamente atendido.

Página



o cronograma do anexo I, a fim de dar continuidade aos processos ambientais, em especial, o licenciamento em trâmite na FEPAM.

Porto Alegre, 21 de setembro de 2016.

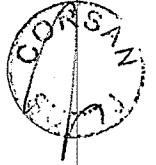
**Ana Maria Pellini**  
Diretora-Presidente da FEPAM

**Rafael Volquind**  
Diretor Técnico  
FEPAM

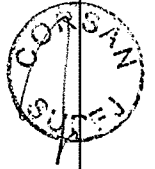
**Flavio Ferreira Presser**  
Diretora-Presidente da CORSAN

**Eduardo Barbosa Carvalho**  
Diretor Operações da CORSAN

**Dra. Annelise Monteiro Steigleder**  
Promotora de Justiça



ANEXO I



Relação de Regionais CORSAN e municípios licenciados pela FEPAM e com Delegação de Competência.

**SURLIT - Superintendência Regional Litoral**

SAA Curumim

SAA Capão da Canoa

SAA Torres

SAA Osório

SAA Cidreira

SAA Imbé

**SURMET – Superintendência Regional Metropolitana**

SAA - Gravataí

SAA - Guaíba

SAA - Alvorada

SAA - Cachoeirinha

SAA - Viamão

**SURSIN - Superintendência Regional Sinos**

SAA - Canoas

SAA - Campo Bom

SAA - Parobé

SAA - Esteio/Sapucaia

**SURNE - Superintendência Regional Nordeste**

SAA - Montenegro

SAA - Pinto Bandeira

SAA - Canela

SAA - Nova Prata

SAA - Farroupilha

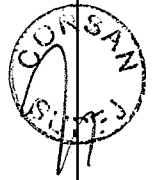
11 de 19

Página

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler/RS

Av. Borges de Medeiros, 261 - 90020-021

Porto Alegre - RS - Brasil



SAA - Lajeado

SAA - Bento Gonçalves

**SURPLA - Superintendência Regional Planalto**

SAA - Erechim

SAA - Passo Fundo

SAA - Vacaria

SAA - Gaurama

SAA - Frederico Westphalen

SAA - Carazinho

SAA - Palmitinho

**SURCEN - Superintendência Regional Central**

SAA - Santa Maria

SAA - Cachoeira do Sul

SAA - Santa Cruz do Sul

SAA - Pantano Grande

SAA - Restinga Seca

**SURMIS - Superintendência Regional Missões**

SAA Santa Rosa

SAA Ijuí

SAA Santo Angelo

SAA - Cruz Alta

**SURSUL - Superintendência Regional Sul**

SAA - Rio Grande

SAA - Camaquã

SAA - Pedro Osório



**SURPA** – Superintendência do Pampa.

Não tem nenhum SAA com licenciamento pela FEPAM nesta regional CORSAN.

**SURFRO** - Superintendência Regional Fronteira

SAA - São Borja

CRONOGRAMA GRADATIVO DE SOLUÇÃO DA GESTÃO AMBIENTAL DOS LODOS DE ETAS				
Regional CORSAN	Prazo	Volume Anual de lodo úmido [m3/ano] (sedimentação/flotação)	Percentual Anual de lodo úmido (%/ano)	Taxa de atendimento (%/ano)
SURCEN	2017	18.686	2,20%	18,28%
	2020	10.886	1,28%	28,92%
	2026	70.032	8,24%	97,42%
	2027	1.420	0,17%	98,81%
	2029	1.221	0,14%	100,00%
<b>Subtotal SURCEN</b>		<b>102.246</b>	<b>12,03%</b>	
	2025	9.379	1,10%	100,00%
<b>Subtotal SURFRO</b>		<b>9.379</b>	<b>1,10%</b>	
SURLIT	2016	1.694	0,20%	9,28%
	2017	11.819	1,39%	74,01%
	2020	850	0,10%	78,67%
	2022	3.894	0,46%	100,00%
<b>Subtotal SURLIT</b>		<b>18.257</b>	<b>2,15%</b>	
SURMET	2017	35.225	4,14%	12,43%
	2018	34.467	4,06%	47,28%
	2021	99.551	11,71%	59,71%
	2022	44.186	5,20%	75,29%
	2025	70.032	8,24%	100,00%
<b>Subtotal SURMET</b>		<b>283.461</b>	<b>33,35%</b>	
SURMIS	2018	16.392	1,93%	16,26%
	2019	23.143	2,72%	39,21%
	2023	8.442	0,99%	47,58%
	2024	28.197	3,32%	75,55%
	2028	24.651	2,90%	100,00%
<b>Subtotal SURMIS</b>		<b>100.824</b>	<b>11,86%</b>	

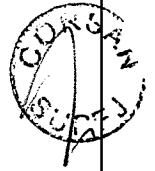
*[Handwritten signature]*

Página

*[Handwritten mark]*

*[Handwritten signature]*

Regional CORSAN	Prazo	Volume Anual de lodo úmido [m3/ano] (sedimentação/flotação)	Percentual Anual de lodo úmido (%/ano)	Taxa de atendimento (%/ano)
SURNE	2016	8.254	0,97%	14,21%
	2018	135	0,02%	14,44%
	2019	7.612	0,90%	27,54%
	2022	2.504	0,29%	31,85%
	2023	12.918	1,52%	54,09%
	2026	3.941	0,46%	60,87%
	2027	22.732	2,67%	100,00%
<b>Subtotal SURNE</b>		<b>58.096</b>	<b>6,84%</b>	
SURPLA	2016	2.452	0,29%	3,59%
	2018	13.995,5	1,65%	19,97%
	2019	10.033	1,18%	38,73%
	2023	1.000	0,12%	40,19%
	2024	4.753	0,56%	47,15%
	2025	12.878	1,52%	65,98%
	2028	1.270	0,15%	67,84%
	2029	976	0,11%	69,27%
2030	21.011	2,47%	96,41%	
<b>Subtotal SURPLA</b>		<b>68.368</b>	<b>8,04%</b>	
SURSIN	2016	9.415	1,11%	6,44%
	2019	34.065	4,01%	24,11%
	2020	61.196	7,20%	71,58%
	2023	41.564	4,89%	100,00%
<b>Subtotal SURSIN</b>		<b>146.240</b>	<b>17,21%</b>	
SURSUL	2017	1.051	0,12%	1,67%
	2022	6.927	0,82%	12,66%
	2027	55.043	6,48%	100,00%
<b>Subtotal SURSUL</b>		<b>63.021</b>	<b>7,42%</b>	
<b>Total CORSAN</b>		<b>849.893</b>	<b>100%</b>	

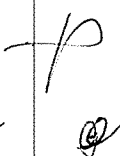


**Das definições:**

**Volume de lodo úmido** – Volume de lodo gerado em base úmida, ou seja antes do processo de desaguamento. A unidade de medida é m<sup>3</sup>.



ANEXO II







**RELATÓRIO TERMO DE COMPROMISSO AMBIENTAL**

Data: ----/----/----

Período da Prestação de Contas TCA : ----/----/---- até ----/----/----.

**Informações gerais:**

Meta e realizado Regional/ano:

Prazo	Regional CORSAN	Taxa de atendimento para a destinação adequada ambientalmente. (%/ano)	Realizado percentual anual. (%/ano)
2016	SURLIT	0,20%	
	SURNE	0,97%	
	SURPLA	0,29%	
	SURSIN	1,11%	
2017	SURCEN	2,20%	
	SURLIT	1,39%	
	SURMET	4,14%	
	SURPLA	2,47%	
	SURSUL	6,48%	
2018	SURMET	4,05%	
	SURMIS	1,93%	
	SURNE	0,02%	
	SURPLA	1,64%	
2019	SURMIS	2,72%	
	SURNE	0,89%	
	SURPLA	1,18%	
	SURSIN	4,01%	

Página





2020	SURCEN	1,28%	
	SURLIT	0,10%	
	SURSIN	7,20%	
2021	SURMET	11,71%	
2022	SURLIT	0,46%	
	SURMET	5,20%	
	SURNE	0,29%	
	SURSUL	0,82%	
2023	SURMIS	0,99%	
	SURNE	1,52%	
	SURPLA	0,12%	
	SURSIN	4,89%	
2024	SURMIS	3,32%	
	SURPLA	0,56%	
2025	SURFRO	1,10%	
	SURMET	8,24%	
	SURPLA	1,52%	
2026	SURCEN	8,24%	
	SURNE	0,46%	
2027	SURCEN	0,17%	
	SURNE	2,67%	
	SURSUL	0,12%	
2028	SURMIS	2,90%	
	SURPLA	0,15%	
2029	SURCEN	0,14%	
	SURPLA	0,11%	
2030	SURPLA	2,47%	

*[Handwritten signature]*



Do indicador " **Percentual anual Total, POR REGIONAIS CORSAN dos municípios do escopo TCA FEPAM, de lodo úmido destinado -  $IPLU_{municípios\ TCA\ fepam(por\ regional)}$**  -".

**Cálculo do indicador  $IPLU_{municípios\ TCA\ fepam(por\ regional)}$**

(Volume de lodo úmido destinado acumulado POR REGIONAIS CORSAN anual do escopo TCA ( $m^3$ )/volume de total de lodo úmido gerado CORSAN( $m^3$ ) do escopo TCA) \* 100.

**Unidade: percentual**

Do indicador " **Percentual anual total CORSAN do escopo TCA de lodo úmido destinado  $IPLU_{municípios\ TCA\ fepam(Corsan)}$**  ".

(Volume de lodo úmido destinado acumulado CORSAN anual do escopo TCA ( $m^3$ )/volume de total de lodo úmido gerado CORSAN( $m^3$ ) do escopo TCA) \* 100.

**Unidade: percentual**

Página

**10. ANEXO II - MINUTA PROPOSTA PELA CORSAN**



**MINUTA**

**Resolução CONSEMA nº xxx/2021**

*Dispõe sobre os critérios e padrões para o lançamento de efluentes de estações de tratamento de água (ETA) em corpos de água superficiais, define os prazos para o seu atendimento, e dá outras providências.*

O CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – CONSEMA do Estado do Rio Grande do Sul, no uso de suas atribuições que lhe conferem a Lei Estadual nº 10.330, de 27 de dezembro de 1994 e, CONSIDERANDO a necessidade de compatibilizar as Políticas de Meio Ambiente, de Recursos Hídricos, de Resíduos Sólidos, de Saneamento e de Saúde Pública; CONSIDERANDO que a legislação ambiental é posterior a implantação da grande maioria dos Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) no Estado do Rio Grande do Sul; CONSIDERANDO ser o licenciamento um dos instrumentos de gestão ambiental estabelecido pela Lei Federal nº 6.938/1981, também conhecida como Política Nacional do Meio Ambiente e, em decorrência da Resolução CONAMA nº 237/1997 – Conselho Nacional do Meio Ambiente; CONSIDERANDO a necessidade de garantir que a água potável atenda aos padrões de potabilidade definidos pelo Ministério da Saúde, visando preservar a saúde pública de milhões de pessoas; CONSIDERANDO a Portaria GM/MS nº 888 de 2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade; CONSIDERANDO o relevante interesse público de manter a universalização do abastecimento com água potável no Estado do Rio Grande do Sul, em função dos impactos positivos sobre a saúde pública, meio ambiente e bem-estar das pessoas; CONSIDERANDO que os recursos hídricos devem ser utilizados prioritariamente no abastecimento público de populações (art. 171, Constituição Estadual); Considerando que a Lei Federal 11.445/2007, alterada pela Lei 14.026/2020, estabelece que o licenciamento ambiental de unidades de tratamento de esgotos sanitários e de efluentes gerados nos processos de tratamento de água considerará os requisitos de eficácia e eficiência, a fim de alcançar progressivamente os padrões estabelecidos pela legislação ambiental, bem como a autoridade ambiental competente assegurará prioridade e estabelecerá procedimentos

simplificados de licenciamento para estas atividades, em função do porte das unidades, dos impactos ambientais esperados e da resiliência de sua área de implantação.

Considerando que a Lei Federal 11.445/2007, alterada pela Lei 14.026/2020, estabelece que os serviços públicos de saneamento básico serão prestados com base, dentre outros, nos seguintes princípios fundamentais: através da adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais; estímulo à pesquisa, ao desenvolvimento e à utilização de tecnologias apropriadas, consideradas a capacidade de pagamento dos usuários, a adoção de soluções graduais e progressivas e a melhoria da qualidade com ganhos de eficiência e redução dos custos para os usuários;

CONSIDERANDO o Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul (PERS-RS);

CONSIDERANDO que o lodo de ETA é classificado como resíduo não perigoso - classe IIA ou IIB, segundo a ABNT NBR 10.004;

CONSIDERANDO a Resolução CONAMA nº 430/2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos superficiais;

CONSIDERANDO a Resolução CONAMA nº 357/2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento;

CONSIDERANDO que a destinação ambientalmente adequada do lodo e efluentes de ETA exige altos investimentos, prazos para elaboração de projetos, obtenção de recursos, execução das obras de implantação dos sistemas de desaguamento e tratamento, conhecimento para operação e acréscimo significativo no custo operacional;

CONSIDERANDO o embasamento técnico/científico a ser obtido em virtude de pesquisas aplicadas referente ao reaproveitamento dos lodos, seguindo os princípios estabelecidos na Lei nº 12.305/2010, que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

CONSIDERANDO a necessidade do estabelecimento de prazos para adequar os Sistemas de Abastecimento de Água quanto à implementação de sistemas de desaguamento para a destinação final ambientalmente adequada dos subprodutos gerados nas Estações de Tratamento de Água (ETA) para o abastecimento público no Estado do Rio Grande do Sul;

CONSIDERANDO que, na maior parte dos sistemas em operação atualmente, os sólidos lançados nos corpos receptores, através dos efluentes das ETA, são oriundos do próprio manancial de captação.

Resolve:

**Art. 1º** - Esta Resolução dispõe sobre os critérios e padrões para o lançamento de efluentes de estações de tratamento de água (ETA) em corpos de água superficiais, define os prazos para o seu atendimento, e dá outras providências.

**Art. 2º** - Para os efeitos desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

**I – Sistemas de Abastecimento de Água (SAA):** instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição;

**II – Estação de tratamento de água (ETA):** conjunto de unidades destinadas a adequar as características da água aos padrões de potabilidade;

**III – Água tratada:** água submetida a processos físicos, químicos ou combinação destes, em conformidade com os padrões de potabilidade;

**IV – Efluentes da ETA:** são os efluentes com os sólidos oriundos das unidades de tratamento de uma ETA, como floculadores, decantadores, flotadores, unidades de membranas, filtros, além de outras, incluindo o drenado de sistemas de desaguamento de lodo;

**V – Lodo de ETA:** subproduto da ETA formado pelos sólidos suspensos originalmente contidos na água bruta, acrescidos, ou não, de produtos resultantes dos reagentes aplicados durante o processo de tratamento;

**VI – Desaguamento do lodo:** técnica que visa separar as fases sólida e líquida do lodo da ETA. O desaguamento do lodo pode ser natural (leito secagem, lagoas de lodo, por exemplo) ou mecanizado (centrífuga, filtro prensa, prensa parafuso, por exemplo);

**VII – Drenado do sistema de desaguamento do lodo:** fase líquida efluente do sistema de desaguamento do lodo;

**VIII – Lançamento direto:** lançamento do efluente da ETA diretamente no corpo receptor por meio de tubulação;

**IX – Lançamento indireto:** lançamento do efluente da ETA indiretamente no corpo receptor por meio da rede pluvial ou rede de drenagem municipal;

**X – Corpo receptor:** corpo hídrico receptor do efluente da ETA;

**XI – Ponto de lançamento:** local em que o efluente da ETA encontra o corpo receptor;

**Art. 3º** Esta Resolução aplica-se a todos os SAA, incidentes de licenciamento ambiental, que possuem ETA, que tem como finalidade o abastecimento público de água potável no Estado do Rio Grande do Sul.

**Parágrafo único** - Esta Resolução não se aplica aos SAA atendidos exclusivamente por captações subterrâneas, sobre os quais não incide licenciamento ambiental no Estado do Rio Grande do Sul, conforme anexo II da Resolução CONSEMA nº 372/2018 e suas alterações.

**Art. 4º** Ficam estabelecidos os seguintes prazos, em consonância com o volume de água tratada pelas empresas de saneamento e autarquias, para que os efluentes das ETA atendam aos padrões de lançamento e critérios definidos nesta resolução, ou recebam destinação final ambientalmente adequada:

I – ETA que produzem 25% do volume total de água tratada pelo empreendedor: até 2025

II – ETA que produzem 50% do volume total de água tratada pelo empreendedor: até 2028

III – ETA que produzem 75% do volume total de água tratada pelo empreendedor: até 2031

IV – ETA que produzem 100% do volume total de água tratada pelo empreendedor: até 2033

**§ 1º** Para o cálculo do volume total de água tratada devem ser consideradas apenas as ETA enquadradas nos portes incidentes de licenciamento ambiental.

**§ 2º** A comprovação do atendimento ao percentual estabelecido deve ser realizada através de relatório anual contendo o volume de água tratada de todas as ETA consideradas no cálculo, bem como o monitoramento dos efluentes e do corpo hídrico receptor.

**§ 3º** Nos casos em que o empreendedor adote solução alternativa para o efluente, como o encaminhamento e tratamento em outro local, deve ser comprovada destinação ambientalmente adequada no relatório anual.

**§ 4º** Esta resolução deve ser revisada até o ano de 2031, para que seja avaliada a necessidade de atendimento aos padrões de lançamento de efluentes pelas ETA enquadradas no porte não incidente de licenciamento ambiental, com base nos dados de monitoramento dos corpos hídricos receptores.

**Art. 5º** A solução adotada para atendimento aos padrões de lançamento, ou destinação ambientalmente adequada dos efluentes, deve ser definida a critério do empreendedor.

**Art. 6º** A implantação de sistemas para tratamento de efluentes de ETA, bem como para desaguamento e/ou tratamento de lodo de ETA, fica isenta de solicitações de licenças, desde que realizada dentro da área licenciada do respectivo sistema e sem intervenção em APP e sem supressão de vegetação.

**Parágrafo Único.** - Após a conclusão da obra definida no *caput* deverá ser juntado ao processo de Licença de Operação do empreendimento, em um prazo máximo de 60 dias, relatório técnico descritivo e fotográfico da implantação realizada, acompanhado de ART do responsável técnico pela execução.

**Art. 7º** Os efluentes tratados lançados nos corpos hídricos receptores, de forma direta ou indireta, devem atender aos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 430/2011, de acordo com os prazos estabelecidos no Art. 4º.

**§ 1º** O monitoramento dos efluentes tratados deve ser realizado de acordo com os seguintes parâmetros e frequência:

Parâmetros	Frequência
pH	Trimestral
Materiais Sedimentáveis	Trimestral

**§ 2º** – Quando o sistema de tratamento de efluentes apresentar qualquer problema que possa comprometer o processo de tratamento e a qualidade da água potável a ser distribuída, colocando em risco a saúde da população atendida, o efluente poderá ser lançado no corpo receptor, direta ou indiretamente, sem a necessidade de atendimento aos padrões de lançamento estabelecidos.

**Art. 8º** Deve ser realizado o monitoramento do corpo hídrico receptor em pontos a montante e jusante do ponto de lançamento dos efluentes da ETA.

**§ 1º** O monitoramento do corpo hídrico deve ser realizado de acordo com os parâmetros e frequência:

Parâmetro	Frequência
pH	Semestral
Oxigênio Dissolvido	Semestral
Turbidez	Semestral
Alumínio Dissolvido*	Semestral
Ferro Dissolvido*	Semestral

\*Os metais monitorados devem ser definidos de acordo com o coagulante utilizado na ETA.

**§ 2º** O ponto de coleta a jusante deve ser localizado entre 50 e 100 metros de distância do ponto de lançamento ou, no caso de difícil acesso, poderá ser utilizado outro ponto mediante justificativa.

**§ 3º** Os relatórios de monitoramento devem ser enviados ao órgão ambiental competente com frequência anual.

**Art. 9º** O empreendedor poderá optar pelo reúso do efluente, com o devido atendimento aos critérios da legislação vigente aplicável.

**Art. 10** Os efluentes provenientes da lavagem de unidades de armazenamento, preparação e dosagem de produtos químicos utilizados no processo de tratamento poderão ser tratados e destinados juntamente com os efluentes da ETA, desde que não comprometam o atendimento aos padrões de lançamento estabelecidos.

**Parágrafo Único** - Efluentes da limpeza química das membranas nos sistemas de ultrafiltração, ou outro sistema que exija limpeza química, bem como de lavagem de unidades de armazenamento, preparação e dosagem de produtos químicos ácidos ou básicos, deverão ter o seu pH ajustado de modo que fique dentro da faixa entre 6 e 9, antes de ser destinado junto com os efluentes da ETA.

**Art. 11** Caso haja alteração dos parâmetros e/ou padrões das condicionantes das licenças ambientais vigentes ou em regularização dos SAA, poderá o empreendedor requerer ao órgão ambiental competente sua adequação.

**Parágrafo Único** - O licenciamento ambiental dos sistemas de tratamento dos efluentes deve ser priorizado pelo órgão ambiental, considerando que se trata de uma melhoria ambiental do processo de tratamento de água através de rito administrativo simplificado.

**Art. 12** Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

**11. ANEXO III - DN (COPAM) N° 153/2010 – MINAS GERAIS**

**Republicação da DN Copam nº 153/2010 concedida “ad referendum”, publicada no Diário Oficial de 27/07/2010 e referendada na Câmara Normativa e Recursal - CNR de 20/02/2013, com alterações.**

**Deliberação Normativa COPAM nº 153, de 26 de julho de 2010.**

Convoca os municípios para a regularização ambiental de sistemas de tratamento de água e dá outras providências.

**(Publicação – Diário do Executivo – “Minas Gerais” – 06/03/2013)**

O **CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL - COPAM**, tendo em vista o disposto no art. 214, §1º, IX, da Constituição do Estado de Minas Gerais, no uso das atribuições que lhe confere o art. 5º, I, da Lei nº 7.772, de 08 de setembro de 1980, e nos termos do art. 4º, incisos I, II, IV e VII da Lei Delegada nº 178, de 29 de janeiro de 2007, e no art. 4º, incisos II, III, IV e VII, art. 8º, inciso V e art. 10, inciso I de seu regulamento, Decreto nº 44.667, de 03 de dezembro de 2007, [\[1\]](#) [\[2\]](#) [\[3\]](#) [\[4\]](#)

**Considerando** que a maioria dos municípios no Estado de Minas Gerais que utilizam-se de mananciais superficiais realiza o tratamento da água com unidades de tratamento convencionais que lançam os efluentes das estações de tratamento de água - ETA, constituídos do lodo sedimentado na decantação/floculação e/ou água de lavagem dos filtros, “in natura” em corpos d’água;

**Considerando** que a água superficial captada e tratada retorna diretamente aos cursos d’água de duas formas: a) água de lavagem da ETA, aproximadamente 3% do volume; b) esgotamento sanitário, aproximadamente 80% do volume, sendo que o volume restante retorna indiretamente;

**DELIBERA:**

Art. 1º Ficam convocados os municípios à regularização ambiental dos sistemas de tratamento de água com vazão superior a 20 l/s (vinte litros por segundo), que geram efluentes, na forma que se segue:

I - Municípios com ETAs com capacidade de tratamento superior a 500 l/s, devem formalizar, até dezembro de 2015, o processo de regularização ambiental do sistema de tratamento de água, incluindo a ETA com a UTR;

II - Municípios com ETAs com capacidade de tratamento superior a 200 l/s até 500 l/s devem formalizar, até dezembro de 2017, o processo de regularização ambiental do sistema de tratamento de água, incluindo a ETA com a UTR;

III- Municípios com ETAs com capacidade de tratamento superior a 100l/s até 200 l/s devem formalizar, até dezembro de 2019, o processo de regularização ambiental do sistema de tratamento de água, incluindo a ETA com a UTR;

IV- Municípios com ETAs com capacidade de tratamento superior a 20 l/s até 100 l/s, devem formalizar, até dezembro de 2020, o processo de regularização ambiental da ETA com a UTR.

§ 1º Nos processos referentes à regularização ambiental dos sistemas de tratamento de água, por meio de Autorização Ambiental de Funcionamento, deverá ser protocolizado, juntamente com outros documentos listados no FOB, ofício informando a capacidade da unidade, a vazão e a forma de tratamento e destino final dos efluentes e/ou resíduos gerados na ETA.



§ 2º A convocação de que trata o caput deste artigo não se aplica aos sistemas de tratamento de efluentes de ETA que já tenham sido convocados para regularização ambiental ou que tenham prazos determinados por Termo de Ajustamento de Conduta ou similar.

Art. 2º O descumprimento das obrigações referidas nesta Deliberação Normativa implicará a aplicação das sanções previstas na legislação ambiental vigente.

Art. 3º Esta Deliberação Normativa entra em vigor na data de sua publicação.

Belo Horizonte, 21 de fevereiro de 2013.

**ADRIANO MAGALHÃES CHAVES.**

Presidente do Conselho Estadual de Política Ambiental e Secretário de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

---

[1] [Constituição do Estado de Minas Gerais, art. 214, §1º, IX.](#)

[2] [Lei nº 7.772, de 08 de setembro de 1980, art. 5º, I.](#)

[3] [Lei Delegada nº 178, de 29 de janeiro de 2007, art. 4º, incisos I, II, IV e VII.](#)

[4] [Decreto nº 44.667, de 03 de dezembro de 2007, art. 8º, inciso V e art. 10, inciso I.](#)