

POLUIÇÃO HÍDRICA OCACIONADA PELO LODO GERADO EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA POTABILIZAÇÃO

Alexandra Fátima Saraiva Soares (*), Luís Fernando de Morais Silva, Bárbara Janine Reis Silva Araújo

* Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix – asaraiva.soares@gmail.com

RESUMO

Para transformar a água bruta em potável, vários processos são requeridos tais como: coagulação, floculação, decantação e filtração. O LETA tem origem, principalmente, nos decantadores e nas águas de lavagem dos filtros. Esses lodos geralmente são dispostos, sem qualquer tratamento, nos cursos de água situados próximos às ETAs. Em geral, o conteúdo de sólidos totais no lodo de tanques de decantação varia entre 1.000 a 40.000 mg/L (0,1 a 4%) e entre 40 a 1.000 mg/L (0,004 a 0,1%) na água de lavagem de filtros. Além dos sólidos, o LETA caracteriza-se por conter resíduos tais como algas, bactérias, vírus, partículas orgânicas em suspensão, colóides, areias, argilas, siltes, cálcio e metais. Estudos realizados para conhecer os efeitos agudos e crônicos dos lodos contendo sulfato de alumínio em espécies que compõem a camada bentônica, que é significativa na alimentação de peixes, apontaram que a taxa de mortalidade das espécies aumenta em função da maior dosagem de lodo. O LETA apresenta potencial para causar efeitos negativos: no solo (salinização, acúmulo de metais, lixiviação de nitrato); na água (elevação da turbidez, conseqüente comprometimento dos processos fotossintéticos, elevação da matéria orgânica); além de comprometer a flora e a fauna aquáticas. Portanto, antes de serem lançados no ambiente, deve-se proceder à remoção dos poluentes de forma a atender ao disposto na legislação vigente.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo de ETA, Resíduo Sólido, Poluição Ambiental, Tratamento de Água.

ABSTRACT

To transform raw water to drinking water, several processes are required such as: coagulation, flocculation, decantation and filtration. The WTPS comes mainly from the decanters and the wash water of the filters. These sludges are generally disposed of without treatment in the waterways near the WTPs. In general, the total solids content in the sludge from settling tanks varies between 1,000 to 40,000 mg / L (0.1 to 4%) and between 40 to 1,000 mg / L (0.004 to 0.1%) in the wash water of filters. In addition to solids, WTPS is characterized by containing residues such as algae, bacteria, viruses, suspended organic particles, colloids, sands, clays, silts, calcium and metals. Studies on the acute and chronic effects of aluminum sulphate sludge on benthic layer species, which is significant in fish feeding, have shown that the mortality rate of the species increases as a function of the higher sludge dosage. Sludge from WTPs can cause negative effects: in soil (salinisation, accumulation of metals, nitrate leaching); in water (elevation of turbidity, consequent compromise of photosynthetic processes, elevation of organic matter); besides compromising the aquatic flora and fauna. Therefore, before being released into the environment, the pollutants must be removed in order to comply with the legislation.

KEYWORDS: WTP Sludge, Solid Waste, Environment Pollution, Water Treatment.

INTRODUÇÃO

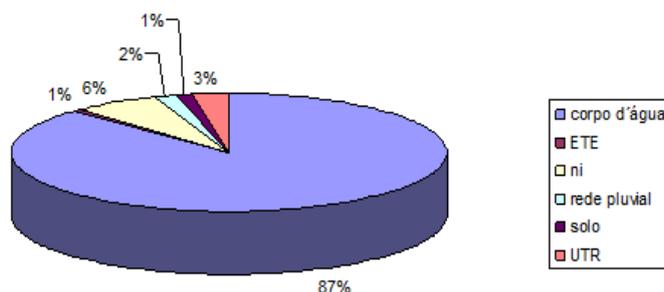
De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população brasileira aumentou de 173.448.346 habitantes em 2000 para 209.186.802 habitantes em 2018 (IBGE, 2018). Em virtude desse crescimento populacional, a demanda de água para abastecimento público torna-se cada vez maior e, em paralelo, o maior volume de esgotos (muitas vezes não tratados ou tratados de forma ineficiente) gerados pela população resulta na deterioração da qualidade da água bruta.

Para transformar a água bruta em potável, vários processos são requeridos tais como: coagulação, floculação, decantação e filtração. Durante o tratamento, diversos produtos químicos são adicionados para propiciar a remoção das “impurezas” (TSUTIYA & HIRATA, 2001). A piora da qualidade das águas brutas tem como consequência aumento da geração do efluente da indústria de produção de água potável denominado lodo de estação de tratamento de água (LETA). Esse resíduo tem origem, principalmente, nos decantadores e nas águas de lavagem dos filtros.

O LETA possui características variadas, relacionadas principalmente às condições apresentadas pela água bruta, forma de limpeza dos decantadores e dosagens/qualidade de produtos químicos utilizados no tratamento (TSUTIYA & HIRATA, 2001). No Brasil, a qualidade dos produtos químicos, utilizados no tratamento de água, é regulamentada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (BARROSO & CORDEIRO, 2001). A NBR 15.784/2017 (ABNT) estabelece os requisitos para os produtos químicos utilizados em sistemas de tratamento de água para consumo humano e os limites das impurezas nas dosagens máximas de uso indicadas pelo fornecedor do produto, de forma a não causar prejuízo à saúde humana.

O lodo das Estações de Tratamento de Água (ETA) é classificado, pela NBR 10.004, como “resíduo sólido” e, portanto, deve ser tratado e disposto conforme exigência dos órgãos reguladores. SANTOS et al (2000) concluíram que o lodo é classificado como resíduo Classe II - Não Inerte. Os autores mencionam que os resultados de lixiviação desse resíduo demonstraram que o mesmo pode ser aproveitado como matéria-prima na produção de materiais de construção civil, já que não apresentaram características de periculosidade e patogenicidade.

Entretanto, esses lodos geralmente são dispostos, sem qualquer tratamento, nos cursos de água situados próximos às ETAs. Em um estudo no estado de São Paulo, ACHON e CORDEIRO (2015) relatam que 86% de 22 ETAs avaliadas dispõem o lodo sem tratamento em corpos d’água. RITCHER (2001) relata que as crescentes preocupações com a preservação/recuperação ambiental, bem como com a regulamentação desse tema têm restringido ou até proibido o uso desse lançamento indevido no ambiente. O autor enfatiza que, nos Estados Unidos, com a aprovação das emendas “*National Pollutant Discharge Act*”, o lodo produzido no sistema de tratamento de água foi considerado resíduo industrial e, dessa forma, está sujeito a restrições legais para o lançamento no ambiente. As Figuras de 1 a 3 demonstram a forma de disposição dos LETAs dos estados de São Paulo, Minas Gerais e, para fins de comparação, nos Estados Unidos da América.



**Figura 1. Disposição do lodo gerado em algumas ETAs de Minas Gerais. (n.i.: não informado).
Fonte: MPMG, 2009.**

Destinação do Lodo Gerado nas ETAs

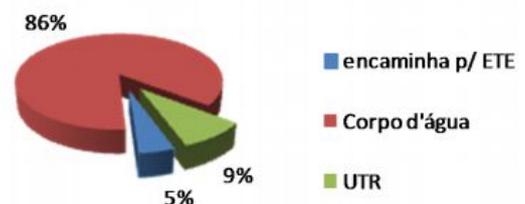


Figura 2. Disposição do lodo gerado em algumas ETAs de São Paulo. Fonte: Achon e Cordeiro, 2015.

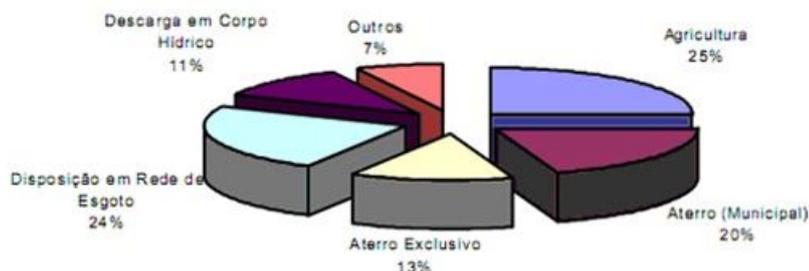


Figura 3. Disposição do lodo gerado em algumas ETAs dos EUA. Fonte: TSUTIYA & HIRATA(2001).

Observa-se que no Brasil o lançamento em corpos hídricos é a principal forma de disposição do LETA, sendo essa a prática adotada em mais de 80% das ETAs avaliadas nas Figuras 2 e 3. Já nos EUA, apenas 11% do lodo gerado é lançado em corpo hídrico e o maior percentual (25%) é utilizado em agricultura. Cabe ressaltar que as diferenças existentes, principalmente, entre o solo e as condições climáticas dos Estados Unidos e do Brasil são fatores que podem interferir na viabilidade da utilização desse resíduo na agricultura desses países.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar a caracterização do lodo de estações de tratamento de água (LETA) que utilizam o método convencional de tratamento (de ciclo completo), bem como os impactos negativos do lançamento desses resíduos, sem prévio tratamento, nos cursos de água. A pesquisa visa, ainda, a apresentar considerações acerca dessa conduta, no sentido de demonstrar, aos responsáveis pelos danos, as violações jurídicas que este lançamento incorre, para incentivar práticas ambientalmente corretas e evitar danos ambientais e à saúde pública.

METODOLOGIA

O estudo baseia-se em levantamento das características físico-químicas do LETA realizado na literatura técnica pertinente. A partir desse estudo, buscou-se, ainda na literatura técnica correlata, os potenciais impactos ambientais negativos (danos) decorrentes do lançamento desses resíduos brutos nos corpos de água. Após esta etapa, analisou-se a legislação para conhecer os dispositivos normativos que são violados mediante esta conduta. Por fim, levantou-se algumas alternativas técnicas para a correta destinação desse resíduo.

RESULTADOS

Caracterização do LETA e Impactos Ambientais

De acordo com RICHTER (2001), na sua forma mais comum, o lodo proveniente das ETAs é basicamente o produto da coagulação da água bruta e, assim, tem uma composição aproximada dessa água, acrescido dos produtos utilizados no tratamento, principalmente os coagulantes a base de alumínio e ferro. A Figura 4 demonstra as etapas do método convencional de tratamento (também denominado “ciclo completo”) e indica as principais unidades geradoras do LETA (que são decantador e filtro).

Além dos coagulantes, a presença de carvão ativado em pó, cal e polímeros é comum nesses lodos (TSUTIYA & HIRATA, 2001). Assim, as características do lodo variam em função da qualidade da água bruta, dos processos de tratamento e dos produtos aplicados.

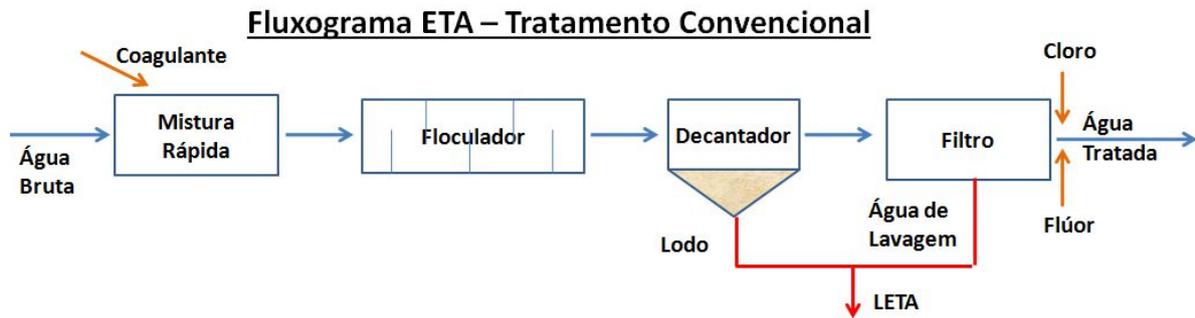


Figura 4 - Origem do LETA em tratamento convencional para potabilização da água. Fonte: Autores do Trabalho.

Em geral, o conteúdo de sólidos totais no lodo de tanques de decantação varia entre 1.000 a 40.000 mg/L (0,1 a 4%) e entre 40 a 1.000 mg/L (0,004 a 0,1%) na água de lavagem de filtros (RICHTER, 2001). Ainda segundo esse autor, 75-90% desses valores representam sólidos suspensos, 20-35% compostos voláteis, apresentando também uma pequena proporção de biodegradáveis e valores de pH próximos ao neutro. As Figuras 5, 6 e 7 demonstram o alto teor de sólidos que constituem o LETA e o impacto visual do lançamento deste resíduo em corpos hídricos.



Figura 5: Lodo de ETA. Fonte: SOARES E SILVA, 2017.



Figura 6: Lançamento de lodo de ETA em corpo hídrico. Fonte: SOARES e SILVA, 2017.



Figura 7: Lodo de ETA. Destaca-se o elevado teor de sólidos. Fonte: SOARES e SILVA, 2017.

Além dos sólidos, o LETA caracteriza-se por conter resíduos tais como algas, bactérias, vírus, partículas orgânicas em suspensão, colóides, areias, argilas, siltes, cálcio e metais (PORTELLA et al, 2003). Alguns desses metais são potencialmente tóxicos a organismos aquáticos. Essa toxicidade depende das características físico-químicas, bem como das características do curso d'água; da qualidade/tipo/dosagem dos coagulantes e de outros produtos químicos; pH de coagulação e o tipo de tecnologia de tratamento (operações e processos). A Tabela 1 apresenta a caracterização do LETA de acordo com alguns autores.

Tabela 1: Caracterização do LETA. Fonte: Indicadas na tabela.

Parâmetro	Unid.	Caracterização do lodo de ETAs								
		PROSAB (2001)**			Cordeiro (1993)	Bidone (1997)	Di Bernardo <i>et al</i> (1999)		Cornwell (1987)	Richter (2001)
		ETA-1 ^a	ETA-2 ^d	ETA-3 ^a	DC ^a	DC ^a	DAT ^b	ALF ^c	DC ^a	DC ^a
					<i>apud Barroso & Cordeiro (2001)</i>					
pH	-	8,93	7,35	7,2	6,4	-	7,9	6,9	-	6-8
DQO	mg/L	140	5.450	4.800	5.600	-	640	35	-	30-5.000
DBO ₅ 20°C	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	30-300
S.Sed.	mL/L	-	-	-	710	-	-	3,4	-	-
SST	mg/L	775	15.330	26.520	27.891	-	22.005	59	-	-
ST	mg/L	1.620	57.400	58.630	30.275	-	-	88	-	0,1-4
Alumínio	mg/L	2,16	30	11.100	3.965	1.500	-	0,3	805	-
Cádmio	mg/L	0	0,27	0,02	0,14	-	0,05	ND	0,01	-
Chumbo	mg/L	0	1,06	1,60	2,32	-	0,88	ND	0,5	-
Cobre	mg/L	1,70	0,91	2,06	1,47	-	1,05	0,06	0,45	-
Cromo	mg/L	0,19	0,86	1,58	3,82	-	0,42	ND	0,35	-
Manganês	mg/L	3,33	30	60	1,86	-	10	0,1	0,34	-
Ferro	mg/L	214	4.200	5.000	3.382	-	940	6,9	33	-
Níquel	mg/L	0	1,16	1,80	2,70	-	1,06	ND	-	-
Zinco	mg/L	0,10	48,53	4,25	2,13	-	1,7	0,64	0,11	-

**O relatório do PROSAB (2001) ressaltou que os valores obtidos representam dados pontuais. O lodo da ETA-1 é removido três vezes ao dia e nas demais ocorre o acúmulo do resíduo em tanques.

- a) DC e ETA-3: Lodo de decantador convencional que utiliza sulfato de alumínio;
 - b) DAT: Lodo de decantador de alta taxa adaptado de ETA que utiliza sulfato de alumínio (descarga mensal);
 - c) ALF: Água de lavagem de filtros de ETA que utiliza sulfato de alumínio (filtração com taxa constante);
 - d) ETA-2: Lodo de decantador convencional que utiliza cloreto férrico;
 - e) ETA-1: Lodo de decantador de alta taxa que utiliza cloreto férrico como coagulante (descarga periódica).
- ND: não detectado; S. Sed.: Sólidos sedimentáveis; SST: Sólidos suspensos totais; ST: Sólidos totais

Estudos realizados para conhecer os efeitos agudos e crônicos dos lodos contendo sulfato de alumínio em espécies que compõem a camada bentônica, que é significativa na alimentação de peixes, apontaram que a taxa de mortalidade das espécies aumenta em função da maior dosagem de lodo. Nesse sentido, principalmente em ambientes lênticos, no fundo do corpo d'água predomina condições anaeróbias, devido à sedimentação da matéria orgânica e à baixa penetração de luz. Com a anaerobiose nesses ambientes, há predominância de condições redutoras, onde muitos metais encontram-se na forma solúvel, podendo ocasionar mortandade de peixes por toxicidade (LAMB & BAILEY, 1981).

A Tabela 2 apresenta valores de ecotoxicidade aguda (CE50) de algumas substâncias inorgânicas que podem compor o LETA.

Tabela2 - Valores de CE50 de alguns parâmetros inorgânicos para espécies aquáticas. Fonte: Adaptado de BERTOLETTI, 1990.

Parâmetros inorgânicos	Limite p/ Minas Gerais (mg/L) Classe 1 e 2 (DN COPAM/CERH 01/2008)*	CE50 (mg/L)	Tempo de exposição (horas)	Dureza da água (mg /L CaCO3)	Espécie utilizada (microcrustáceo)
Alumínio	0,1 ⁽¹⁾	3,9	48	45	<i>Daphnia magna</i>
Cádmio	0,001	0,065	48	45	<i>Daphnia magna</i>
Chumbo	0,01	0,45	48	45	<i>Daphnia magna</i>
Cobalto	0,05	1,11	48	45	<i>Daphnia magna</i>
Cobre	0,009 ⁽¹⁾	0,009	24	40-48	<i>Daphnia similis</i>
Cromo	0,05	0,037	24	40-48	<i>Daphnia similis</i>
Ferro	0,3 ⁽¹⁾	9,6	48	45	<i>Daphnia magna</i>
Manganês	0,1	9,8	48	45	<i>Daphnia magna</i>
Mercúrio	0,0002	0,01	24	40-48	<i>Daphnia similis</i>
Níquel	0,025	2,6	24	40-48	<i>Daphnia similis</i>
Prata	0,01	0,0009	48	38-40	<i>Daphnia magna</i>
Selênio	0,01	0,43	48	72	<i>Daphnia magna</i>
Zinco	0,18	0,5	24	40-48	<i>Daphnia similis</i>

⁽¹⁾ O alumínio, cobre e ferro são dissolvidos. CE50: Concentração Efetiva Média que causa efeito agudo a 50% dos organismos, durante um período pré-estabelecido nas condições de teste (NBR 12.713/1993 ABNT).

Analisando os valores de toxicidade aguda (CE50), apresentados na Tabela 1, observa-se que o microcrustáceo é mais resistente ao manganês, ferro, alumínio e níquel; embora dosagens inferiores a 10 mg/L de manganês e ferro sejam suficientes para causar efeito. Já para o alumínio, em concentrações menores que 4 mg/L, observou-se o efeito tóxico.

Volquind *et al.* (2006) citam que a realidade operacional atual é do controle da dosagem do sulfato de alumínio, como coagulante, realizada de forma empírica, sem a condução de teste de dosagem ótima (“*jartest*”). Isso ocasiona muitas vezes, segundo o autor, a super dosagem do coagulante e em consequência a maior concentração de alumínio nos lodos.

Por fim, o lodo de ETAs podem causar efeitos negativos: no solo (salinização, acúmulo de metais, lixiviação de nitrato); na água (elevação da turbidez, conseqüente comprometimento dos processos fotossintéticos, elevação da matéria orgânica e conseqüentes incidentes de mortandades de organismos aquáticos); além de comprometer a flora e a fauna aquáticas.

Considerações Gerais Acerca da Legislação

A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, tem como aspectos mais relevantes a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento; o reconhecimento do valor econômico da água e a outorga pelo poder público do direito de uso dos recursos hídricos, para fins de consumo final, insumo de processo produtivo ou lançamento de resíduos, dentre outros usos. Dessa forma, o lançamento indiscriminado dos lodos de ETAs nas coleções hídricas deverá ser submetido ao processo de outorga.

Há também a possibilidade de punição nas esferas cível, administrativa e penal, prevista na Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998), quando ocorre a constatação de lançamento irregular de resíduos no ambiente. A violação do artigo 54 - "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" - culmina na pena de reclusão de um a quatro anos e multa. Além disso, se o lançamento de efluentes ou materiais provocar o perecimento de espécimes da fauna aquática, poderá o infrator ser apenado por detenção de um a três anos ou multa, ou ambas cumulativamente.

Há que se destacar também a Resolução CONAMA nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Essa resolução prevê em seu art. 34 que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente nos corpos de água desde que obedeçam às condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis.

O artigo 28 da referida resolução destaca que os efluentes não poderão conferir ao corpo d'água receptor características em desacordo com o enquadramento estabelecido. Tendo em vista as características do lodo apresentadas neste trabalho e os limites preconizados nas legislações, nota-se a necessidade do tratamento prévio desse lodo antes de ser lançado no ambiente. Ressalta-se o art. 29 que traz: "a disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não poderá causar poluição ou contaminação das águas". Também o art. 26 desse dispositivo legal estabelece que os órgãos ambientais federal, estaduais e municipais, no âmbito de suas competências, deverão, por meio de normas específicas ou no licenciamento da atividade ou empreendimento, estabelecer a carga poluidora máxima para o lançamento de substâncias passíveis de estarem presentes ou serem formadas nos processos produtivos, listadas ou não no art. 34 dessa resolução, de modo a não comprometer as metas progressivas obrigatórias, intermediárias e finais do enquadramento. Finalmente, no Parágrafo Único do artigo 24 é ressaltado que o órgão ambiental competente poderá a qualquer momento acrescentar outras condições e padrões, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições locais, mediante fundamentação técnica. A Resolução CONAMA nº 430/2011 dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 e deve ser considerada no caso em tela.

O enquadramento dos corpos d'água, segundo os usos preponderantes (Resolução CONAMA nº 357/2005), deve ser visto como uma ferramenta de análise de impactos ambientais ao meio aquático. O impacto do lançamento de efluente sobre o corpo d'água receptor deve ser analisado por meio da alteração dos parâmetros estabelecidos para cada classe. Ressalta-se que o lançamento não deverá alterar a classe estabelecida.

Alternativas para Usos do LETA

De acordo com Tsutiyu & Hirata (2001), os usos mais utilizados ou de maior potencial de utilização para o Estado de São Paulo incluem:

- Fabricação de cimento: a utilização desses lodos na fabricação de cimento *portland* tem obtido sucesso por algumas empresas de saneamento. Isso se justifica porque os lodos das ETAs normalmente contêm os elementos que são adicionados durante o processo de fabricação do cimento que são, dentre outros: calcário, xisto, argila, minério de ferro e bauxita. Contudo, existem características dos lodos que comprometem a qualidade do produto ou até mesmo inviabilizam a sua utilização na fabricação de cimento. Dentre essas características destacam-se a presença de altas concentrações de matéria orgânica, antracito/carvão ativado, sulfato, permanganato de potássio e metais pesados.
- Fabricação de tijolos: Devido às propriedades físicas e químicas dos lodos das ETAs apresentarem características similares aos materiais utilizados na fabricação de tijolos (argila e xisto), esses lodos também podem ser utilizados como matéria-prima. Os lodos mais indicados são compostos de argilas, silte, areia, coagulantes e matéria orgânica removidos durante o processo de tratamento da água. Já a presença da cal e do carvão ativado no lodo, podem comprometer a qualidade do tijolo fabricado, inviabilizando sua aplicação.
- Cultivo de grama comercial: o lodo pode ser aplicado na fase líquida ou após a desidratação. A aplicação de lodos de ETAs no cultivo de gramas, aumenta a aeração e a capacidade de retenção de líquido no solo, além de fornecer nutrientes adicionais às plantas. Estudos pilotos de demonstração, devem ser conduzidos para determinação da dosagem de aplicação mais adequada, levando em conta o acúmulo de metais no solo, a absorção de nutrientes, bem como, o teor de sólidos para aplicação líquida do lodo, para que na fase de preparação do solo, a umidade não exceda a umidade adequada, e para que na fase de crescimento, os sólidos não cubram as folhas prejudicando a fotossíntese.
- Compostagem: esta aplicação tem apresentado benefícios como ajuste da umidade, fornecimento de traços de minerais, ajuste de pH, além de auxiliar no aumento do volume do composto.
- Solo comercial: o lodo da ETA tem sido utilizado para substituir alguns componentes tipicamente utilizados na produção de solos comerciais (para vasos), tais como: perlita, calcário, areia e argila bentonítica. Além disso, o lodo confere melhoria estrutural do solo, ajuste de pH, adição de traços minerais, aumento da capacidade de retenção de água e melhoria das condições de aeração do solo.
- Descarga em estações de tratamento de esgotos: este uso apresenta efeitos positivos para o tratamento, como o controle do ácido sulfídrico, aumento da eficiência dos decantadores primários e da remoção de fósforo. No entanto, os sólidos dissolvidos presentes nos lodos das ETAs, em determinadas concentrações, podem inibir o processo biológico de tratamento dos esgotos. Porém, os autores dizem que os microrganismos podem, com vários compostos, se adaptar e ajustar à presença de um determinado composto tóxico. Uma boa prática seria equalizar a descarga de acordo com as vazões afluentes à ETE (estação de tratamento de esgotos), para que as concentrações de compostos potencialmente tóxicos permaneçam constantes. De qualquer forma, a toxicidade do lodo ao sistema biológico de tratamento, bem como

as consequências destas descargas à qualidade e a produção dos lodos das ETEs devem ser analisadas para evitar qualquer efeito não desejado ao sistema de tratamento de esgotos.

- Recuperação de coagulantes: a recuperação de coagulantes presentes em lodos de ETAs consiste na solubilização das espécies de alumínio ou ferro que possuem o potencial de coagulação. Essa recuperação pode ser realizada por meio de via ácida, via alcalina, extração com solventes orgânicos e extração com querelantes. Um percentual de 35 a 50% dos sólidos presentes nos lodos de ETAs são hidróxidos, além das vantagens referentes a economia de produtos químicos, a recuperação de coagulantes, reduz significativamente o volume e melhora as características de desidratação do lodo produzido.

Cabe salientar, ainda, o estudo conduzido por Paiva *et al.* (2016) onde são apresentadas diversas alternativas para disposição e reuso do LETA, que pode passar de resíduo a insumo de outro processo produtivo.

Tsutiya & Hirata (2001) citam que o lodo das ETAs também pode ser utilizado para a melhoria da sedimentabilidade em águas de baixa turbidez e controle de H₂S (sulfeto de hidrogênio) que é um gás problemático em sistemas de esgotos, vez que apresenta odor ofensivo em concentrações acima de 0,1 ppm. Pesquisas e aplicações práticas na Holanda e Alemanha tem mostrado que os lodos de ETAs, contendo ferro, podem ser muito efetivos na reação com o sulfeto, onde complexos insolúveis ferro-enxofre são formados e precipitados. Os autores esclarecem que além desses usos, muitas vantagens têm sido observadas quando os lodos das ETAs são lançados em redes coletoras de esgotos ou diretamente nas estações de tratamento de esgotos.

A Tabela 3 apresenta aplicações, limitações e respectivos custos para algumas técnicas de redução do volume do LETA, para reduzir os custos de transporte do resíduo.

Tabela 3: Técnicas de desaguamento de LETA. Fonte: MPMG, 2009.

Técnica	Aplicações	Limitações	Custo relativo
Prensa desaguadora	Capaz de obter um lodo relativamente seco, com 40 a 50% de sólido seco. Lodo de sulfato 15 a 20%.	Sua eficiência é muito sensível às características da suspensão. As correias podem se deteriorar rapidamente na presença de material abrasivo.	Baixo
Decantação centrífuga	Capaz de obter um lodo desidratado com 15 a 35% de sólidos. Lodo de sulfato 16 a 18%. Taxa de captura de sólidos entre 90-98%. Adequada para áreas com limitação de espaço.	Não tão efetiva na desidratação como a filtração. O tambor está sujeito à abrasão.	Médio
Filtro prensa	Usado para desidratar sedimentos finos. Taxa de captura de sólidos de até 98%.	Necessita aplicação de cinza e cal. Elevação do pH a 11,5. Troca do meio filtrante demorada. Elevado custo operacional e de energia.	Alto
Filtro rotativo a vácuo	Mais indicado para desidratar sedimentos finos granulares, podendo obter torta de até 35-40% de sólidos e taxa de captura de 88-95%.	É o método menos eficaz de filtração. Elevado consumo de energia.	Mais alto

**O relatório do PROSAB (2001) ressaltou que os valores obtidos representam dados pontuais. O lodo da ETA-1 é removido três vezes ao dia e nas demais ocorre o acúmulo do resíduo em tanques.

- f) Lodo de decantador convencional que utiliza sulfato de alumínio;
- g) Lodo de decantador de alta taxa adaptado de ETA que utiliza sulfato de alumínio (descarga mensal);
- h) Água de lavagem de filtros de ETA que utiliza sulfato de alumínio (filtração com taxa constante);
- i) Lodo de decantador convencional que utiliza cloreto férrico;
- j) Lodo de decantador de alta taxa que utiliza cloreto férrico como coagulante (descarga periódica).

ND: não detectado; S. Sed.: Sólidos sedimentáveis; SST: Sólidos suspensos totais; ST: Sólidos totais.

CONCLUSÃO

Pela caracterização do lodo, realizada neste estudo, esses resíduos brutos apresentam potencial de degradação das águas, bem como do ecossistema aquático. Portanto, antes de serem lançados no ambiente, deve-se proceder à remoção dos poluentes de forma a atender ao disposto na legislação vigente, que apresenta limites máximos toleráveis para diversos parâmetros. Há também outras alternativas ambientalmente adequadas para destinação deste resíduo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACHON, Cali Laguna; CORDEIRO, João Sérgio. **Destinação e disposição final de lodo gerado em ETA - Lei 12.305/2010**. In: XIX Exposição De Experiências Municipais Em Saneamento, 2015, Poços de Caldas. Poços de Caldas: ASSEMAE, 2015. Disponível em: <<http://www.trabalhosassemae.com.br/sistema/repositorio/2015/1/trabalhos/103/151/t151tle1a2015.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2018.
2. AWWARF. **Water Treatment Plant Waste Management**. American Water Works Association Research Foundation, 1987.
3. BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. **Problemáticas dos metais nos resíduos gerados em estações de tratamento de água**. In: XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, João Pessoa, 2001.
4. BERTOLETTI, E. **Estimativa da carga tóxica e efluentes industriais**, CETESB, São Paulo, revista Ambiente, vol. 4, nº 1, 1990.
5. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE. **População**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>>. Acesso em maio de 2018.
6. LAMB, D. S.; BAILEY, G. **Acute and chronic effects of alum to Midge Larva**. Bull, Environ. Contam.Toxicol., 27: 59. 1981.
7. MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (MPMG). **Orientações básicas acerca do impacto do lodo gerado nas ETAS, alternativas de tratamento/disposição e legislação correlata**. Procuradoria Geral de Justiça. CEAT/MA.2009.
8. PAIVA, G.S.; MOREIRA, V. T. G; SOARES, A. F. S. **Lodo de estação de tratamento de água (lota): resíduo ou insumo?** Anais VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Campina Grande: IBEAS. 2016. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/IX-032.pdf>. Acesso: 1 de maio de 2018.
9. PORTELLA, K.F.; ANDREOLI, C.V.; HOPPEN, C.; SALES, A.; BARON, O. **Caracterização físicoquímica do lodo centrifugado da estação de tratamento de água Passaúna**. Curitiba, PR. 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Joinvile, 2003.
10. RITCHER, Carlos A. **Tratamento de lodos de estações de tratamento de água**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001
11. SANTOS, I.S.S.; RAMIRES, M.V.V.; KAZMIERCZAK, C.S. I et al. **Caracterização e identificação do resíduo: lodo da estação de tratamento do município de São Leopoldo**. In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre. Anais. ABES. 2000.
12. SOARES, A. F. S.; SILVA, L. F. M. **Lauda Técnico de Meio Ambiente**. SGDP: 2335159. Procuradoria Geral de Justiça. MPMG, CEAT/MA.2014.
13. TSUTIYA, M. T.; HIRATA, A. Y. **Aproveitamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água no Estado de São Paulo**. In: XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, João Pessoa, 2001.
14. VOLQUIND, Rafael; LUCENA, Catarina De Luca De; PERGHER, Selene Beatriz Castellã. **Plano de gestão de resíduos de estações de tratamento de água: monitoramento e avaliação dos impactos da emissão no ambiente aquático** In: AIDIS; Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Sección Uruguay. Rescatando antiguos principios para los nuevos desafíos del milenio. Montevideo, AIDIS, 2006. Acesso em: 10 mar. 2018.