

## **I-298 - ESTUDO DA RECIRCULAÇÃO DO LODO DE DECANTADOR DE ETA POR MEIO DO TESTE DE RESISTÊNCIA ESPECÍFICA**

**Leonora Milagre de Souza<sup>(1)</sup>**

Bacharel em Química Industrial pela Universidade Estadual de Goiás. Mestre em Engenharia do Meio Ambiente pela Universidade Federal de Goiás. Analista Ambiental do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

**Paulo Sérgio Scalize<sup>(2)</sup>**

Biomédico e Engenheiro Civil. Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia Civil de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC-USP). Professor Adjunto da Escola de Engenharia Civil e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia do Meio Ambiente da Universidade Federal de Goiás.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Avenida Universitária, 1488, Bloco A, Sala 7, St. Universitário, Goiânia/Goiás, CEP: 74605-220. Fone: (62) 3209-6257 (61)3316-1595. e-mail: [le.milagre@hotmail.com](mailto:le.milagre@hotmail.com)

### **RESUMO**

As Estações de Tratamento de Água (ETAs), em geral, apresentam grandes dificuldades no gerenciamento dos resíduos gerados durante a operação, devido os altos custos com transporte e disposição, o aumento constante no consumo de produtos químicos, dentre outros complicadores. Visando a melhoria das características do resíduo de decantador para o deságue, a presente pesquisa analisou os efeitos da aplicação do resíduo de decantador de Estação de Tratamento de Água (ETA) nos processos de coagulação, floculação e sedimentação do tratamento de água. Nos ensaios de Jar Test foram empregadas dosagens variadas de sulfato de alumínio e aplicadas amostras de resíduo da ETA com concentrações de sólidos suspensos totais (SST) diferentes. Após a realização dos ensaios de Jar Test, a água decantada e o material sedimentado foram caracterizados. A resistência específica do material sedimentado foi maior se comparada à situação sem aplicação do resíduo, em praticamente todas as situações estudadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduo de ETA, decantador, resistência específica.

### **INTRODUÇÃO**

É evidente a escassez de mananciais de boa qualidade em certas regiões brasileiras devido à crescente demanda de água para consumo humano e ao alto grau de poluição e contaminação dos mesmos. As ETAs têm grande importância frente a essa problemática, pois removem o material em suspensão na água bruta e geram grandes quantidades de resíduos, muitas vezes dispostos diretamente nos corpos d'água. Por apresentar um grande potencial de poluição, o desenvolvimento de técnicas para a minimização, aproveitamento, tratamento e ou disposição final do resíduo de ETA é imprescindível.

A utilização do resíduo de decantador na melhoria do processo de coagulação/floculação tem se mostrado oportuna. Essa técnica segundo Cordeiro (1981), quando empregada de forma controlada, pode contribuir para a redução do consumo de insumos químicos, melhoria da sedimentabilidade dos flocos, obtendo-se, por consequência, a redução nos custos de tratamento de água.

Uma das etapas principais do tratamento de resíduos é o processo de remoção de água. É importante estabelecer parâmetros que caracterizem os resíduos segundo a facilidade de desidratação através de filtros prensas ou a vácuo. Nos estudos realizados no Brasil, um dos parâmetros mais utilizado para esse fim é a resistência específica. Segundo Richter (2001), esse parâmetro pode ser definido como sendo a resistência oferecida por um peso unitário de lodo por unidade de área de filtro, isto é, a dificuldade do resíduo em ser desaguado. Seu valor é inversamente proporcional a capacidade de filtração da água, ou seja, lodos com resistência específica menor são considerados de mais fácil deságue.

Segundo Reali (1999), os resíduos podem apresentar valores de resistência entre  $5 \times 10^{12}$  e  $70 \times 10^{12}$  m/Kg. No trabalho desenvolvido por Grandin (1992), com exceção do lodo novo dos decantadores sem condicionamento, que apresentou características boas de filtrabilidade com valor de  $2,72 \times 10^{12}$  m/kg, os demais lodos não

condicionados quimicamente apresentaram resistências específicas maiores que  $5 \times 10^{12}$  m/kg, sendo considerados de difícil desaguamento. Segundo este autor, de forma geral, os lodos com resistência específica superiores a  $5 \times 10^{12}$  m/Kg são considerados de difícil deságue; e com valores inferiores a  $1 \times 10^{12}$  m/Kg são fáceis de desaguar. De acordo com Wolfe et al. (1996), os lodos com resistência específica acima de  $10 \times 10^{12}$  m/kg têm baixa desaguabilidade.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Material sedimentado para o teste de resistência específica

A aplicação do resíduo dos decantadores da ETA na simulação do tratamento de água se deu por meio de ensaios de bancada utilizando o equipamento de reatores estáticos - Jar Test. Os valores dos parâmetros de mistura rápida, floculação e sedimentação utilizados nos ensaios de Jar Test foram os mesmos utilizados nos ensaios de Jar Test na ETA, conforme Tabela 1, e consequentemente, àqueles empregados no tratamento da ETA Meia Ponte, em Goiânia-GO.

**Tabela 1: Valores dos parâmetros de mistura rápida, floculação e sedimentação para ensaios de Jar Test**

| Etapas         | Parâmetros | Valores | Unidades |
|----------------|------------|---------|----------|
| Mistura rápida | $G_{mr1}$  | 197     | $s^{-1}$ |
|                | $T_{mr1}$  | 60      | s        |
|                | $T_{mr2}$  | 20      | s        |
| Floculação     | $G_{f1}$   | 49      | $s^{-1}$ |
|                | $T_{f1}$   | 12      | min      |
|                | $G_{f2}$   | 30      | $s^{-1}$ |
|                | $T_{f2}$   | 06      | min      |
|                | $G_{f3}$   | 20      | $s^{-1}$ |
|                | $T_{f3}$   | 06      | min      |
| Sedimentação   | $T_s$      | 5       | min      |

As amostras do resíduo dos decantadores aplicadas nos ensaios de Jar Test (40 mL) foram preparadas para apresentar diferentes teores de SST, da ordem de 1.500, 3.000, 4.500, 6.000 e 9.000 mg/L.

Procurando-se manter os padrões utilizados na ETA Meia Ponte, fez-se uso do coagulante primário sulfato de alumínio (dosagem entre 30% e 90% da dosagem de coagulante aplicada na ETA em escala real – 28 mg/L), e não foram utilizados polímeros nem tão pouco alcalinizante.

No ensaio de Jar Test, após o tempo de sedimentação, foi retirado o material sedimentado que restou no fundo da cuba, o qual foi submetido ao teste de resistência específica.

### Teste de resistência específica à filtração

O teste de resistência específica foi realizado com o objetivo de determinar a aptidão do material sedimentado (com e sem aplicação do resíduo de ETA) ao desaguamento através de filtros prensas ou a vácuo, conforme indicado por Andreoli, Von Sperling e Fernandes (2001).

Devido à dificuldade de obtenção de maiores volumes de material, foi utilizado o teste da resistência específica conforme adaptado por Scalize e Di Bernardo (1999) com base no teste do tempo de filtração constante na 20ª edição do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater publicado pela APHA (2005). As equações utilizadas nos cálculos do teste de resistência foram fundamentadas em Almeida, Gonçalves e Guimarães (1991).

A Figura 1 ilustra os equipamentos e materiais utilizados no teste de resistência específica.



**Figura 1: Equipamentos e materiais utilizados no teste de resistência específica.**

O teste de resistência foi aplicado ao material sedimentado dos melhores resultados técnicos, onde se obteve, concomitantemente: remoção de turbidez do sobrenadante igual ou superior à remoção no branco (sem aplicação do resíduo da ETA); utilização de menor dosagem de coagulante; e utilização do resíduo com maior concentração de SST. O teste também foi aplicado nos melhores resultados considerando a operação da estação, isto é, aqueles em que se aplicou o resíduo com concentração de SST próxima a 3.000 mg/L.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A amostra de água bruta coletada na ETA e utilizada nos ensaios apresentava 95 UNT. As amostras preparadas do resíduo dos decantadores da ETA para aplicação nos ensaios de Jar Test apresentaram 2.615, 3.642, 4.664, 7.500, 8.573 e 9.670 mg/L de SST, sendo que os melhores resultados foram: 50% da dosagem de coagulante com a aplicação de resíduo com 7.500 mg/L de SST; e 75% da dosagem de coagulante, com aplicação de resíduo com 3.642 mg/L.

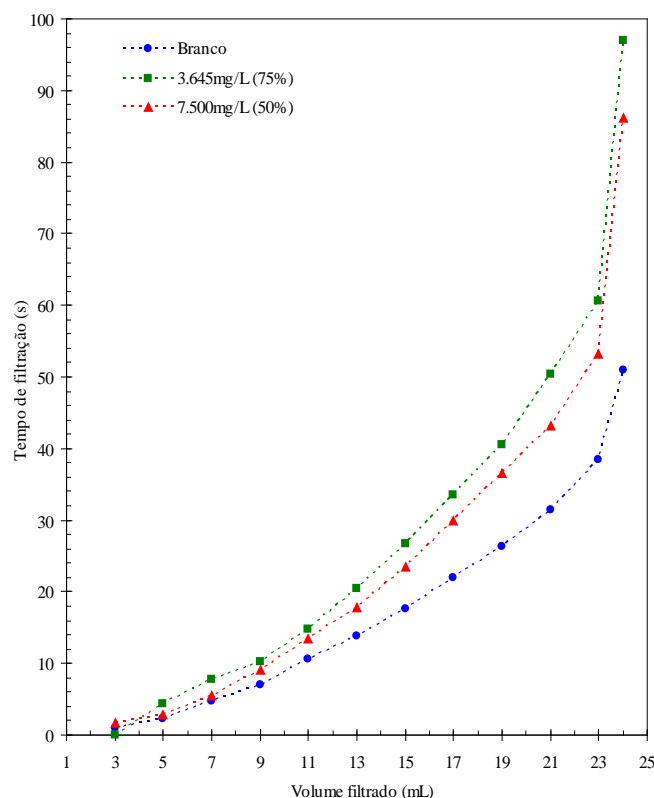
As amostras do material sedimentado gerado após os ensaios de Jar Test, considerando os melhores resultados, foram caracterizadas quanto ao teor de sólidos, conforme os resultados apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2: Caracterização do material sedimentado nos melhores resultados.**

|                                  |            | Turbidez = 95 UNT |        |  |
|----------------------------------|------------|-------------------|--------|--|
| SST do resíduo aplicado (mg/L)   | -          | 3.645             | 7.500  |  |
| Coagulante (% da dosagem da ETA) | 100        | 75                | 50     |  |
| Parâmetros                       | Resultados |                   |        |  |
| ST (mg/L)                        | 7.160      | 10.472            | 13.568 |  |
| SFT (mg/L)                       | 5.604      | 7.556             | 10.720 |  |
| SVT (mg/L)                       | 1.556      | 2.916             | 2.848  |  |
| SST (mg/L)                       | 6.329      | 9.657             | 11.743 |  |
| SSF (mg/L)                       | 5.143      | 7.243             | 10.557 |  |
| SSV (mg/L)                       | 1.186      | 2.414             | 1.186  |  |
| SDT (mg/L)                       | 831        | 815               | 1.825  |  |
| SDF (mg/L)                       | 461        | 313               | 163    |  |
| SDV (mg/L)                       | 370        | 502               | 1.662  |  |

A aplicação de resíduos mais concentrados proporcionou maiores concentrações de ST e SST no material sedimentado. Mesmo reduzindo a dosagem de coagulante, o material sedimentado apresentou maior concentração de sólidos, se comparado à situação sem aplicação do resíduo. Esse resultado já era esperado uma vez que o resíduo representa uma carga adicional de sólidos ao tratamento de água.

As curvas dos volumes filtrados em função do tempo de filtração para as diferentes concentrações de resíduos aplicados nos ensaios estão apresentadas na Figura 2, onde os valores de 75% e 50% correspondem às dosagens de coagulante utilizadas nos ensaios de Jar Test.



**Figura 2: Volume filtrado em função do tempo de filtração do material sedimentado.**

Ao adicionar o resíduo de ETA, o tempo de filtração do material sedimentado tornou-se maior se comparado à situação sem aplicação do resíduo, o que era esperado devido o aumento na quantidade de sólidos.

A resistência específica dos materiais sedimentados foi maior que a resistência do material que não recebeu resíduo da ETA, como apresentado na Tabela 3, exceto para o material que recebeu resíduo com SST igual a 7.500 mg/L.

**Tabela 3: Resistência específica do material sedimentado após ensaio de Jar Test.**

| Turbidez = 95 UNT                               |            |       |        |
|---|------------|-------|--------|
| SST do resíduo aplicado (mg/L)                  | -          | 3.645 | 7.500  |
| Coagulante (% da dosagem da ETA)                | 100        | 75    | 50     |
| SST do material sedimentado (mg/L)              | 6.329      | 9.657 | 11.743 |
| Parâmetro                                       | Resultados |       |        |
| Resistência específica ( $\times 10^{12}$ m/kg) | 8,3        | 9,4   | 6,8    |

A maior quantidade de hidróxido presente no material sedimentado, proveniente do resíduo da ETA adicionado ao ensaio de Jar Test, pode aumentar a resistência à filtração. Esses resultados confirmam os resultados obtidos por Richter (2009), cuja indicação foi que os lodos com menor proporção de hidróxido de alumínio são mais fáceis de adensar e, portanto, desaguar.

De acordo com a classificação de Grandin (1992), os materiais sedimentados são considerados de difícil desaguentamento. Segundo este autor, a comparação dos resultados de resistência específica de resíduos de estudos distintos, deve ser cuidadosa. Deve-se levar em consideração, dentre outros aspectos, o condicionamento químico, a idade do lodo, a área do meio filtrante utilizada no teste, já que podem ocorrer variações nas determinações por alterações na espessura da torta, efeitos de parede e eventual compressão da torta.

Ainda que não tenha sido realizado condicionamento químico do material sedimentado para o teste de resistência, sabe-se que a adição de polieletrólito poderia melhorar substancialmente o seu desaguamento, já que garantiria a formação de uma estrutura pouco compressível e de alta filtrabilidade.

## CONCLUSÕES

Os ensaios realizados em escala laboratorial sobre a aplicação do resíduo de decantador de ETA nos processos de coagulação, floculação e sedimentação do tratamento de água, que utiliza sulfato de alumínio como coagulante, permitiram concluir que o desaguamento do material sedimentado por meio do teste de resistência específica ficou prejudicado com a aplicação do resíduo da ETA, exceto para a água com 95 UNT aplicando-se 7.500 mg/L de resíduo e 50% de coagulante.

Recomenda-se que sejam realizados estudos considerando o condicionamento químico do material sedimentado para o deságüe por meio de filtração, verificando as vantagens e desvantagens.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, N. A, GONÇALVES, M. C., GUIMARÃES, S. A. Z. Utilização do teste de resistência específica na operação de filtros prensa. Revista DAE, v. 51, n. 160, p. 20-26. 1991.
2. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION Standard Methods for the examination of water and wastewater. 20 ed., 2005. Washington, D.C, USA.
3. ANDREOLI, C.V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; Companhia de Saneamento do Paraná. v. 6, p. 484. 2001.
4. CORDEIRO, J.S. Disposição, tratabilidade e reuso de lodos de ETA. 1981. 155 p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1981.
5. GRANDIN, S. R. Desidratação de lodos produzidos nas estações de tratamento de água. 1992. 456p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1992.
6. REALI, M. A. P. Principais Características Quantitativas e Qualitativas do Lodo de ETAs. In: \_\_\_\_\_. Noções Gerais de Tratamento e Disposição Final de Lodos de Estações de Tratamento de Água. Rio de Janeiro: PROSAB, 1999, cap 2. p. 21 – 39.
7. RICHTER, C. A.. Sedimentação e Decantação. In: \_\_\_\_\_. Água: Métodos e tecnologia de tratamento. São Paulo: Editora Blucher, 2009, cap 10. p. 160 – 218.
8. RICHTER, C. A. Tratamento de Lodos de Estação de Tratamento de Água. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 2001.
9. SCALIZE, P.S.; DI BERNARDO, L.. Resistência específica de lodo obtido em ensaio de clarificação, por sedimentação, da água de lavagem de filtros rápidos de ETAs. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, Vol. 4 - Nº 1 - Jan/Mar e Nº 2 - Abr/Jun 1999.
10. WOLFE, T. A., et al. Characterization of water treatment plant residuals. In: EPA, NRMRL, ASCE e AWWA. Manuals and reports of engineering practice, nº 88 – management of water treatment plant residuals. EUA, 1996, cap 4. p. 41-72.