



Ministério da Educação – Brasil
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Minas Gerais – Brasil

Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas

Reg.: 120.2.095 – 2011 – UFVJM

ISSN: 2238-6424

QUALIS/CAPES – LATINDEX

Nº. 09 – Ano V – 05/2016

<http://www.ufvjm.edu.br/vozes>

Proposta para dimensionamento de uma Unidade de Tratamento de Resíduos (UTR) para disposição de lodo: um estudo de caso realizado em Estação de Tratamento de Água (ETA) de Ouro Preto - MG

Elton Santos Franco

Doutorando do Programa de Pós-Graduação do DESA/UFMG

Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP

Docente do Instituto de Ciência e Tecnologia – ICET/UFVJM

<http://lattes.cnpq.br/4567279725703307>

E-mail: elton.santos@ufvjm.edu.br

Guilherme Giese Dias Santos

Graduado em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado de Minas Gerais

<http://lattes.cnpq.br/2963261654726249>

E-mail: giesequi@gmail.com

Aline Marques Fernandes Almeida Costa

Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado de Minas Gerais

<http://lattes.cnpq.br/1214550296257131>

E-mail: aline.mfer@gmail.com

Altamir Fernandes de Oliveira

Doutor em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavras - UFLA

Docente do Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia – ICET/UFVJM

Teófilo Otoni – MG – Brasil

<http://lattes.cnpq.br/2974319270935111>

E-mail: altamirf83@gmail.com

Resumo: Este estudo, usando como base a norma da COPAM 153/2010, procurou propor o dimensionamento de uma Unidade de Tratamento de Resíduos – UTR – para tratar o lodo, em forma de massa seca, que foi produzido no ano de 2011, nos decantadores da ETA Funil, que pertence ao Serviço Municipal de Água e Esgoto de Ouro Preto, através de equações empíricas existentes na literatura, e também teve como objetivo propor uma destinação adequada ao resíduo gerado. No desenvolvimento foram utilizados dados reais de operação da ETA Funil aplicados a fórmulas empíricas para determinar a quantidade de lodo produzido. Os resultados apontaram que a metodologia aplicada ajudou a dimensionar de maneira mais eficiente os leitos de secagem da UTR para o tratamento do lodo.

Palavras-chave: Lodo. Tratamento e disposição final dos resíduos. Dimensionamento.

Introdução

O consumo de água potável no Brasil vem obtendo um crescimento devido ao aumento populacional acentuado e desordenado nos centros urbanos, o que implica na conscientização do uso correto e da conservação da água. A poluição dos recursos hídricos por resíduos que são descartados no cotidiano também merece atenção. Por este motivo, pesquisas relacionadas aos tipos adequados de tratamento e disposição dos resíduos gerados nas Estações de Tratamento de Água (ETA) são de extrema importância.

De acordo com Achon et al. (2013), no Brasil existem cerca de 7.500 estações de tratamento de água (ETAs) projetadas, em sua grande maioria, com ciclo completo, que inclui coagulação, floculação, decantação e filtração. Porém, hoje em dia certamente esse número se encontra mais elevado. Segundo Ribeiro (2007), tal sistema gera dois tipos principais de resíduos, que são a água de lavagem dos filtros e o lodo dos decantadores, sendo que para esse último ainda não há uma solução definitiva para o seu tratamento e destinação final. Com relação ao lodo gerado no processo de decantação, Franco (2009) o menciona como principal resíduo de uma ETA e tem sido alvo de diversos estudos de caracterização qualitativa e quantitativa que buscam uma solução sustentável para o despejo, pois em muitas estações o lodo é lançado diretamente no corpo hídrico sem nenhum tipo de tratamento prévio.

Quanto à classificação, apesar do aspecto aquoso dos resíduos de uma ETA, a NBR 10004 (ABNT, 2004) os classifica como resíduos sólidos, de modo que tais resíduos devem ser devidamente tratados e dispostos sem provocar danos ao meio ambiente. (DI BERNARDO, 2008; SABOGAL PAZ, 2008)

A maioria das Estações de Tratamento de Água não possui unidades de tratamento e gestão dos resíduos gerados, logo, pela falta de adequações e estudos sobre o assunto lançam seus resíduos em cursos d'água, indo na contra-mão a legislação em vigência, causando impactos diretos ao ambiente, além de causar riscos à saúde humana pela existência de agentes patogênicos e metais pesados.

É necessário que haja mais estudos e tecnologias empregadas no tratamento de água com maior eficiência nas unidades de tratamento no que se refere a quantidade de dosagem dos produtos químicos e as condições de manutenção e operação, fazendo desses elementos determinantes para a variação da composição dos resíduos gerados nas ETAs e adequar o tratamento destes para não afetar a qualidade dos corpos receptores.

Pela falta de lei específica para adequar os tratamentos e destinação do lodo, no ano de 2013 houve a alteração da Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Política Ambiental, COPAM nº 153 de 26 de Julho de 2010, que define prazos para que as estações de tratamento do Estado de Minas Gerais disponham de instalações de Unidade de Tratamento de Resíduo (UTR), recomendando que elas façam o levantamento das características qualitativas e quantitativas do lodo produzido em seus sistemas e adotem tecnologias aplicáveis para o tratamento dos resíduos (ABES – MG, 2013).

As características e quantidades dos resíduos gerados são obtidas em função do tipo de tratamento de água adotado, das características da água bruta, das dosagens e produtos químicos utilizados, bem como o tempo de detenção do lodo nos decantadores (RIBEIRO, 2007). Há na literatura diversas formas de quantificar o lodo gerado nas estações de tratamento de água e a forma de utilizar o balanço de massa na estação estudada bem como o uso de equações empíricas.

Com base no assunto, Franco (2009) estudou em duas Estações de Tratamento de Água, do município de Ouro Preto, ETA Funil e ETA Seminário, a relação de turbidez e cor da água e coagulantes com a quantidade de lodo gerada em peso seco por unidade de volume, além de obter as curvas de dosagens ótimas

de coagulantes com a turbidez da água bruta. O estudo forneceu, por meio de equações, a relação entre a quantidade de lodo gerado nos decantadores com a turbidez da água bruta e as dosagens ótimas dos coagulantes utilizados nas Estações de Tratamento em questão.

Logo, a partir de dados reais, a presente pesquisa tem como objetivo fornecer informações sobre a adequação e cumprimento da DN COPAM Nº 153/10, contribuindo para os estudos dos dimensionamentos das UTR's. De acordo com a DN Nº 153/10, “[...] ETAs com capacidade de tratamento superior a 20 L.s^{-1} até 100 L.s^{-1} , devem formalizar, até dezembro de 2020, o processo de regularização ambiental da ETA com a UTR” (MINAS GERAIS, 2013). Com isso, a ETA Funil, por apresentar vazão nominal de 60 L.s^{-1} , fica obrigada a tratar e destinar corretamente os resíduos produzidos no processo de tratamento que podem ser a água da lavagem dos filtros e o lodo dos decantadores.

Metodologia

Para o desenvolvimento do estudo, os dados operacionais da ETA Funil de Ouro Preto foram disponibilizados pela autarquia SEMAE. Os dados foram referentes a 2011 porque até a data de execução do estudo, os dados dos anos mais recentes não estavam disponíveis, pois os mesmos ainda estavam sendo transportados para planilhas eletrônicas, tendo em vista que eram registrados manualmente em cadernos pelos operadores. Tais dados contemplam: planilhas de controle e registros operacionais que contemplam a vazão de entrada da água, dosagem do coagulante, turbidez, cor e pH, tanto da água bruta, quanto da água tratada, em intervalos de 2 horas. A vazão nominal da estação é de 60 L.s^{-1} e a geração de resíduos ocorrem nas etapas de decantação e filtração.

Até o final da década passada o sistema de operação da ETA Funil ocorria de forma não otimizada por possuir equipamentos sem eficiência, calibragem incorreta, falta de manutenção, maquinários obsoletos e operadores sem treinamento adequado. Sendo assim, foi feita uma análise dos dados para encontrar erros que poderiam distorcer os resultados do estudo.

Para quantificar os sólidos totais, foram escolhidas equações de estudos anteriores, para se comparar os resultados obtidos. Foi considerada a vazão, em

cada intervalo de duas horas, para a produção de sólidos totais, e não a média diária conforme realizado no estudo anterior.

Com a finalidade de comparação, as equações foram separadas entre as que apresentavam somente a turbidez como variável (Equações 1 e 2), sem a etapa de coagulação e, entre as que apresentavam a turbidez, dosagem e fator K como variáveis (Equações 3 e 4), com a etapa de coagulação, sendo o valor de K utilizado igual a 0,66. As Equações utilizadas estão descritas a seguir:

American Water Works Association – AWWA (1996) apud Ribeiro (2007):

$$P = 3,5 \times T^{0,66} \quad (1)$$

Sendo:

P: Produção de sólidos (g de matéria seca . m⁻³ de água tratada)

T: Turbidez da água tratada (uT)

Franco (2009):

$$P = 2,1786 \times T^{0,8653} \quad (2)$$

Kawamura (1991) apud Reali (1999):

$$P = (1,5 \times T + K \times D) \quad (3)$$

Sendo:

D: Dosagem do coagulante (mg.L⁻¹)

K: Relação estequiométrica na formação do precipitado de hidróxido, no qual:

K = 0,66 (cloreto férrico anidro)

Franco (2009):

$$P = 0,0009 \times T^2 + \frac{[(K \times D + 11,52) \times T + K \times D + 14258]}{130} \quad (4)$$

Existem equações para se calcular a quantidade de lodo produzido nos decantadores, levando-se em consideração a volatilização da matéria orgânica. Tais equações foram utilizadas para se determinar a quantidade de lodo, e a influência dos sólidos voláteis, na ETA Funil. Foram utilizadas as equações de Franco (2009), pois até o momento não há na literatura equações capazes de quantificar os sólidos voláteis. Sendo assim, as equações do referido autor devem ser comparadas com as equações dos sólidos totais do próprio autor. As equações estão descritas a seguir:

Franco (2009):

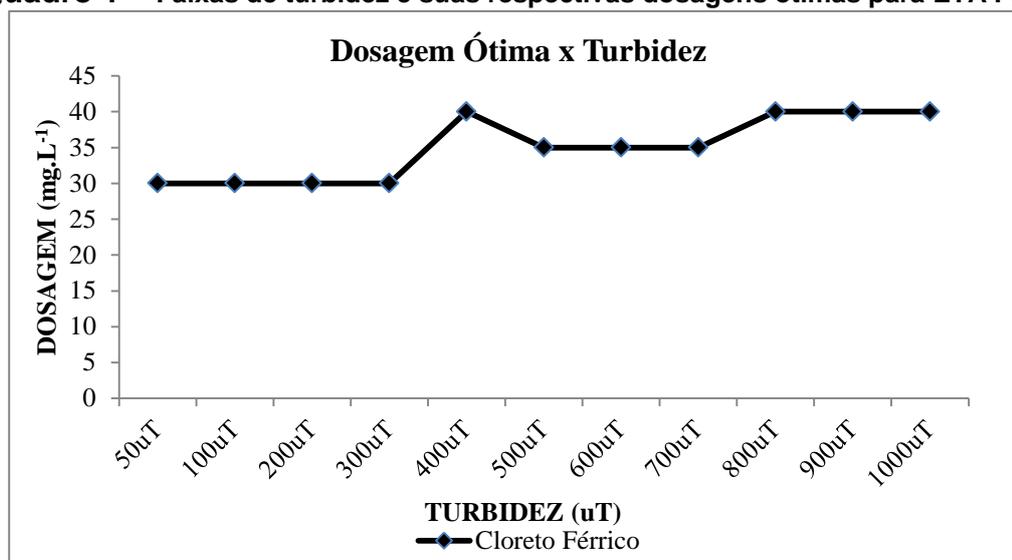
$$P_{sv} = 2,4073 \times T^{0,5056} \quad (5)$$

Sendo:

P_{sv} : Produção de sólidos voláteis (g.m^{-3})

$$P_{sv} = 0,0004 \times T^2 + \frac{[-(K \times D - 8,747) \times T + K \times D + 8727]}{130} \quad (6)$$

Para se determinar a dosagem do coagulante a ser utilizado nas fórmulas em que se há a necessidade de fazê-lo, foram utilizadas valores obtidos pelos estudos de Franco (2009), onde o mesmo determinou a dosagem ótima do coagulante cloreto férrico para determinadas faixas de turbidez da água bruta, na ETA Funil, através de ensaios de bancadas, como o *Jar Test*. Esse estudo é de suma importância para se determinarem os valores pontuais para a aplicação do coagulante, o que evitam excessos, reduzem os resíduos produzidos e aumenta a eficiência do tratamento. O Quadro 1 mostra as faixas de turbidez e as suas dosagens ótimas.

Quadro 1 – Faixas de turbidez e suas respectivas dosagens ótimas para ETA Funil

Fonte: Adaptado de Franco (2009, p.71)

Foram utilizados dados de 10 meses do ano de 2011 para a realização dos cálculos. Os meses de fevereiro e maio não foram inseridos porque os dados não estavam disponíveis. Na estação de tratamento, os dados são coletados em um intervalo de duas horas, e os cálculos foram executados para cada intervalo do dia.

Os valores de turbidez utilizados nos cálculos foram obtidos fazendo-se uma média da turbidez dos decantadores 1 e 2, e subtraindo-se o resultado da turbidez da água bruta. O valor encontrado foi aplicado nas fórmulas, anteriormente citadas, e os resultados gerados foram multiplicados pela vazão horária correspondente, obtendo-se uma produção de massa seca (sólidos totais) por unidade de tempo. Logo após, foi calculada a produção para um intervalo de 02 horas, possibilitando fazer o somatório dos intervalos de cada dia e posteriormente para cada mês. Os resultados obtidos foram convertidos da unidade grama para tonelada.

Para comparar a quantidade de sólidos totais, levando-se em consideração apenas a turbidez da água bruta, foram utilizadas e comparadas as Equações 1 e 2. A determinação dos sólidos totais, em que são utilizadas dosagens do coagulante cloreto férrico, foram empregadas e comparadas as Equações 3 e 4. Já para a determinação da quantidade dos sólidos voláteis, com ou sem a dosagem do coagulante, foram utilizadas as Equações 5 e 6. Para a execução dos cálculos e confecção dos gráficos, foi utilizado o *software Excel 2010*, e os dados disponibilizados pelo SEMAE – Ouro Preto do ano de 2011.

A análise dos dados das planilhas foi realizada apenas com aquelas que não apresentavam incoerências ou que possuíam dados completos. Estas falhas nas planilhas podem ser explicadas por desatenção, ou falta de capacitação dos funcionários responsáveis pelo monitoramento, e até mesmo por aparelhos obsoletos que não entregam os dados corretamente para a análise. Estes erros encontrados nas planilhas impossibilitaram a realização dos cálculos com todos os intervalos do dia. Para tais dias, foi considerado o acúmulo de horas com dados consistentes. Os meses de junho, julho, agosto e setembro apresentaram poucos intervalos considerados, pois, os valores de turbidez nesses meses foram baixos. O que pode ser explicado pelo baixo índice pluviométrico da região durante esse período.

Com o objetivo de se realizar uma comparação, foram aplicadas as equações com e sem o uso do coagulante cloreto férrico, para observação da influência da dosagem na estimativa de lodo em massa seca, durante o ano de 2011, na forma de sólidos totais, como também a produção de sólidos voláteis. A sequência de cálculos é descrita a seguir, levando-se em consideração que serão aplicados da mesma forma para todos os estudos.

- Aplicação das equações
- Realização da média da turbidez dos decantadores de acordo com os valores apontados na tabela do dia em estudo
- Determinação da turbidez a ser utilizada
- $\text{Turbidez} = \text{Turbidez da água bruta} - \text{Média da turbidez dos decantadores}$
- Determinação da produção de sólidos totais através das equações aplicadas
- Transformação da unidade metro cúbico para litro
- Multiplicação pela vazão
- Determinação da produção de sólidos totais em duas horas
- Transformação da unidade grama para tonelada

Esta sequência de cálculos foi feita para cada intervalo do dia considerado, e a soma dos mesmos gerou o valor de sólidos totais ou sólidos voláteis produzidos no mês.

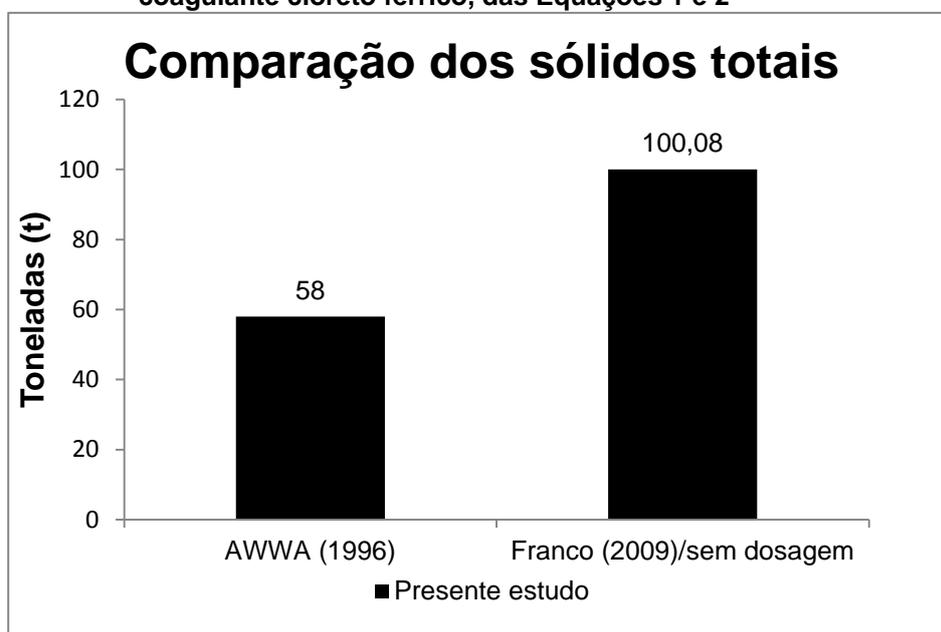
Por fim, com base em seus objetivos este estudo tem a característica de uma pesquisa exploratória, pois busca contribuir para um problema atual, a partir de requisitos legais vigentes, e, além disso, quanto aos procedimentos técnicos caracteriza-se como uma pesquisa documental e estudo de campo, pois foram feitas buscas de dados junto aos órgãos e instituições competentes, bem como visitas técnicas e de confirmações de campo (GIL, 2007).

Resultados e Discussão

Para cada situação aqui proposta, foram gerados quadros para comparar a produção de sólidos totais ou voláteis do presente estudo usando as equações descritas.

O Quadro 2 compara os resultados para sólidos totais, sem aplicação da dosagem do coagulante, das Equações 1 e 2.

Quadro 2 – Comparativo entre a produção de sólidos totais sem a dosagem do coagulante cloreto férrico, das Equações 1 e 2



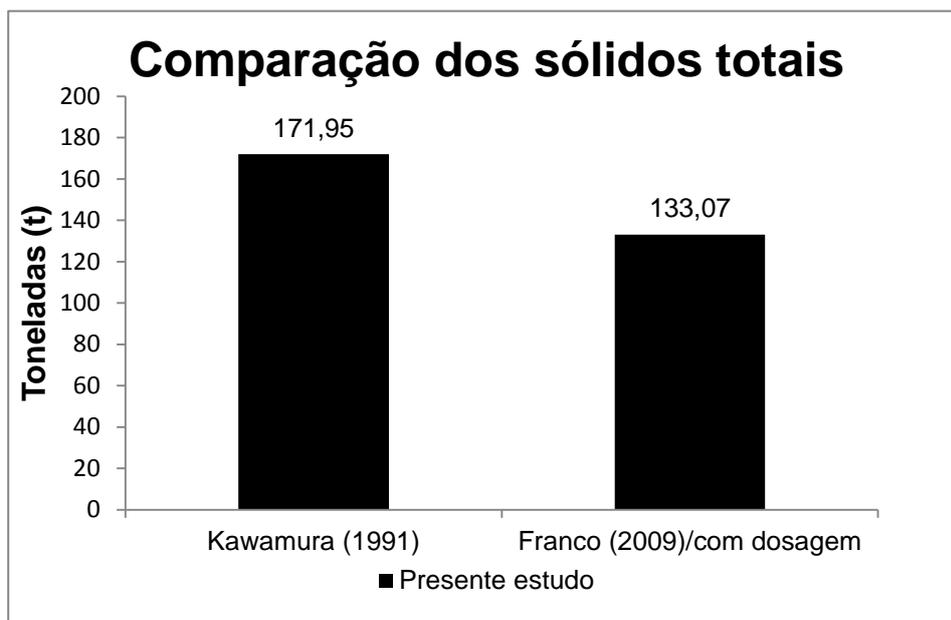
Fonte: Elaborado pelos autores, 2015

Os resultados deste mostram uma produção superior de sólidos totais usando-se a Equação 2 em comparação com a Equação 1, com porcentagem de

72%, para a Equação de Franco (2009) a mais do que de AWWA (1996) apud Ribeiro (2007).

O Quadro 3 compara os resultados para sólidos totais, com aplicação da dosagem do coagulante, das Equações 3 e 4.

Quadro 3 – Comparativo entre a produção de sólidos totais com a dosagem do coagulante cloreto férrico, das Equações 3 e 4



Fonte: Elaborado pelos autores, 2015

Os resultados para as equações que utilizam a dosagem do coagulante mostram uma produção superior de sólidos totais para a Equação 3 em comparação com a Equação 4, com porcentagem de 29% a mais de produção, para a Equação de Kawamura (1991) apud Reali (1999).

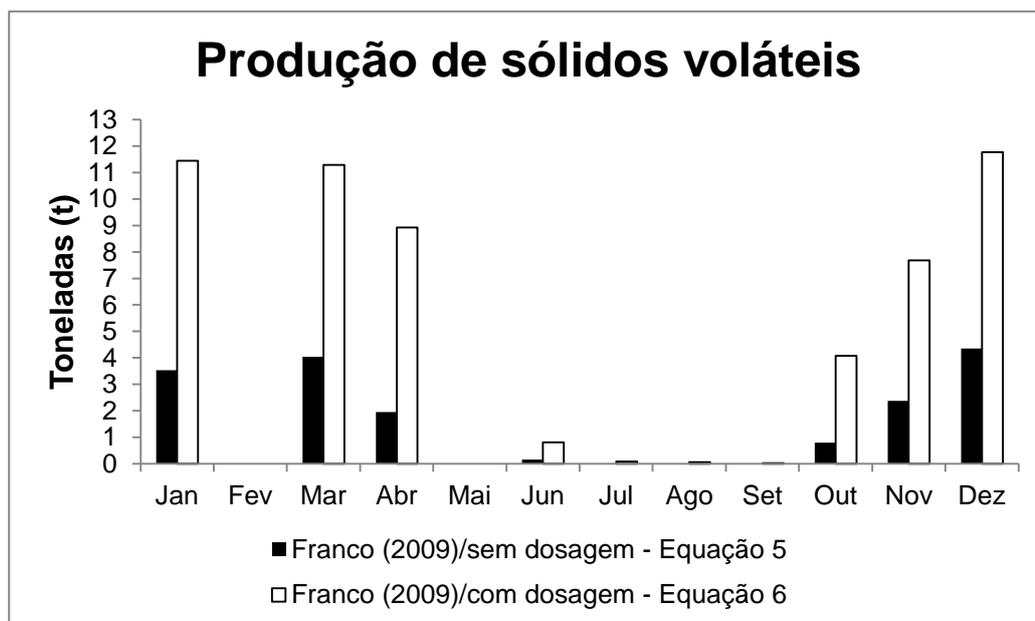
A ETA Funil utiliza dosagens do coagulante na etapa de coagulação, quando a turbidez da água bruta aumenta significativamente. Sendo assim, as equações que levam em consideração a dosagem do coagulante são mais aconselháveis para quantificar o lodo produzido na estação.

Comparando tais equações, recomenda-se a utilização da equação de Franco (2009) para dimensionar a UTR da ETA Funil, pois, leva em consideração aplicações de dosagens ótimas do coagulante, obtidas através de ensaios de *Jar-Test* com águas brutas naturais do manancial utilizado para captação.

Em seus estudos, Franco (2009) levou em consideração a volatilização da matéria orgânica que é perdida ao longo do tempo de detenção no decantador, para determinar com precisão o valor real da estimativa da massa seca. Sendo assim, foi possível quantificar a massa seca na forma de sólidos fixos.

Para quantificar os sólidos fixos, foi feita a subtração entre os valores de sólidos totais e sólidos voláteis. O Quadro 4 a seguir compara a produção de sólidos voláteis entre a Equação 5 de Franco (2009), que não leva em consideração a dosagem ótima do coagulante cloreto férrico, com a Equação 6 que considera tal parâmetro.

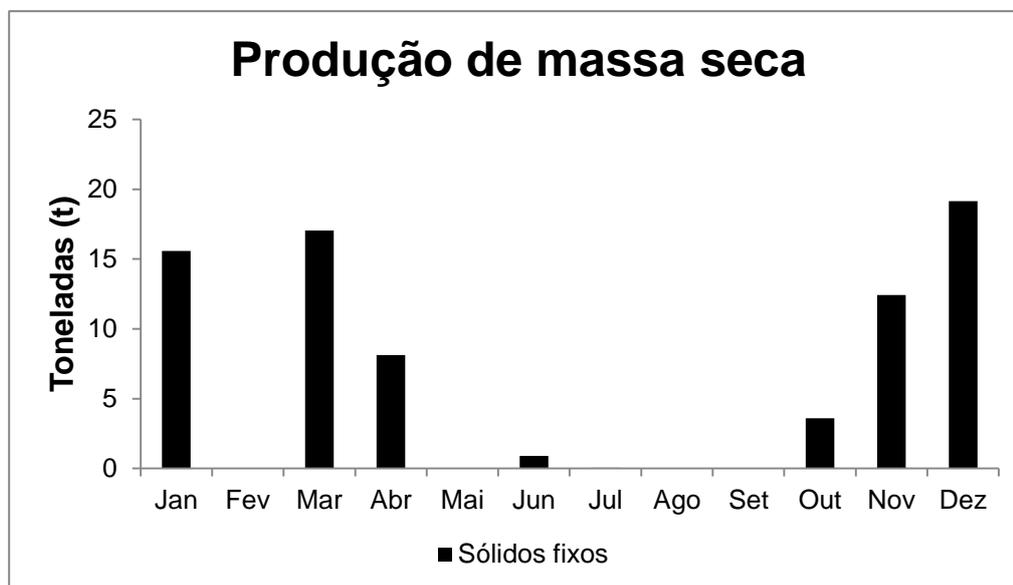
Quadro 4 – Comparação entre a produção de sólidos voláteis com e sem a dosagem do coagulante cloreto férrico



Fonte: Elaborado pelos autores, 2015

Após a análise da produção de sólidos voláteis, verificou-se a influência na quantificação do lodo gerado na ETA Funil. O estudo apontou que 42% dos sólidos totais eram perdidos por volatilização, de acordo com a diferença entre os resultados da Equação 4 e a Equação 6.

Assim, para o dimensionamento da UTR, considera-se o lodo em massa seca na forma de sólidos fixos, que é a diferença entre os sólidos totais (Equação 4) e os sólidos voláteis (Equação 6) com a dosagem do coagulante cloreto férrico, segundo o Quadro 5.

Quadro 5 – Produção de lodo representada na forma de sólidos fixos

Fonte: Elaborado pelos autores, 2015

Dessa forma, a quantidade do lodo gerado no ano de 2011, representado por sólidos fixos, encontra-se na Tabela 1, abaixo:

Tabela 1 - Produção de sólidos no ano de 2011

| Produção de sólidos em toneladas (t) | | | |
|--------------------------------------|----------------|------------------|---------------|
| Total | Sólidos totais | Sólidos voláteis | Sólidos fixos |
| | | 133,07 | 56,14 |

Fonte: Elaborada pelos autores, 2015

O dimensionamento da UTR da ETA Funil, para os dados do presente estudo, foi feita de acordo com o que é preconizado pela normativa do COPAM nº 153/2010.

O procedimento para dimensionar os leitos de secagem para ETA Funil segue a metodologia de Richter (2001), com os parâmetros adotados:

- Concentração de sólidos (C) = 2,5%;
- Densidade do lodo (δ_L) = 1.800 kg.m⁻³;
- Densidade da água (δ) = 1.000 kg.m⁻³;
- Profundidade útil do leito (H) = 0,48 m;
- Número de aplicação (n) = 3 (4 meses de produção).

Após a realização dos cálculos do dimensionamento dos leitos de secagem por meio do método de Richter (2001), observou-se que cada leito terá a capacidade de armazenamento individual de 103,68 m³, atendendo a demanda total de 1,0143 x 10³ m³ para 10 leitos projetados, totalizando 1,0368 x 10³ m³. O projeto utiliza uma área total 2812 m² para sua implantação, por conter 10 leitos projetados com uma plataforma para circulação, manutenção dos tanques e coleta de materiais de 2 m entre elas. Contudo, podem-se projetar plataformas menores, com pelo menos 1 m de afastamento entre os tanques quando necessário por economia de espaço.

É importante que estudos como o de Franco (2009) sejam realizados constantemente nas ETAs espalhadas pelo Brasil, pois, através do conhecimento detalhado do comportamento da ETA e da modelagem de equações que descrevam com maior fidelidade o que acontece no tratamento, pode-se otimizar o uso de coagulantes e reduzir a geração de lodo nas estações.

Hoje em dia existem estudos para a utilização do lodo na fabricação de tijolos e cerâmica, como o estudo de Teixeira et al. (2006) que concluiu que a incorporação, em materiais cerâmicos, dos lodos de ETAs que utilizam coagulantes férricos obtêm melhores resultados em termos das propriedades físicas e tecnológicas do que aqueles que utilizam o coagulante a base de alumínio. Porém, é necessário que seja feita a caracterização física do solo e do lodo da ETA, para definir características como: umidade, granulometria, compactação, entre outras, o que não seria viável no caso da ETA Funil, por não possuir meios de fornecer as informações necessárias e custear o investimento nestas análises.

Uma segunda opção provável para a destinação final do resíduo gerado é a sua utilização em estações de tratamento de esgotos com reatores anaeróbios do tipo UASB, como sugerido por Alvarez Rosário (2007). Porém esta alternativa, para a ETA Funil também se mostra inviável, pois as ETEs da região se encontram distantes, e o custo e a logística do deslocamento tornaria o processo oneroso para a estação.

Para uma melhor compreensão do comportamento da geração de lodo na ETA Funil, sugere-se que sejam feitos os cálculos utilizando-se informações de anos posteriores nas equações sugeridas neste estudo, não disponibilizadas durante a execução do trabalho.

Conclusão

Com base nos estudos realizados pela ETA Funil, nota-se a importância de determinar as características da água bruta para a escolha do coagulante mais eficiente para os tratamentos que possuem o ciclo completo e sua dosagem ótima. Na ETA Funil não foi possível obter os parâmetros de cor, turbidez, sólidos presentes na água e a dosagem ótima do coagulante utilizado.

Observa-se também a necessidade da implantação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) nesta estação para que o processo de obtenção de dados seja realizado de forma correta, evitando erros como os apontados nas planilhas utilizadas no estudo. O investimento na capacitação dos funcionários é de extrema importância para que haja uma melhora na eficiência com que a ETA trabalhe, para assim minimizar a produção de lodo e o gasto com coagulantes.

Foi possível perceber que o coagulante cloreto férrico, mesmo tendo um custo mais elevado, pode resultar em profícuos benefícios no tratamento da água e as propriedades contidas nos resíduos gerados trazem vantagens nas características químicas e físicas, proporcionando variáveis formas de utilização dos resíduos como subprodutos.

Segundo Pádua e Bernardo (2000), o cloreto férrico apresenta o dobro de carga positiva por peso de coagulante comparado ao sulfato de alumínio, possibilitando que a remoção de algumas impurezas existentes na água seja obtida com a metade da dosagem do coagulante sulfato de alumínio. Mais uma vez comparado ao sulfato de alumínio, a utilização do cloreto férrico acarreta em gradientes de velocidade de floculação ótimos mais elevados, em função do peso molecular do metal, aumentando a densidade dos flocos, além de diminuir a turbidez, DBO e a eliminação de fosfatos na água.

Vale ressaltar que o estudo de Franco (2009), possui grande importância nas equações que foram determinadas para quantificar os sólidos totais e voláteis, considerando o coagulante mais adequado para o tratamento que a ETA necessita. Este estudo proporcionou, de forma mais autêntica, o volume do lodo gerado na ETA Funil, diferente de outras fontes que, na maioria das vezes, exige as características da água e do coagulante empregado para obter os resultados.

Considerando os resultados obtidos, propõe como tratamento mais viável ao lodo da estação, o leito de secagem e para disposição final dos resíduos gerados, por não ser viável a implantação em estações de tratamento de esgotos com reatores anaeróbios UASB, orienta-se o despejo do mesmo em aterros sanitários.

Referências

ACHON, C. L; BARROSO, M. M; CORDEIRO, J. S. *Resíduos de estações de tratamento de água e a ISSO 24512: desafio do saneamento brasileiro*. Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 115-122, 2013.

ALVAREZ ROSARIO, C. G. *Avaliação da disposição de lodo gerado numa estação de tratamento de água em reator anaeróbio de fluxo ascendente e manto de lodo UASB*. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. COPAM aprova prazos para licenciar UTRs das ETAs. Belo Horizonte: ABES –MG, 2013. Disponível em: <http://www.abes-mg.org.br/visualizacao-das-noticias/pt-br/ler/3988/copam-aprova-prazos-para-licenciar-utrs-das-etras>. Acesso em: 10 junho. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: *Resíduos sólidos – Classificação*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT: *Sistemas de Gestão Ambiental – especificação e diretrizes para uso: NBR ISSO 14001:1996*. Rio de Janeiro, 1996.

DI BERNARDO, L.; SABOGAL PAZ, L. P. *Seleção de tecnologias de tratamento de água*. São Carlos: Editora LDIBE LTDA, vol.2, 2008.

FRANCO, E. S. *Avaliação da influência dos coagulantes sulfato de alumínio e cloreto férrico na remoção turbidez e cor da água bruta e sua relação com sólidos na geração de lodo em estações de tratamento de água*. 187 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 2009.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

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. Diário Oficial, Belo Horizonte, 21 fev. 2013.

PÁDUA, V. L.; BERNARDO, L. *Método Comparativo do Tamanho dos Flocos Formados após a Coagulação com Sulfato de Alumínio e Cloreto Férrico*. In: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 2000, Porto Alegre - RS. Anais Eletrônicos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000.

REALI, M. A. P.(Coord.). *Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água*. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

RELATÓRIO DIÁRIO DE ETA. Serviço Municipal de Água e Esgoto de Ouro Preto – SEMAE. 2011.

RIBEIRO, F. L. de M. *Quantificação e Caracterização química dos resíduos da ETA de Itabirito – MG*. 115 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 2007.

RICHTER, C. A. *Tratamento de lodos de estações de tratamento de água*. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 2001.

SERVIÇO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO DE OURO PRETO. Estações de Tratamento. Disponível em: <http://www.semaeop.mg.gov.br/estacoes-de-tratamento>. Acesso em: 26 abr. 2015.

TEIXEIRA, S. R.; DE SOUZA, S. A.; DE SOUZA, N. R.; ALÉSSIO, P.; SANTOS, G, T, A. *Efeito da adição de lodo de estação de tratamento de água (ETA) nas propriedades de material cerâmico estrutural*. São Paulo, v. 52, n. 323, Set. 2006 . Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132006000300016&lng=en&nrm=iso. Acesso em 23 de março de 2015.

Processo de Avaliação por Pares: (*Blind Review* - Análise do Texto Anônimo)

Publicado na Revista Vozes dos Vales - www.ufvjm.edu.br/vozes em: 14/06/2016

Revista Científica Vozes dos Vales - Ufvjm - Minas Gerais - Brasil

www.ufvjm.edu.br/vozes

www.facebook.com/revistavozesdosvales

UFVJM: 120.2.095-2011 - QUALIS/CAPES - LATINDEX: 22524 - ISSN: 2238-6424

Periódico Científico Eletrônico gratuito (Acesso Aberto) divulgado nos programas brasileiros

Stricto Sensu (Mestrados e Doutorados) e em universidades de 38 países,

em diversas áreas do conhecimento.