

ESTIMATIVA DA MASSA SECA DE LODO E CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (Estudo de Caso ETA de LUZIMANGUES)

Roberto José Duarte Neto¹, Rodrigo Folha Moreira², Giulliano Guimarães Silva³, Sérgio Carlos Bernardo⁴

¹Estudante do Curso Superior de Engenharia Civil – IFTO. Bolsista do Programa de Iniciação Científica. e-mail: <robertoduarte.eng@gmail.com>;

²Estudante do Curso Superior de Engenharia Civil – IFTO. Bolsista do Programa de Iniciação Científica. e-mail: <rodrigofomo@gmail.com>;

³Engenheiro Ambiental – Doutor em Tecnologia Ambiental – Professor no IFTO. e-mail: <giullianogsilva@gmail.com>;

⁴Engenheiro Ambiental – Doutor em Tecnologia Ambiental – Professor na UFT. e-mail: <sergiocbq@gmail.com>.

Resumo: Para que a população tenha acesso à água tratada conforme o padrão de potabilidade (Anexo XX da Portaria de Consolidação nº5, Ministério da Saúde), geralmente a água bruta deve passar por uma Estação de Tratamento de Água (ETA). Nela, passa por vários processos e operações unitárias. Durante esses, são produzidos lodos de variadas composições que pode ser tóxico, apresentar grande quantidade de água e baixos teores de sólidos, dificultando seu manejo para transporte e disposição adequada. Foram realizadas as análises de Turbidez e Sólidos Suspensos Totais (SST) para caracterizar o lodo gerado no processo de descarga e de lavagem dos filtros da ETA Luzimangues, de acordo com os Boletins de Coleta de Dados Operacionais. Segundo estes, 100% dos valores diários de turbidez da água bruta ficaram abaixo de 30 uT. A concentração média de SST na descarga do Filtro Ascendente de Pedregulho (FAP) foi de 380 mg/L e Turbidez de 399 uT. A concentração média do SST na água de lavagem dos FAP e Filtro Rápido Descendente (FRD) foram de 192 mg/L e 90,3 mg/L. A concentração média de Turbidez na água de lavagem dos FAP e FRD foram de 126 uT e 54,8 uT. A produção crítica diária de massa seca foi 0,008 t/dia e produção anual foi de 1,7 t/ano. A análise dos Boletins mostrou que a água bruta de entrada no sistema possui uma boa qualidade e aliada a vazão de operação da ETA faz que com a produção de massa seca de lodo seja relativamente pequena.

Palavras-chave: estação de tratamento de água, lodo, massa seca, saneamento

1 INTRODUÇÃO

Para que a população tenha acesso à água tratada conforme o padrão de potabilidade (Anexo XX da Portaria de Consolidação nº5), geralmente a água bruta deve primeiramente passar por uma Estação de Tratamento de Água – ETA. Na ETA, a água bruta passa por vários processos e operações unitárias, até que atinja aos padrões qualidade compatível para o consumo humano.

Durante esse processo são produzidos resíduos (lodos) que variam de acordo com o tipo e quantidade de produto químico adicionado e as características do manancial de captação. Segundo Ritcher, o lodo gerado pode ser tóxico e apresentar grande quantidade de água e baixos teores de sólidos, o que dificulta seu manejo para transporte e disposição adequada, fazendo com que a maioria das ETAs lance seus lodos diretamente em corpos d'água, causando uma série de problemas ambientais.

O lodo de ETA possui um alto poder impactante devido as suas características qualitativas e quantitativas derivadas dos produtos químicos utilizados durante o processo de tratamento, como o

sulfato de alumínio que é utilizado na etapa de coagulação. O uso do sulfato de alumínio tem como consequência a presença de metais no lodo de ETA, que é responsável por causar diversos impactos ambientais.

Portanto, analisando toda a problemática que envolve o lodo gerado em uma ETA, ou seja, o lodo proveniente do sistema de tratamento de água, este trabalho visa realizar em escala real ensaios para a caracterização dos lodos gerados nos filtros na Estação de Tratamento de Água Luzimangues do município de Porto Nacional - TO, assim como estimar a massa seca gerada do processo de tratamento, a fim de subsidiar nas decisões relacionadas ao tratamento e disposição final do lodo.

2 METODOLOGIA

2.1 Caracterização da Estação de Tratamento de Água Luzimangues

Este trabalho foi realizado na Estação de Tratamento de Água Luzimangues, localizada no município de Porto Nacional, Distrito de Luzimangues - TO é administrada pela empresa BRK Ambiental|Saneatins - Companhia de Saneamento do Tocantins.

Segundo informações da BRK Ambiental|Saneatins a Estação de Tratamento de Água Luzimangues em Porto Nacional - TO possui uma vazão média de 14 L/s, e período de operação médio diário de 7 horas, atende a população do Distrito de Luzimangues - TO, cerca de vinte mil habitantes. O Distrito de Luzimangues é localizado no município de Porto Nacional - TO, mas está próximo a capital Palmas, aproximadamente a uma distância de 10 km.

A captação superficial da água bruta é realizada no Lago de Palmas, formado pela construção da Hidrelétrica Luis Eduardo Magalhães no Rio Tocantins. A ETA de Luzimangues possui o sistema de tratamento de Dupla Filtração, sendo composta por um Filtro Ascendente de Pedregulho - FAP e um Filtro Rápido Descendente – FRD.

2.1.1 Caracterização de água bruta de entrada da ETA

A caracterização da água bruta foi obtida através dos boletins de coleta de dados operacionais, que são os registros de monitoramento da BRK Ambiental|Saneatins, referente ao período de agosto de 2018 a julho de 2019. Foi realizado um levantamento diário dos dados de turbidez da água bruta e dosagens de produtos químicos utilizados na ETA no processo de tratamento.

2.1.2 Estimativa da massa seca de lodo gerado na ETA a partir da caracterização da água bruta

Foi utilizada a metodologia proposta por Di Bernardo e Dantas (2005), onde se utilizou equações empíricas para a determinação da quantidade total de sólidos gerados na ETA, tais equações con-

sideram alguns parâmetros de qualidade de água bruta e dosagens de produtos químicos conforme a equação 1:

$$P_{ss} = Q * (4,89 * D_{al} + SST + D_p + D_{cap} + 0,1 * D_{cal}) * 10^{-3}$$

Em que:

P_{ss} = produção de SST (kg/d);

Q = vazão de água bruta a ser tratada (m³/d);

D_{al} = dosagem de sulfato de alumínio (mg Al/L) = 15 mg/L,

SST = concentração de sólidos suspensos totais na água a ser tratada (mg/L)

D_p = dosagem de polímero seco (mg/L) = 0 mg/L;

D_{cap} = dosagem de carvão ativado em pó (mg/L) = 0 mg/L;

D_{cal} = dosagem de cal hidratada (mg/L) = 0 mg/L;

Para estimar a geração diária crítica de massa seca, foi realizado um levantamento da qualidade da água bruta no período agosto de 2018 e julho de 2019 para determinação do valor médio diário de turbidez de um dia crítico (dia de chuva intensa). Depois de encontrado o valor médio de turbidez do dia de chuvas intensas, foi verificada as dosagens de produtos químicos necessárias para tratar a água com tal turbidez. Serão utilizadas 3 condições de vazões de operação da ETA. Através desses dados, utilizando a equação 1 acima, será possível estimar a geração diária de massa seca para cada vazão de operação.

Para a estimativa de geração anual de massa seca foi utilizado o estudo de frequência de valores máximos de turbidez obtidos da análise dos dados de operação do período de agosto de 2018 e julho de 2019. Foram verificadas as dosagens de produtos químicos necessários para tratar a água com diferentes turbidez. Também serão utilizadas 3 condições de vazões de operação. Com esses dados e com auxílio da equação 1, estimou-se os valores anuais de massa seca de lodo para as diferentes vazões de tratamento da ETA Luzimangues. Como a concentração de Sólidos Suspensos Totais da água bruta afluente à ETA Luzimangues não é monitorada serão usados os dados operacionais de turbidez da água bruta para estimar a concentração de SST na água bruta. A concentração de SST será estimada pela turbidez através da equação 2:

$$SST = a * turbidez$$

Onde:

SST: concentração de sólidos suspensos totais gerados na ETA (mg/L);
a: coeficiente a ser determinado experimentalmente (coeficiente que varia de 0,5 a 2,0) (Di Bernardo e Dantas, 2005).

2.1.3 Caracterização do Lodo Gerado nos Filtros

A caracterização do lodo dos processos de descarga e lavagem do Filtro Ascendente de Pedregulho - FAP e lavagem do Filtro Rápido Descendente - FRD foram realizadas através das seguintes etapas:

1. Foram coletadas amostras durante a execução dos processos de descarga e lavagem, com intervalos de 30s.
2. Posteriormente as amostras foram levadas ao Laboratório do Instituto Federal do Tocantins, para realização das análises de Turbidez e Sólidos Suspensos Totais. Os procedimentos das análises seguiram o recomendado pelo Standard Methods (APHA et al., 1998).
3. A partir das análises foram determinadas as curvas de sólidos suspensos totais - SST e de turbidez da água de lavagem e descarga, foi encontrada também a média de SST e turbidez para cada filtro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Massa seca de lodo crítica diária

A partir das informações levantadas dos Boletins de Coleta de Dados Operacionais (BCD's) do período de agosto de 2018 a julho de 2019 da ETA Luzimangues foi possível determinar os dias com maiores concentrações de turbidez, conseqüentemente dias com chuvas intensas, já que as maiores concentrações foram no período de chuva. Os dias com maiores concentrações de turbidez foram 13/01/2019, 14/01/2019, 16/01/2019 e 20/01/2019.

Pode-se observar as concentrações de turbidez no dia 13/01/2019, foram realizadas 5 medições de valores de turbidez, sendo que a concentração máxima foi de 22,8 uT as 9 horas e a concentração mínima foi de 17,4 uT as 15 horas. Após atingir o pico às 9 horas a concentração começa a diminuir até a última medição às 15 horas. O valor médio de turbidez no dia foi de 19,4 uT.

Já no dia 14/01/2019 foram realizadas 6 medições de valores de turbidez, sendo que a concentração máxima foi de 24,4 uT as 8 horas e a concentração mínima de 18 uT as 16 horas. Pode ser observado que após atingir o pico às 8 horas a concentração de turbidez diminui para 18,9 uT no

tempo de 10 horas, e continua com uma certa estabilidade até a última medição às 16 horas. O valor médio de turbidez no dia foi de 19,9 uT.

No dia 16/01/2019, foram realizadas 5 medições de valores de turbidez, sendo que a concentração máxima foi de 23,6 uT as 8 horas e a concentração mínima de 18,3 uT as 10 horas. A curva mostra que após atingir o pico às 8 horas a concentração de turbidez diminui para 18,3 uT no tempo de 10 horas, porém na medição seguinte, no tempo de 12 horas a concentração aumenta novamente atingindo 20,9 uT. O valor médio de turbidez no dia foi de 20,7 uT.

No dia 20/01/2019, foram realizadas 6 medições de valores de turbidez, sendo que a concentração máxima foi de 27,5 uT as 12 horas e a concentração mínima de 17,6 uT as 10 horas. Após atingir o pico às 12 horas a concentração começa a diminuir até a última medição às 16 horas com turbidez de 17,7 uT. O valor médio de turbidez no dia foi de 20,1 uT. Considerando essas informações temos que no dia 20 de janeiro de 2019 ocorreu a medição da maior concentração de turbidez, 27,5 uT.

A partir dos dias com as maiores concentrações de turbidez, o valor máximo médio diário foi de 20,7 uT verificado no dia 16/01/19. Com o valor máximo da concentração média diária foi possível estimar a concentração de SST a partir da equação 2 mostrada anteriormente. Considerando o coeficiente a igual a 0,8, o valor de SST encontrado foi de 16,5 mg/L. O valor do coeficiente adotado segundo recomendação por Hidrosan (2011).

Com as informações de turbidez de um dia crítico e a dosagem dos produtos químicos, apresentados na Equação 1 foram estimados os valores críticos diários de massa seca de lodo para três diferentes condições de funcionamento da ETA Luzimangues. A vazão de operação da ETA é de 14 L/s, porém foi adotada uma vazão abaixo e uma vazão acima da vazão de operação para estimar a produção de massa seca. O tempo de operação diário considerado foi diário de 7h, conforme informado pela BRK Ambiental.

Considerou-se o dia crítico (16/01/2019) no período de agosto de 2018 a julho de 2019, de acordo com a Tabela 1, verifica-se que na condição 1 quando a ETA opera com a vazão de 10 L/s ela produz uma quantidade de 0,005 t/d de lodo. Na condição 2, operando na sua condição normal com uma vazão de 14 L/s, produz uma quantidade de 0,008 t/d de massa seca de lodo. Na condição 3 operando com uma vazão de 20 L/s produz uma quantidade de 0,011 t/d de massa seca de lodo. Para todas as condições, foram utilizadas as mesmas dosagens de produtos químicos apresentados na Equação 1.

Tabela 1 - Estimativa da massa seca crítica diária de lodo (turbidez 20,7 uT)

Condição de funcionamento da ETA	Vazão (L/s)	Estimativa de massa seca gerada (kg/d)	Estimativa de massa seca gerada (t/d)
Condição 1	10	5,5	0,005
Condição 2	14	7,6	0,008
Condição 3	20	10,9	0,011

Fonte: Autor

3.2 Estimativa da geração anual de massa seca de lodo

Para a estimativa da massa seca total gerada anualmente foi utilizando a frequência de ocorrência de valores máximos nas faixas de turbidez a partir dos dados operacionais da ETA no período de 2018 a 2019. Para o cálculo foi adotada a turbidez média dentro de cada faixa de intervalo. Foi necessário também estimar os SST, através da Equação 2, $SST = a * \text{Turbidez}$, considerando o valor de “a” igual a 0,8, recomendado por Hidrosan (2011).

Ainda para a estimativa foi efetuado o levantamento das dosagens de produtos químicos utilizadas para o tratamento de águas com turbidez nas diferentes faixas de interesse. Esse levantamento utilizou como base os dados operacionais da ETA Luzimangues, efetuada com os dados do período de agosto de 2018 a julho de 2019 fornecidos pela BRK/Saneatins. Estas dosagens foram de 15 mg/L para Dosagem de Alumínio (DAL) e 0 mg/L para todas outras dosagens para todas as faixas de turbidez. segundo informações do operador, como a variação da concentração de turbidez é baixa eles operam em uma dosagem média.

A partir do Levantamento de todas as informações citadas anteriormente foram estimados os valores anuais de massa seca de lodo para as diferentes vazões de tratamento da ETA Luzimangues, considerando tempo de operação da ETA diário de 7 h.

De acordo com a tabela 2, para cada vazão de operação foi determinada a massa seca gerada por dia, levando em consideração a produção de SST estimado do dia. Tendo a massa seca gerada em um dia e a frequência de ocorrência dessa quantidade de massa gerada em um ano, determinou-se o total de massa seca gerada por ano.

Com os resultados da tabela 2, temos uma produção de 1,2 t/ano quando a ETA opera a uma vazão de 10 L/s, em sua vazão normal de operação que é 14 L/s a ETA produz 1,7 t/ano e a maior produção foi 2,4 t/ano quando a ETA opera com uma vazão de 20 L/s. Pode-se dizer que quanto maior a faixa de turbidez e a vazão de operação, maior será a quantidade da massa seca gerada. Marinho (2012) estimou a produção de lodo para uma ETA de ciclo completo, a produção estimada foi de 102,8 t/ano, operando com vazão de 100 L/s.

Tabela 2 - Estimativa da massa seca total gerada na ETA no período de um ano.

Faixa de tur-	Turbidez mé-	SST	Frequência de	Massa seca calculada (kg/dia)
---------------	--------------	-----	---------------	-------------------------------

bidez (uT)	dia adotada (uT)	bruta (mg/L)	ocorrência no ano (d)	Q = 10 L/s	Q = 14 L/s	Q = 20 L/s
até 5	5	4	146	2,30	3,22	4,60
5,01 a 10	8	6	173	2,91	4,07	5,81
10,01 a 15	13	10	42	3,91	5,48	7,83
15,01 a 20	18	14	14	4,92	6,90	9,85
20,01 a 25	23	18	19	5,93	8,31	11,86
25,01 a 30	28	22	1	6,94	9,72	13,88
Total (t/ano)				1,2	1,7	2,4

Fonte: Autor

Dessa maneira, nota-se que a massa seca crítica de lodo é diretamente proporcional à vazão de operação e aos valores de turbidez e SST, pois quanto maior a vazão de operação da ETA e valores de turbidez e SST, maior é a quantidade de massa seca gerada.

3.3 Caracterização do lodo gerado nos filtros

A caracterização do lodo oriundos da ETA de Luzimangues foi realizada no mês de março de 2019. Foram realizadas as análises do lodo do processo de lavagem do FAP e FDR para determinação da curva de sólidos suspensos totais e de turbidez. O FAP antes da lavagem passa pelo processo de descarga, portanto também foi realizada a caracterização do lodo da descarga. A coleta das amostras foi realizada com intervalo de 30s, até o final de cada processo. Com a leitura dos dados, foi possível obter a média de SST e turbidez para cada filtro.

As concentrações médias de SST e turbidez do processo de descarga do FAP foram de 380 mg/L para SST e a turbidez média foi de 399 uT, visto na Tabela 3.

Tabela 3-Média de SST e turbidez do processo de descarga

Concentração de SST e Turbidez	
SST (mg/L)	Turbidez (uT)
380	399

Fonte: Autor

As concentrações de Sólidos Suspensos Totais do filtro FAP foi de 192,0 mg/L e do filtro FRD foi de 90,3 mg/L, visto na Tabela 4.

Tabela 4- Média de SST do processo de lavagem

Concentração de SST (mg/L)	
FAP	FRD
192,0	90,3

Fonte: Autor

A concentração média de turbidez do processo de lavagem foi de 126 uT para o filtro FAP e de 54,8 para o filtro FRD, visto na Tabela 5.

Tabela 5 - Média de turbidez do processo de lavagem

Concentração de Turbidez (uT)	
FAP	FRD
126,0	54,8

Fonte: Autor

Os resultados obtidos a partir da realização dos ensaios mostraram que os resíduos gerados nos processos de descarga e limpeza dos filtros atingem uma concentração máxima dos parâmetros analisados no tempo de 1,5 min. dos processos, em seguida diminui e chega a certa estabilidade, mostrando assim que o tempo de lavagem adotado é suficiente para limpeza dos filtros. Observa - se também que a contração dos parâmetros analisados no FRD é bem menor que no FAP, mostrando assim eficiência do FAP, que retém grande parte as impurezas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos com os dados dos BCDs e nas análises realizados com o lodo de descarga e lavagem do FAP e lavagem do FRD da Estação de Tratamento de Água Luzimangues, temos que: a massa seca crítica diária de lodo, com a ETA operando com vazão normal de 14L/s e tempo de funcionamento de 7 h, foi de 0,008 t/d; a massa seca total gerada na ETA no período de um ano operando com vazão de 14 L/s e tempo de funcionamento de 7 h foi de 1,7 toneladas; A análise dos BDC mostrou que a água bruta de entrada no sistema possui uma boa qualidade e aliada a vazão de operação da ETA faz que com a produção de massa seca de lodo seja relativamente pequena; e a estimativas de produção de lodo a partir da caracterização da água bruta é uma ferramenta bastante eficiente, e pode servir de base para a BRK Ambiental|Saneatins, aperfeiçoar ou projetar novos sistemas de disposição do lodo para ETAs de Dupla Filtração no Tocantins.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2004) – ABNT. **NBR - 10.004 Resíduos Sólidos - Classificação.**

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th edition. Washington: APHA, 1998.

BRASIL, **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário oficial da união, Brasília, 21 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017.** Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília – DF, set. 2017. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html>. Acesso em: 25 de out de 2018

DI BERNARDO, L. ; DANTAS, A. D. B. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água.** 2. ed. São Carlos: Rima Editora, 2005. v. 2. 1584 p.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de**

Saneamento Básico 2008. Departamento de População e Indicadores Sociais. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 219p.

KATAYAMA, V. T. **Quantificação da produção de lodo de estações de tratamento de água de ciclo completo: Uma análise crítica.** Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, São Paulo, 2012. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/.../Dissertacao_Victor_FINAL_CORRIGIDO.pdf> Acesso em: 21 de Maio de 2019.

RITCHER, C. A. **Tratamento de lodos de estações de tratamento de água.** Edição 2001. Editora: EDGARD BLUCHER. 102 f.