



**MÉTODOS PARA TRATAMIENTO E POTENCIAL REUTILIZAÇÃO DO LODO ORIUNDO DE
ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA**

**METHODS FOR TREATMENT AND POTENTIAL REUSE OF SLUDGE FROM WATER
TREATMENT PLANTS**

**MÉTODOS DE TRATAMIENTO Y POSIBLE REUTILIZACIÓN DE LOS LODOS DE LAS
DEPURADORAS**

Rafael José Martin Biliatto¹, Vanderlei Cecchini Junior²

e3102018

<https://doi.org/10.47820/recima21.v3i10.2018>

PUBLICADO: 10/2022

RESUMO

No Brasil, se observa até os dias de hoje o lançamento indevido dos resíduos sólidos *in-natura* em corpos de água. O artigo em questão apresenta os métodos para realizar o tratamento do lodo gerado em estações de tratamento de água, para isso é mostrado as unidades que fazem os processos de desaguamento e secagem do material e analisadas quanto aos custos da área para implantação, operação e manutenção dos equipamentos. Além disso, é avaliada a disposição final, normalmente destinada a aterros sanitários, e o reuso dos resíduos que, por suas características variáveis, resultou no enfraquecimento da viabilidade, necessitando de mais pesquisas na área para que não ocorra a perda de qualidade dos produtos, conforme a mudança da água bruta coletada, entre diversos outros fatores.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo. Estação de Tratamento de Água. Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos. Reuso.

ABSTRACT

In Brazil, it is observed until today the improper disposal of in-natura solid waste in bodies of water. The article in question presents the methods for performing the treatment of sludge generated in water treatment plants. To this end, the units that perform the dewatering and drying processes of the material are shown and analyzed in terms of the costs of the area for deployment, operation and maintenance of the equipment. In addition, the final disposal, usually destined for landfills, and the reuse of waste is evaluated, which, due to its variable characteristics, has resulted in the weakening of viability, requiring further research in the area so that there is no loss of quality of the final products, according to the change in the raw water collected, among several other factors.

KEYWORDS: Sludge. Water Treatment Station. Solid Waste Treatment Station. Reuse.

RESUMEN

En Brasil, se observa hasta el día de hoy el descarte inadecuado de residuos sólidos in-natura en cuerpos de agua. El artículo en cuestión presenta los métodos para realizar el tratamiento de los lodos generados en las plantas de tratamiento de agua, para lo cual se muestran las unidades que realizan los procesos de deshidratación y secado del material y se analizan los costos del área de despliegue, operación y mantenimiento de los equipos. Además, se evalúa la disposición final, generalmente destinada a los vertederos, y la reutilización de los residuos que, debido a sus características variables, ha resultado en el debilitamiento de la viabilidad, requiriendo una mayor

¹ Graduando nível superior em Engenharia Civil pelo Instituto Federal de São Paulo - Campus Votuporanga.

² Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Mestrado em Engenharia Civil na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Professor no curso de Engenharia Civil e técnico em edificações no Instituto Federal de São Paulo - Campus Votuporanga



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MÉTODOS PARA TRATAMENTO E POTENCIAL REUTILIZAÇÃO DO LODO ORIUNDO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA
Rafael José Martin Biliatto, Vanderlei Cecchini Junior

investigación en el área para que no haya pérdida de calidad de los productos finales, de acuerdo con el cambio del agua cruda recogida, entre varios otros factores.

PALABRAS CLAVE: Lodos. Planta de tratamiento de agua. Planta de tratamiento de residuos sólidos. Reutilización.

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da população nas cidades a demanda por água potável tende a crescer, de uma mesma forma aumenta a produção de lodo nas unidades de tratamento. Isso traz um dos maiores problemas encarados nas indústrias, a busca por reduzir ou reaproveitar os resíduos gerados nas suas atividades. Simultaneamente, o avanço tecnológico possibilita o decaimento na quantidade de rejeitos, assim quebrando os gastos e também produzindo receita com os resíduos aproveitados.

No Brasil, o lodo provindo de ETA ou LETA como também nomeado, é principalmente descartado nos rios (IBGE, 2010). Isso acontece pelo fato de as estações serem implantadas antes da Lei 9.433/1997, Lei 9.605/1998 e da resolução do CONAMA Nº 237/1997, que não proibiam lançar a matéria nos corpos de água sem um prévio tratamento.

Outra forma de descarte utilizada no país é o envio para tratamento na Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs). Contudo, isso pode sobrecarregar este sistema, além de contribuir para o entupimento das tubulações, terminando assim transferindo o problema em vez de resolvê-lo.

O lodo de ETA é enquadrado como resíduo sólido, segundo a NBR 10.004 (2004), sendo uma parcela de 0,5 a 3% de matéria firme e o restante, em termos de volume, na fase líquida. Portanto, esses tais rejeitos precisam ser administrados de maneira a garantir as condições da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que busca combater a poluição e proteger o meio ambiente.

Segundo Lopes *et al.*, (2005), o tratamento de lodos derivados de decantadores consiste basicamente na remoção da água presente levando a redução de seu volume, com isso facilitando o manuseio, transporte e disposição final adequada deste resíduo.

Existem diversas técnicas para o desaguamento deste material e que se enquadram em duas classificações. A primeira e mais simples, são os sistemas naturais contendo as lagoas de lodo e os leitos de secagem ou drenagem. Ela funciona por meio de evaporação e drenagem do líquido existente em sua composição.

A segunda, estão os sistemas mecânicos, trabalhando com centrifugas, prensas e filtros, que utiliza meios motores para a mesma tarefa, gerando mais eficiência com o menor tempo, mas em contraponto dispendo do maior gasto.

Com uma breve análise, o método natural tem-se apresentado vantagens, isto levando em conta os custos de maneira geral e a facilidade operacional, além de ser uma opção ecologicamente mais viável não necessitando de energia elétrica e produtos químicos para seu trabalho.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MÉTODOS PARA TRATAMENTO E POTENCIAL REUTILIZAÇÃO DO LODO ORIUNDO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA
Rafael José Martin Biliatto, Vanderlei Cecchini Junior

Contudo, deve-se analisar a condição para o pleno funcionamento dos sistemas naturais, o fator climático. Buscando nos dados dispostos pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), a região em questão está em um cenário favorável ao desaguamento natural.

Alguns estudos se iniciaram sobre leito de secagem com inclusive a elaboração de uma pesquisa em escala trazendo dados promissores a este processo. Visto o sucesso, foi implantada em 2004 no município de Cardoso, Brasil, uma estação que confirmou os resultados obtidos em laboratório. Isso trouxe ao país o aumento no número de ETAs que tratam seus resíduos, contemplando as mudanças ocorridas nas normas ambientais. Porém, os sistemas de desaguamento existentes atualmente, contam com problemas que necessitam serem solucionados, um deles é a disposição final da torta de lodo.

Esse acúmulo nos aterros sanitários gera pontos negativos, um deles a diminuição da vida útil em razão do aumento do volume ali lançado, além de necessitar de uma maior área para operação, gerando um desembolso mais elevado. Por este motivo e outros demais, é de fundamental importância o estudo de técnicas menos agressivas ao meio ambiente e que transforme em matéria prima os resíduos aqui analisados.

No meio deste contexto, o estudo foi criado com o objetivo de analisar a possibilidade da construção de uma Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos (ETRS), neste caso, para tratar e possibilitar o reuso do lodo produzido na Estação de Tratamento de Água (ETA). Para se alcançar o objetivo geral desse trabalho, pretende-se identificar a produção e características do lodo produzido, além de discorrer sobre os métodos utilizados para possibilitar o reaproveitamento do material.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para se ter uma maior compreensão sobre o assunto aqui abordado se fez necessária a apresentação de princípios teóricos sobre os processos de tratamento de água, características do lodo e métodos de dimensionamento, que tornaram compreensível o projeto em questão.

2.1 Geração do lodo nas ETAS

Para apresentar como o lodo é produzido nas Estações de Tratamento de Água, é necessário mostrar os processos pela qual a água passa para se adequar aos padrões de potabilidade, em outras palavras, mostrar as etapas que removem as impurezas presentes na água bruta.

Segundo Guedes (2018), o tratamento do tipo convencional é quando ocorre um conjunto de processos sequenciais, onde no final se tem o tratamento completo em uma ETA. Como etapa preliminar está englobado o gradeamento que remove galhos, folha e objetos com tamanhos consideráveis e a caixa de areia que remove partículas menores. É realizada sem aplicação de produtos químicos e com intuito de aumentar a vida útil das estruturas posteriormente utilizadas.

Já na primeira fase de tratamento, faz-se a coagulação. Neste processo são adicionados produtos químicos para formar precipitados que irão servir de ponto de aglutinação para as partículas, que nada mais é que a aproximação. Sendo os resíduos diretamente relacionados com as substâncias inseridas neste momento.

RECIMA21 - Ciências Exatas e da Terra, Sociais, da Saúde, Humanas e Engenharia/Tecnologia



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MÉTODOS PARA TRATAMENTO E POTENCIAL REUTILIZAÇÃO DO LODO ORIUNDO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA
Rafael José Martin Biliatto, Vanderlei Cecchini Junior

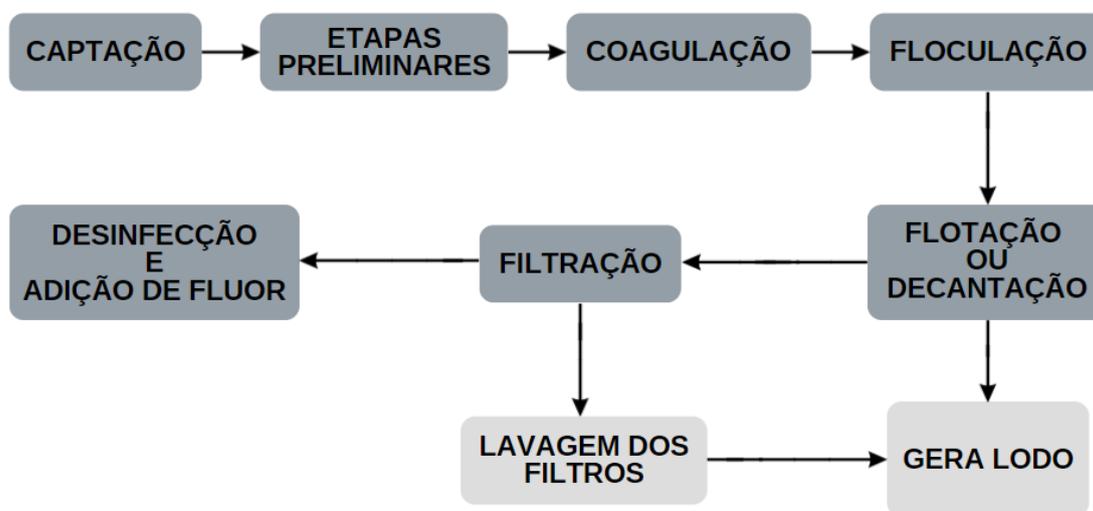
Em seguida é realizada a floculação, onde as partículas aglutinadas se colidem, agregam-se e geram tamanho. Tais tamanhos são analisados e definidos, levando em conta a próxima etapa do tratamento, com partículas mais leves para unidades que tenham remoção por flotação (na superfície) e flocos mais densos, se no caso for a sedimentação (retirada pelo fundo), neste caso contando com ajuda de polímeros.

Buscando uma maior segurança e qualidade da água, passando pelo filtro em leitos granulares. Ele é composto por diversas camadas, sendo elas areia grossa, areia fina, cascalho, pedregulho e carvão, que promove a extração da parcela que conseguiu passar pelos tratamentos anteriores.

Por fim acontece a desinfecção, operação que tem o objetivo de eliminar micro-organismos patogênicos que não foram removidos ou inativados antes deste momento, que pode ser feita por produtos químicos ou processos físicos. No Brasil, o processo é feito por químicos, Portaria 2914/2011, que obriga a adição de cloro e flúor antes da água ser distribuída nas redes.

Para exemplificar melhor o assunto aqui tratado, a seguir tem-se um fluxograma contendo cada etapa presente em uma estação de tratamento de água.

Figura 1: Fluxograma das etapas de tratamento convencional de uma ETA.



Fonte: O próprio autor.

Conforme os pensamentos de Cavinatto (2003), os decantadores são unidades na qual a água permanece retida para que os flocos se sedimentem e formem o lodo. A estação de Votuporanga-SP conta com dois decantadores para fazer tal papel, desta maneira, tem-se uma grande quantidade de LETA depositado em seu interior, variando em uma faixa de 60 a 95% da quantidade total ali gerada.

Outra forma de extração deste material é na lavagem dos filtros, que são feitas periodicamente a cada 15 dias para que não ocorra o entupimento da linha. A quantidade que é



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MÉTODOS PARA TRATAMENTO E POTENCIAL REUTILIZAÇÃO DO LODO ORIUNDO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA
Rafael José Martin Biliatto, Vanderlei Cecchini Junior

retirada deste processo está entre 5 e 40% do acúmulo completo, sendo que há uma grande dependência das características da água bruta.

Os sólidos separados têm características quantitativas e qualitativas que variam de acordo com as propriedades da água captada, a dosagem e o tipo do coagulante utilizado, além da eficiência dos floculadores e decantadores. Isto ficará mais aprofundado e compreendido no próximo assunto.

2.2 Características do lodo provindo de ETAS

A norma técnica NBR 10.004/04 considera resíduos sólidos aqueles que contenham um teor de sólidos que variam de 0,5 a 3%. Ele é categorizado na classe de resíduos não inertes, não indicando periculosidade e sim características como solubilidade em água, biodegradabilidade ou combustibilidade.

Do lodo produzido em uma Estação de Tratamento de Água, a maior parte é retirada dos decantadores. Suas características variam de acordo com o tipo e frequência de limpeza, contendo taxa de sólidos entre 0,1 e 4,0%, sendo que na maioria das vezes encontra-se abaixo de 1,0%.

Em relação a água de limpeza dos filtros, compreende um teor menor, entre 0,01 e 0,1%. Por este fato, pode ser realizado o procedimento de recirculação, levando-a para o início da estação. Para realizar tal método, tem-se a necessidade da instalação de uma estação de tratamento secundária, esta estação conta com um tamanho reduzido, contendo um tanque de equalização e sistema de clarificação. Nestes artifícios há como produto, lodo e água, sendo o lodo tratado juntamente com os resíduos do decantador e a água direcionada para a unidade primária do tratamento principal.

O intervalo que é realizada a limpeza dos decantadores convencionais influencia diretamente nas suas propriedades. Em unidades que são limpas em intervalos de 1 a 4 meses, implica na extração de resíduos mais concentrados. Isso se comparados a decantadores de alta taxa, ao qual dispõe de mecanismos para remoção, ocasionando a limpeza mais frequente.

Outro fator que está ligado a composição do LETA são os produtos químicos utilizados na estação de tratamento, que são os coagulantes, alcalizantes e adsorventes. Conforme Reali (1999), a presença de sulfato de alumínio torna o material de coloração amarronzada e com maior dificuldade para a sedimentação ou flotação.

Contudo, como os resíduos são muito variáveis, tem-se a necessidade de analisar cada caso. Essa averiguação é de suma importância, porque pode definir através de estudos o melhor tipo de tratamento para ser realizado.

Os lodos derivados de ETA apresentam alta umidade, que na maioria dos casos são superiores a 95%, desta forma havendo dificuldade para a separação do sólido e do líquido (CORDEIRO, 1999). Este material também pode ser classificado como tixotrópico, em outras palavras, quando no estado natural se apresenta em forma de gel, contudo, se submetido a esforços do tipo cisalhante torna-se praticamente fluido, gerando dificuldade no desaguamento.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

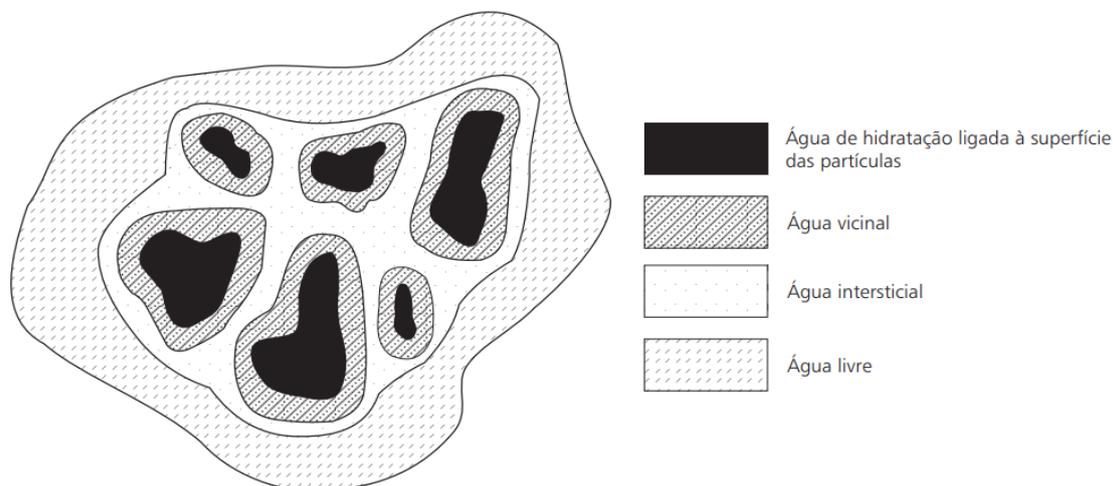
MÉTODOS PARA TRATAMENTO E POTENCIAL REUTILIZAÇÃO DO LODO ORIUNDO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA
Rafael José Martin Biliatto, Vanderlei Cecchini Junior

Os lodos são normalmente compostos por matéria orgânica, areia, silte e argila presente no fundo dos rios e represas, e metais potencialmente tóxicos. Ele pode conter altas concentrações de alumínio, quando se é utilizado o sulfato de alumínio como principal coagulante no tratamento da água, sendo que esse material pode ocasionar sérios problemas na vida marinha quando disposto em rios ou lagos (OLIVEIRA, 2021, p. 21).

Como visto, se encaminhado para cursos de água sem prévio tratamento, pode e quase sempre ocasiona problemas ao ecossistema ali presente. Além do mais, águas advindas de captação superficial estão propícias a contaminação, com a aplicação de fertilizantes e agrotóxicos em áreas próximas, o lançamento de resíduos industriais e o próprio processo de intemperismo, sendo assim, retidos nos lodos todas estas impurezas.

Buscando uma forma mais clara de apresentar a desidratação do lodo, tem-se o estudo dos componentes presentes na massa. O modelo mais preciso é o apresentado por Smollen e Kafaar (1994) *apud* PROSAB (1999). Nele são apresentados os flocos divididos em quatro camadas, a primeira contando da mais exterior é composta de água livre, não estando associada a partículas solidas. A segunda camada de água intersticial, que fica unida aos interstícios dos flocos por uma ligação mecânica. Água vicinal está presente na terceira camada, com moléculas de água fisicamente ligadas por meio das pontes de hidrogênio. Por fim, água de hidratação, que se localizam presas a superfícies das partículas dos sólidos.

Figura 2: Distribuição da água no floco de lodo.



Fonte: Smollen e Kafaar (1994) *apud* PROSAB (1999).

Seguindo o pensamento de Libânio (2016), a quantidade de água nas camadas dos flocos de lodo influencia diretamente nas características de retenção e na performance dos sistemas utilizados para retirada de água. Os lodos gerados pelos decantadores, por serem mais densos, admitem uma resistência maior a filtração, já os advindos dos lavagem dos filtros possuem menor resistência específica a filtração.



2.3 Sistemas de tratamento para LETA

Neste capítulo, tem-se como objetivo informar sobre os aspectos e operações relacionadas as etapas efetuadas para remoção da água de LETAs. Nele estarão contidos os tipos de unidade para cada processo executado, características de funcionamento e projeto, além de analisar os pontos positivos e negativos de cada tipo, para que fique claro qual método será o mais indicado para cada região ou categoria de lodo.

Consoante a PROSAB (1999), há diversas maneiras para se tratar o lodo provindo de ETAs. A sua escolha deverá ser de acordo com diversos fatores, sendo eles, valor e tamanho da área demandada, condições climáticas, preparo de operadores, custos dos equipamentos e a necessidade de condicionamento.

Uma maneira fácil para dispor do lodo sem o tratamento necessário é destiná-lo para uma estação de tratamento de esgoto, necessitando apenas de um tanque para fazer o controle de vazão nas redes coletoras. Esta ação pode acarretar uma sobrecarga no funcionamento da estação, além de poder ocasionar uma diminuição da eficiência desta unidade se o resíduo contiver metais pesados.

2.3.1 Condicionamento do material

Este procedimento é caracterizado por auxiliar na remoção da maior parte da umidade presente no lodo. Isso acontece pelo fato dos agentes químicos, como exemplo, cal e soluções de polímeros sintéticos, conseguirem diminuir a resistência específica a filtração, facilitando a separação da água dos sólidos nos processos subsequentes.

Para realizar de maneira eficaz o processo de condicionamento, faz-se a análise em laboratório de adensamento por gravidade, que o material se sedimenta conforme as concentrações de químicos adicionados. Isso traz uma quantidade ótima para o uso, sendo que, se extrapolada, resulta apenas no maior gasto dos produtos, não alterando no beneficiamento da tarefa.

2.3.2 Adensamento

Este sistema é utilizado para separar a parte da água que consegue ser extraída com facilidade do lodo, com isso diminuindo o seu volume e as despesas com equipamentos de maior gasto funcional. Nesta unidade o lodo precisa sair com 6 a 9% de teor de sólidos, assim sendo, com 91 a 94% de água. Para que isso aconteça, é realizado alguns processos no qual serão discorridos a seguir.

Ela pode ser realizada ou não, isso dependerá de qual procedimento foi adotado na unidade de tratamento de água. Para estações com decantadores, em geral o lodo sai com teor de umidade em 98%, devendo ser adensado. Na flotação gera um lodo espesso, não necessitando desta etapa.

Os tipos corriqueiros são os espessadores por gravidade, conhecidos também por sedimentadores. Ele é o mais antigo e disseminado dessa categoria, no seu funcionamento o lodo é inserido continuamente ou por batelada, sendo atirado próximo ao centro. A maioria conta com



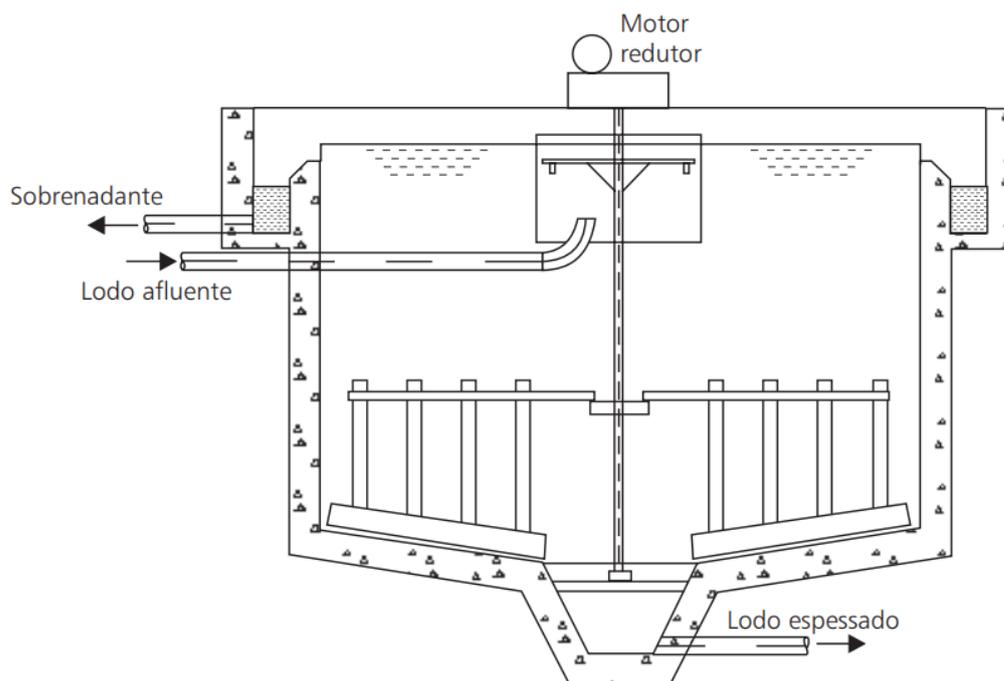
RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MÉTODOS PARA TRATAMENTO E POTENCIAL REUTILIZAÇÃO DO LODO ORIUNDO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA
Rafael José Martin Biliatto, Vanderlei Cecchini Junior

formato circular visto em planta, ocasionando no momento do funcionamento a distribuição dos resíduos radialmente.

O sistema consegue, de maneira mecânica e ininterrupta, retirar o lodo presente no tanque. Para isso, estão equipados raspadores de fundo, que vagarosamente empurram o lodo depositado em direção ao centro, onde é retirado.

Figura 3: Esquema ilustrativo de adensador de lodo por gravidade em formato circular.

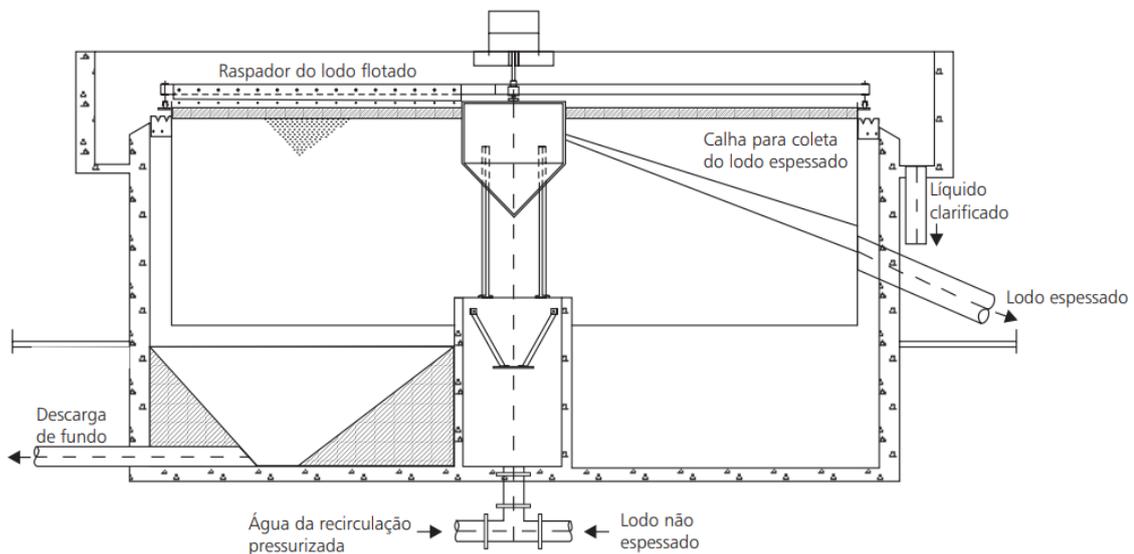


Fonte: PROSAB, 1999.

O sistema por flotação por ar dissolvido (FAD), há algum tempo vem ganhando mercado por permitir algumas vantagens em relação aos sedimentadores. Com ele, tem-se unidades mais compactas, controle da quantidade de ar fornecida, além do lodo sair com maior concentração de sólidos, sendo um trabalho mais eficiente.

De maneira contrária aos sedimentadores, este tipo funciona com o acúmulo do lodo adensado na superfície, onde é removido pelos raspadores e a água que fica na região abaixo é extraída por tubos no fundo do flotador. Para que o lodo consiga se direcionar para região superficial do tanque, são empregadas microbolhas de ar as quais se aderem as partículas do LETA e provocam um fluxo ascendente com o material.

Figura 4: Esquema ilustrativo de adensador de lodo por flotação por ar dissolvido em formato circular.



Fonte: PROSAB, 1999.

Um novo espessador surgiu no mercado recentemente com o nome de adensador mecânico de esteiras. Ele foi criado com base nos filtros-prensa de esteiras, cujo no estágio inicial ocorre valor significativo de fuga de líquidos por gravidade. Isso trouxe a idealização do adensador de esteiras, que é contemplado por equipamentos simples.

Funciona com diversas etapas, sendo a primeira de condicionamento por adição de polímero sintético. Em seguida, acontece a drenagem da água por gravidade, que é recolhida por dispositivos localizados sob a esteira. Tudo isso é efetuado enquanto os rejeitos estão sendo carregados sobre as esteiras, chegando no final descartado o lodo já espessado.

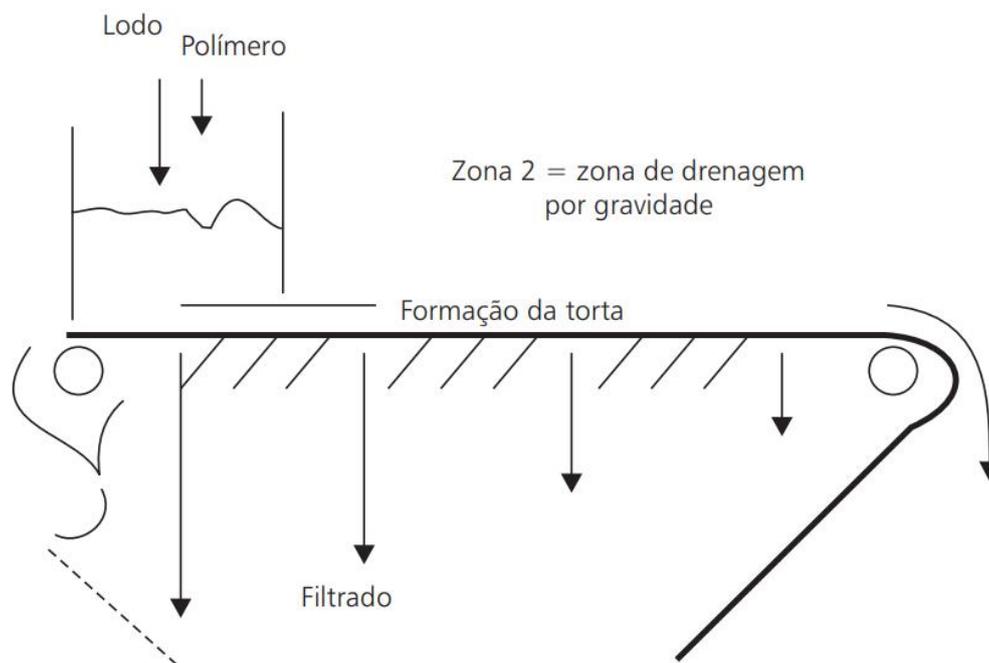


RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MÉTODOS PARA TRATAMENTO E POTENCIAL REUTILIZAÇÃO DO LODO ORIUNDO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA
Rafael José Martin Biliatto, Vanderlei Cecchini Junior

Figura 5: Esquema ilustrativo de adensador mecânico de esteira.

Zona 1 = zona de condicionamento



Fonte: Teixeira (1999) apud PROSAB (1999).

Deve-se salientar que a escolha do tipo de unidade de espessamento de lodos de ETAs deve sempre se pautar em resultados de ensaios de laboratório, ou escala-piloto, realizados com amostras representativas do lodo a ser espessado. Esses ensaios são importantes, tendo em vista que a maior ou menor facilidade de sedimentação nos adensadores por gravidade ou por esteiras, ou de flotação nos adensadores por flotação, depende das características do lodo considerado, as quais podem variar significativamente de uma ETA para outra. (REALI; PATRIZZI apud PROSAB, 1999, p. 45).

Além de ser avaliado o desempenho que cada espessador dará para os variados tipos de LETA, também precisa analisar a dosagem para se ter segurança e melhor rendimento no uso dos polímeros, nos quais são adicionados, na etapa de condicionamento que acontece antes da fase de adensamento.

2.3.3 Desaguamento

Nesta fase, novamente acontece a diminuição da água contida no rejeito de ETA, mas agora o lodo termina o processo com um teor de umidade entre 60 e 85%. Desta forma ele pode ser depositado em aterros sanitários se estiver com taxa de umidade inferior a 75% ou ser disposto em outras diversas maneiras que serão discutidas no próximo capítulo.

Esta etapa pode contar com procedimentos mecanizados que diminuem o tempo para realizar o desaguamento, além de precisar de menor espaço para ser alocado. Em contraponto, tem o maior



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

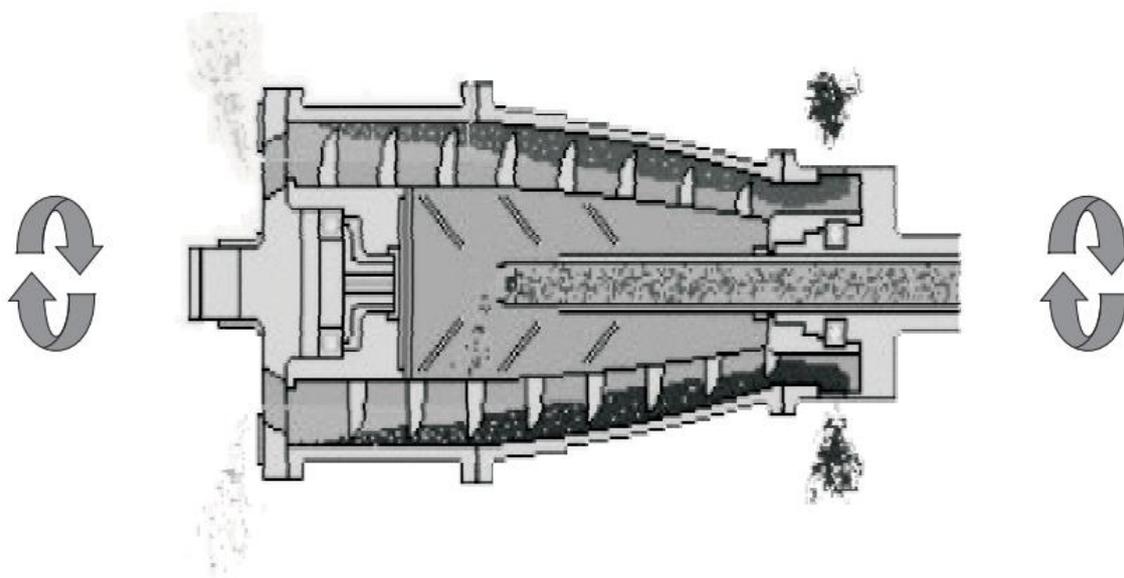
MÉTODOS PARA TRATAMENTO E POTENCIAL REUTILIZAÇÃO DO LODO ORIUNDO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA
Rafael José Martin Biliatto, Vanderlei Cecchini Junior

custeio ser implantado e operado, pelo fato de os equipamentos terem valores elevados e da energia necessária para o funcionamento.

A primeira maneira para realização de tal serviço é a desidratação do lodo por centrífugas, este mecanismo é capaz de exercer uma força centrífuga através da rotação, que impulsiona o material na direção da parede do cilindro, o que resulta na separação do sólido e líquido. Ao final do processo, tem-se o lodo pronto para a sua disposição final, que também é chamado de torta.

Com o passar do tempo, este tipo de equipamento foi se atualizando e recebeu avanços significativos, chegando a gastos menores de energia e com mínimos problemas relacionados à manutenção. Isso acabou ocasionando um aumento na utilização deste sistema em estações de tratamento, principalmente do modelo centrífuga tipo decantadora de eixo horizontal, com removedor contínuo tipo helicoidal, da qual segue imagem.

Figura 6: Esquema ilustrativo de centrífuga tipo decantadora de eixo horizontal com removedor contínuo tipo helicoidal.



Fonte: PROSAB, 1999.

A segunda maneira é a filtração forçada, cuja principal característica é a utilização de pressões diferentes da atmosférica auxiliando na retirada da água livre dos lodos. Contando com três tipos que podem ser filtro-prensa, que funciona exercendo uma pressão no lodo que está posicionado antes de uma camada de meio filtrante. Desta forma, forçando a passagem do líquido e retendo a torta do lodo em seu interior.

As prensas desaguadoras, na sua atuação, contam com duas esteiras contrapostas ao qual o lodo é inserido entre elas, sendo que, para o processo funcionar, pelo menos uma delas necessita ser de material filtrante. Quando o sistema é ligado, acontece a compressão do LETA em seu interior com a intenção de expulsar a água e manter apenas os sólidos.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MÉTODOS PARA TRATAMENTO E POTENCIAL REUTILIZAÇÃO DO LODO ORIUNDO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA
Rafael José Martin Biliatto, Vanderlei Cecchini Junior

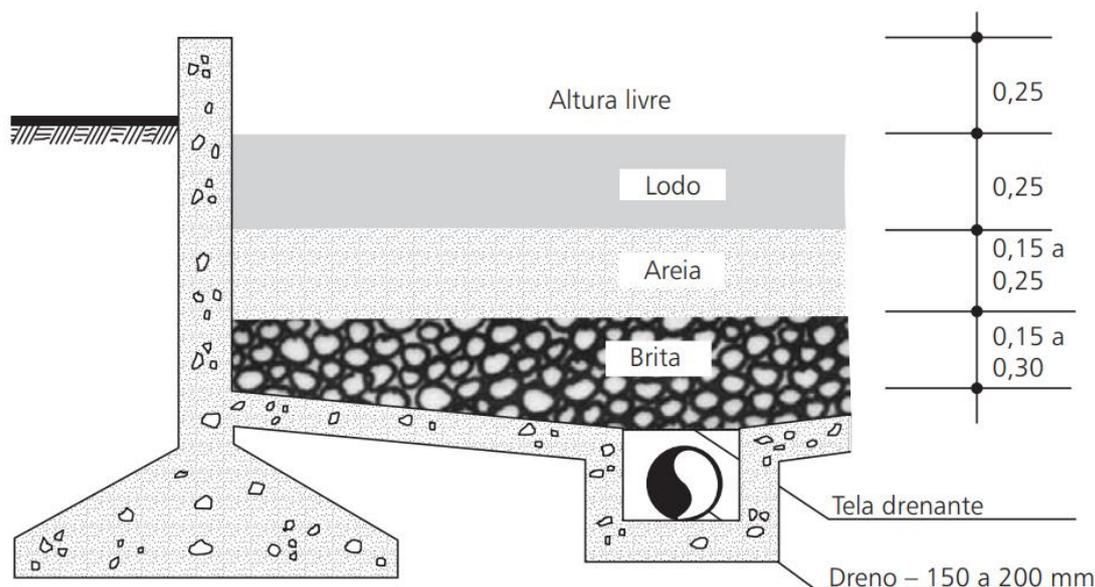
E por último dos sistemas mecânicos, tem-se o filtro a vácuo, seu funcionamento baseia-se em uma caixa cheia de lodo onde é posicionado em seu interior um tambor no sentido horizontal. Este tambor tem sua parede composta por material filtrante e é aplicado uma pressão negativa em seu interior. Isso causa a drenagem da água para dentro do seu recipiente, ao passo que, os sólidos ficam retidos pelo sistema de filtração onde são removidos por sistema de raspadores.

O método natural aproveita da gravidade e fatores climáticos para o desague, por este fato é menos custoso que o anterior. No entanto, há menor rendimento na execução e também carece de maior área para a implantação. Os leitos de secagem e lagoas de lodo são processos utilizados onde o clima é favorável e há a disponibilidade de um local para a construção.

Leitos de secagem, são formados por tanques rasos e com camadas de suporte, meio filtrante e sistema drenante, apresentada na figura 7. A camada de suporte é composta de areia de tamanhos entre 0,3 e 0,5 milímetros e sua principal função manter a espessura uniforme do lodo.

Em intermediária, está localizado um meio filtrante, formado com britas graduadas de 1/8" e 1/4" de tamanho. Logo abaixo, encontra-se presente tubulações perfuradas de 150 ou 200 milímetros formando a camada drenante. Na base deste tipo de unidade tradicionalmente é utilizado o próprio solo, mas também podendo ser de concreto simples.

Figura 7: Esquema ilustrativo de leito de secagem (corte).



Fonte: PROSAB (1999).

Este sistema pode ser afetado pela temperatura, viscosidade do lodo, umidade do ar e ventilação do local. Em condições propícias e com LETA em concentração de sólidos a 1%, este tratamento resulta em 20% de sólidos em um intervalo de 70 a 100 horas. Quando o lodo se encontra com 30 a 40% de umidade, acontece a remoção manual ou mecanizada da torta.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MÉTODOS PARA TRATAMENTO E POTENCIAL REUTILIZAÇÃO DO LODO ORIUNDO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA
Rafael José Martin Biliatto, Vanderlei Cecchini Junior

Outro sistema utilizado que é bastante parecido com os leitos de secagem são as lagoas de lodo. Ela necessita de uma grande área, portanto opta-se por esta unidade quando o custo do terreno para execução for baixo.

O fator mais importante para a desidratação neste tipo de unidade é a evaporação, existindo também as fases de drenagem e transpiração. O tempo entre a entrada do lodo e saída varia bastante, por ter influência das condições climáticas, desde temperaturas, taxa de evaporação e precipitações.

Para o cálculo do seu projeto, leva-se em conta a profundidade e área superficial da lagoa, permeabilidade do solo, clima e características do lodo, tudo para chegar ao menor tempo de operação. O conjunto tem característica de possuir tubulações para a entrada do lodo e saída do decantado, máquinas para remover o material já desidratado e um sistema de bombeamento caso necessário.

Filtração em geotêxtil, este sistema tem sua função efetivada através de uma bolsa composta por manta filtrante. O lodo é inserido nesta bolsa por meio de bombas, provocando alta pressão interna, conseqüentemente este trabalho tem como efeito a separação de uma grande porcentagem da água contida no rejeito, onde a parte sólida fica retida e a líquida escapa por meio dos poros do material.

Este sistema não é muito difundido, porém em estudos mostrou bom resultados, com teores de sólidos em 18,3% ao passar 7 dias de tratamento. Isso se comparados a técnicas mecânicas se mostra de mesma grandeza e utilizando uma quantidade insignificante de energia.

2.3.4 Disposição final e reuso

No Brasil, a maioria das Estações de Tratamento de Água não realizam o tratamento dos resíduos ali gerados, lançando o lodo *in natura* nos corpos de água. Quando a destinação final é apropriada, são utilizados meios para se livrar e não reutilizar do LETA, eles sendo dispostos em terrenos próximos, estações de tratamento do esgoto ou aterros sanitários, para este último caso deve-se conter pelo menos 25% de sólidos.

Hoje, muitas pesquisas buscam maneiras viáveis para o reuso do lodo de ETA, mas sempre encontrando desafios pelas variações neles existentes. Tais variações ocorrem por fatores diversos, entre eles: a qualidade da água bruta que muda dependendo da localização e da época do ano analisada, o tipo de tratamento utilizado e químicos adicionados. Por estes acontecimentos, as empresas têm dificuldade para incorporar tais elementos na mistura de seus produtos, com a insegurança de levar a queda de qualidade.

Como cada região possui características próprias nos corpos hídricos (temperatura, poluição, conservação da mata ciliar), faltam estudos específicos de modo a integrar a engenharia com propriedades do lodo, instrumentação, reuso. Só com tal unidade, seria possível adaptar soluções viáveis para disposição final de lodos específicos (VASCONCELOS *et al.*, 2021).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MÉTODOS PARA TRATAMENTO E POTENCIAL REUTILIZAÇÃO DO LODO ORIUNDO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA
Rafael José Martin Biliatto, Vanderlei Cecchini Junior

Os estudos com alternativas para o reaproveitamento desses resíduos têm como foco a utilização em condicionador de solos agrícolas, cultivos de gramas comerciais, fabricação de concreto não estrutural e cerâmicas vermelhas, compostagem e fazer a recuperação de coagulantes utilizados nas etapas de tratamento da água potável. No entanto, regredimos na condição das características de cada lodo gerado.

Dentre as citadas, a mais contemplada foi a aplicação na construção civil, com a incorporação do lodo na cerâmica vermelha, mas para tal realização precisa de análise de amostras para sua caracterização. Em pontos de vista técnico e econômico, isto torna o processo mais demorado e custoso, o que desacelera a introdução desses produtos no mercado até o aparecimento de novas tecnologias.

3 DISCUSSÃO

Diversas cidades contam com o método de tratamento convencional de água, o tipo que produz lodo nas etapas do seu trabalho, devendo ser tratado e disposto em locais adequados e nas melhores hipóteses serem reutilizados. Na realidade, algumas ETAs despejam os resíduos *in-natura* nos corpos de água, outras levam para ser tratados em estações de tratamento de esgoto, e poucas realmente tratam e buscam a reutilização de tais materiais.

Quando o lodo é atirado em rios sem prévio tratamento, há um grande problema com os animais presentes ali, inibindo o crescimento e ocasionando morte de peixes, micro-organismos e plantas. Já quando encaminhado para ETEs, ocorre uma sobrecarga no trabalho desta unidade, muita das vezes isso só transfere o problema em vez de resolvê-lo, por não ser um sistema eficiente neste tipo de tratamento.

Estações de tratamento de resíduos sólidos, este é o lugar correto a ser direcionado todo o LETA produzido. Nelas contém o aparato para realizar todos os procedimentos de desagüe nos resíduos, chegando ao lodo que possa ser disposto ou reutilizado. Dentre as metodologias para o desagüamento normalmente utilizadas, os sistemas naturais contêm vantagens em comparação aos sistemas mecânicos, isso com a facilidade operacional, e os custos menores desde a implantação até as manutenções. Estes sistemas também são ambientalmente mais favoráveis, pela razão de não utilizar produtos químicos e energia elétrica. Todavia, também tem os aspectos negativos, com a eficiência diminuída com condições climáticas desfavoráveis.

Uma maneira utilizada é o descarte em aterros sanitários, pelo fato de ser um material de características variantes conforme a época do ano, localidade e qualidade da água bruta, dificultando o reuso por não ter padrões de composição. Como novas pesquisas deve-se analisar o que a variação das características do lodo causa na incorporação nas fórmulas de materiais cerâmicos, visto que é a forma mais contemplada para a reutilização de tais resíduos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil, existem grandes problemas em relação à disposição dos resíduos sólidos, tendo o lançamento em rios e lagos. Este descaso acontece pelo fato de Estações de Tratamento de Água
RECIMA21 - Ciências Exatas e da Terra, Sociais, da Saúde, Humanas e Engenharia/Tecnologia



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MÉTODOS PARA TRATAMENTO E POTENCIAL REUTILIZAÇÃO DO LODO ORIUNDO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA
Rafael José Martin Biliatto, Vanderlei Cecchini Junior

antigas não serem construídas pensando no tratamento e na possibilidade da reutilização dos materiais descartados.

O estudo em questão constatou que há a necessidade da diminuição da produção do lodo, além do tratamento desses resíduos, buscando o melhor desenvolvimento do meio ambiente. Isso se dá com a hipótese da criação de uma Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos, entretanto, a viabilidade deste recurso só será confirmada quando o reuso for analisado e comprovado. Esta afirmação está vinculada aos custos da unidade para processos de desaguamento e estabilização do lodo, que necessita de uma renda para manter o funcionamento dos processos.

No momento, tem-se a precisão de iniciar novas pesquisas tecnológicas para que o reuso do lodo possa ser possibilitado de maneira apropriada, algo que ainda não se consegue pelas composições diferentes do lodo a cada período de amostra.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Norma Brasileira de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BRASIL. **Lei 9.433 de 1997 – Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília: Presidência da República Federativa do Brasil, 1997.

BRASIL. **Lei 9.605 de 1998 – Lei dos crimes ambientais**. Brasília: Presidência da República Federativa do Brasil, 1998.

BRASIL. **Portaria nº 2914**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Ministério da Saúde, 2011.

BRASIL. **Resolução CONAMA 237 de 19 de dezembro de 1997**. Brasília, DF: CONAMA, 1997.

CAVINATTO, V. M. **Saneamento Básico**: fonte de saúde e bem-estar. São Paulo: Editora Moderna, 2003.

CORDEIRO, J. S. Importância do Tratamento e Disposição Adequada dos Lodos de ETAs. *In*: REALI, M. A. P. (Coord.). **Noções Gerais de Tratamento de Disposição Final de Lodos de Estações de Tratamento de Água**. Rio de Janeiro: ABES/PROSAB, 1999. p.1-19.

GUEDES, H. A. S. **Sistemas urbanos de água**: Tratamento de água - Material didático. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Brasília: IBGE, 2010.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 4. ed. Campinas: Átomo, 2016.

LOPES, L. N. A. *et al.* Avaliação do desaguamento de lodo de ETA em leito de secagem. *In*: **23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Campo Grande, 2005.

OLIVEIRA, F. R. **Quantificação e Reaproveitamento de Lodos de Saneamento da Estação de Tratamento de Água da Cidade de Votuporanga**. Votuporanga: [s. n.], 2021.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

MÉTODOS PARA TRATAMENTO E POTENCIAL REUTILIZAÇÃO DO LODO ORIUNDO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA
Rafael José Martin Biliatto, Vanderlei Cecchini Junior

REALI, M. A. P. (Coord.). **Noções Gerais de Tratamento de Disposição Final de Lodos de Estações de Tratamento de Água.** Rio de Janeiro: ABES/PROSAB, 1999. p. 21-39.

REALI, M. A. P. Principais Características Quantitativas e Qualitativas do Lodos de ETAs. *In:* REALI, M. A. P. (Coord.). **Noções Gerais de Tratamento de Disposição Final de Lodos de Estações de Tratamento de Água.** Rio de Janeiro: ABES/PROSAB, 1999. p. 21-39.

REALI, M. A. P.; PATRIZZI, L. J. Espessamento de Lodos de ETAs. *In:* REALI, M. A. P. (Coord.). **Noções Gerais de Tratamento de Disposição Final de Lodos de Estações de Tratamento de Água.** Rio de Janeiro: ABES/PROSAB, 1999. p.41-84.

SMOLLEN, M.; KAFAAR, A. Distribuição da água no floco de lodo. *In:* REALI, M. A. P. (Coord.). **Noções Gerais de Tratamento de Disposição Final de Lodos de Estações de Tratamento de Água.** Rio de Janeiro: ABES/PROSAB, 1999. p. 29.

TEIXEIRA, L. C. G. M. Esquema ilustrativo de funcionamento básico de um adensador mecânico de esteira. *In:* REALI, M. A. P. (Coord.). **Noções Gerais de Tratamento de Disposição Final de Lodos de Estações de Tratamento de Água.** Rio de Janeiro: ABES/PROSAB, 1999. p. 45.

VASCONCELOS, A. D. C. *et al.* Análise Bibliométrica: lodo em estações de tratamento de água. *In:* VIDAL, D. (Ed. Chefe). **LETA: 1º encontro nacional de lodo de estação de tratamento de água.** São Paulo: LETA 2021. p.113-127.