



## **Avaliação do comportamento de secagem de lodo aeróbio em leitos com piso de blocos drenantes**

**Sabrina Mariel Corrêa da Silva<sup>1</sup>, Gustavo Henrique Ribeiro da Silva<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>UNESP/Faculdade de Engenharia de Bauru (sabrina-mcs@hotmail.com)

<sup>2</sup>UNESP/ Faculdade de Engenharia de Bauru (gustavoribeiro@feb.unesp.br)

### **Resumo**

Diante do aumento de volume de esgoto tratado, e conseqüentemente do lodo gerado durante o processo, empresas têm buscado por alternativas mais econômicas e eficientes para desaguamento e secagem de lodo, devido ao seu alto custo de gerenciamento e disposição. O leito de secagem com piso de blocos drenantes é uma nova modalidade de método natural para desaguamento e secagem do lodo visto como uma boa alternativa para pequenos sistemas de tratamento de esgoto. Porém a eficiência na secagem de lodo não depende somente do sistema de desaguamento. Portanto o presente trabalho avaliou o comportamento de secagem de duas diferentes taxas de aplicação de lodo aeróbio em leito de bloco drenante em duas épocas do ano, com e sem a ação de revolvimento. O leito com piso de bloco drenante mostrou-se eficiente na drenagem reduzindo a umidade do lodo em 10 vezes após 1 dia independente da taxa de aplicação e condição climática. Durante os 15 primeiros dias o lodo para cada teste avaliado teve secagem semelhante, e somente a partir do 20º dia é que o comportamento da secagem do lodo variou de acordo com a taxa de aplicação, as condições climáticas, e a ação do revolvimento.

Palavras-chave: Lodo de Esgoto, Desaguamento e Secagem de Lodo, Leito de Secagem.

Área Temática: Tecnologias Limpas

## **Evaluation of aerobic sludge drying behavior in wedge wire beds.**

### **Abstract**

*On the increase of treated sewage volume, and consequently the sludge generated during the process, companies have been searching for more economical and efficient alternatives for dewatering and drying of sludge, due to its high cost of management and disposal. The sludge drying bed with wedge wire floor is a new type of natural method for dewatering and drying seen as a good alternative for small sewage treatment systems. But the efficiency of sludge drying depends not only on the dewatering system. Therefore this study evaluate the sludge drying behavior of two different aerobic sludge application rates in wedge wire bed, in two seasons, with and without the turn over action.. The bed with wedge wire floor was effective in draining the sludge reducing the moisture in 10 times after the first day, independent application rate and weather conditions. During the first 15 days the sludge for each evaluated test has similar drying, and only from the 20th day is that the sludge drying behavior varied with the application rate, weather conditions, and the turn over action.*

*Key words: Sewage Sludge, Sludge Dewatering and Drying, Sludge Drying Bed.*

*Theme Area: Clean Technology*



## 1 Introdução

O setor de saneamento no Brasil nos últimos anos tem recebido consideráveis investimentos por conta das pressões cada vez maiores na ampliação e melhoria dos serviços de potabilização de água e do tratamento de esgoto doméstico. Como consequência destas melhorias, tem-se aumentado crescentemente o volume dos resíduos gerados nas estações de tratamento de esgoto (ETE), entre eles, o lodo.

O gerenciamento do lodo tem como principal finalidade estabilizar, higienizar, reduzir o volume e proporcionar uma adequada disposição. O método de disposição mais utilizado ainda é o envio a aterros sanitários. Para isto o lodo precisa apresentar teores de sólidos em torno de 30-40% para facilitar o manejo, redução no custo do transporte e redução de volume na disposição final.

O lodo gerado no tratamento de esgoto pelo processo de lodos ativados sem adensamento apresenta teor de sólidos entre 0,5 – 1,5% (JORDÃO; PESSOA, 2005) e precisa ser desaguado para redução de volume de água. O leito de secagem é uma das técnicas mais antigas utilizadas para o desaguamento do lodo e geralmente são adotados em pequenos sistemas pelo baixo nível de investimento. O projeto de leito de secagem no Brasil é caracterizado por um tanque retangular, com paredes e fundo de concreto, no interior do tanque são incluídos dispositivos para permitir a drenagem da água presente no lodo: camada filtrante composta por areia e brita, e por fim a camada de suporte de tijolos (ABNT, NBR-12209/2011). Apesar do baixo valor de investimento, os leitos de secagem apresentam desvantagens dentre elas elevada área requerida e lenta remoção da torta seca, lodo com teor de umidade abaixo de 70%.

Com o objetivo de minimizar as desvantagens deste processo natural de desaguamento e secagem, evoluções nesse sistema têm surgido, dentre os quais podemos destacar: leito de secagem com piso de blocos drenantes, também conhecido como *wedge-wire* ou *wedgewater*.

O bloco drenante é um painel em poliuretano ou polipropileno com ranhuras que permite uma eficiente filtragem de lodo e tem sido uma alternativa para desaguamento em leitos desde 1970 nos Estados Unidos. De acordo com Wang et al (2007) o leito de secagem com estes painéis possui drenagem constante e rápida, maior aplicação de taxa de lodo, não colmata o meio filtrante, fácil manutenção e limpeza do leito.

Apesar de ser uma tecnologia antiga, existem poucos estudos sobre seu uso. Almeida (2012) desenvolveu duas unidades piloto e nelas inseriu lodo aeróbio e anaeróbio de uma estação de tratamento de esgoto, e analisou quanto a sólidos em suspensão totais, umidade da torta de lodo e captura de sólidos. Os resultados obtidos para umidade do lodo após 24 horas do desaguamento variaram entre 80 e 90% e a captura de sólidos variou acima dos 90%. Silva (2015) acompanhou o descarte de dois volumes diferente de lodo aeróbio a 0,6% de sólidos condicionado com polímero em uma mesma área de leito com piso de blocos drenantes e obteve resultados para redução de volume de aproximadamente 70% de água livre até uma hora após o descarte. Porém, apesar do leito com bloco drenante se mostrar eficiente na drenagem do lodo, um dia após o descarte o lodo encontra-se muito úmido para a disposição, com teores de sólidos de 4 – 6%. Após toda água livre ser drenada a umidade remanescente do lodo é chamado de água celular, e está quimicamente ligada às partículas sólidas correspondendo a 10% do volume do lodo. A água celular pode ser removida através de mudança de estado de agregação, sendo por evaporação ou congelamento (VAN HAANDEL; MORAIS, 1999). Então um dia após o desaguamento de lodo em leito de secagem com blocos drenantes, inicia-se o processo de secagem. De acordo com van Haandel & Lettinga (1994), a secagem do lodo depende da taxa de evaporação, que por sua vez depende de vários fatores, tais como climatológicos, tipo e carga aplicada de lodo.

Com o aumento de geração de lodo, empresas de saneamento tem buscado



otimizações nos leitos para acelerar o processo de secagem, dentre os quais se podem citar: revolvimento do lodo para expor camadas de lodo mais profundas, cobertura do leito com estufa agrícola transparente para proteger das chuvas e permitir a radiação solar, instalação de ventiladores para convecção forçada, utilização do biogás para aquecimento do lodo, dentre outros.

Baseado nessas justificativas, este trabalho visou à avaliação do comportamento de secagem de duas taxas de aplicação de lodo aeróbio em leito de blocos drenantes e cobertura tipo estufa agrícola em duas estações do ano, com e sem a operação do revolvimento.

## 2 Metodologia

Os testes foram realizados em escala real na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de uma indústria no município de Itu/SP. O tratamento do esgoto é composto pelas seguintes etapas: valo de oxidação, processo de lodos ativados com aeração prolongada e decantador secundário, e trata uma vazão de 60m<sup>3</sup>/d. Como a idade do lodo neste processo é mais alta, a estabilização do lodo ocorre no tanque de aeração, excluindo a necessidade da etapa de digestão. Também não há etapa de adensamento antes do desaguamento, o lodo é descartado diretamente do fundo do decantador, condicionado com aplicação de polímero em linha e floculação hidráulica. O leito de secagem constitui-se de piso de bloco drenantes e possui cobertura tipo estufa agrícola transparente com cortinas que podem estar levantadas ou abaixadas para permitir a ventilação.

Foram utilizadas 2 células de leito nos testes, cada uma com área de 13,44m<sup>2</sup> (2,10 x 6,40m). O volume e a taxa de aplicação foram pré-determinados conforme a vazão da bomba de alimentação de 8,3 m<sup>3</sup>/h e o teor de sólidos inicial do lodo determinado de acordo com a NBR 10664/1989. Com o teor de sólido inicial encontrado de 0,6% para o lodo já floculado, a taxa aplicada no leito 1 foi de 3,5kgST/m<sup>2</sup> e no leito 2 o dobro, ou seja 7,0kgST/m<sup>2</sup>. Com isso o volume descartado em cada célula foi, 7,6m<sup>3</sup> para o leito 1 e, 15,2m<sup>3</sup> para o leito 2.

Os descartes nas duas células não foram realizados simultaneamente, porém no mesmo dia, para que fossem avaliados durante o mesmo período de secagem e condições climáticas. O primeiro teste ocorreu no dia 13 de abril, época de outono no Brasil, e durou 36 dias. Não houve revolvimento do lodo, ou seja, a forma que o lodo se distribuiu durante o descarte ficou até o final do período de secagem. Já o segundo teste começou dia 14 de julho, estação de inverno, e teve duração de 50 dias e houve revolvimento manual do lodo com rastelo uma vez por semana. Assim obteve-se 4 variáveis, sendo:

T1<sub>T1</sub> = Teste 1 (outono sem revolvimento), taxa 1 (3,5kg/m<sup>2</sup>);

T1<sub>T2</sub> = Teste 1 (outono sem revolvimento), taxa 2 (7,0kg/m<sup>2</sup>);

T2<sub>T1</sub> = Teste 2 (inverno com revolvimento), taxa 1 (3,5kg/m<sup>2</sup>);

T2<sub>T2</sub> = Teste 2 (inverno com revolvimento), taxa 2 (7,0kg/m<sup>2</sup>);

Durante o monitoramento foi utilizado um termohigrômetro dentro do leito para acompanhar a temperatura e umidade interna. Apenas durante o Teste 2 (T2<sub>T1</sub> e T2<sub>T2</sub>) foi acompanhado a temperatura e umidade externa do leito para conhecer a diferença no uso da cobertura plástica, através de dados disponíveis no *site* CPTEC/INPE (<http://www.cptec.inpe.br/>). As anotações dos dados eram realizadas sempre às 17 horas. As cortinas dos leitos permaneciam sempre abertas para permitir a ventilação, com exceção aos dias que ocorreram precipitação, então houve fechamento.

A avaliação do comportamento de secagem do lodo aeróbio no leito com blocos drenantes foi realizada mediante o monitoramento do teor de sólidos determinado de acordo com a NBR 10664/1989.



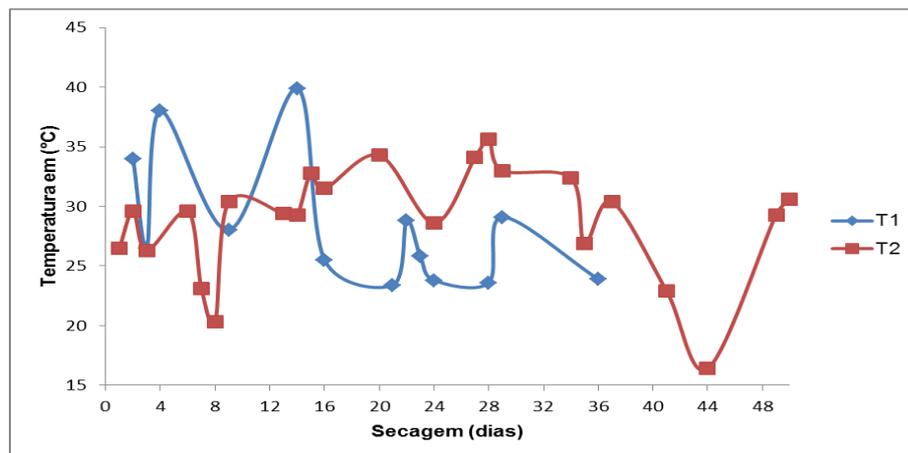
### 3 Resultados

A seguir serão apresentados os resultados obtidos para os dois testes realizados.

#### Condições climatológicas

Durante o período de secagem do T1<sub>T1</sub> e T1<sub>T2</sub> a predominância foi de dias ensolarados. A temperatura média encontrada dentro dos leitos para os 36 dias foi de 28,7°C, e a umidade 56,5%. Já durante o T2<sub>T1</sub> e T2<sub>T2</sub> em 50 dias de secagem choveu apenas 1 dia, os demais com predominância de muito sol e vento. A temperatura média interna foi de 28,8°C e a umidade 41,9%. Durante o Teste 2 a partir do 16º dia de secagem iniciou-se o acompanhamento da temperatura externa ao leito. A temperatura média externa foi de 23,8°C, ou seja, uma diferença de aproximadamente 6°C a menos que a temperatura dentro do leito, enquanto a umidade média externa foi de 51,3%, 12% a mais que a umidade interna. Com isso se comprova a eficiência da cobertura plástica na retenção do calor, mesmo com as cortinas laterais abertas. Na Figura 1 está apresentada a variação da temperatura conforme os dias de secagem para os testes T1 e T2. Os 15 primeiros dias de secagem durante o teste T1<sub>T1</sub> e T1<sub>T2</sub> apresentaram temperaturas mais altas que durante o teste T2<sub>T1</sub> e T2<sub>T2</sub> dentro do leito, isto devido ao T1<sub>T1</sub> e T1<sub>T2</sub> ter sido realizado no outono e o T2<sub>T1</sub> e T2<sub>T2</sub>, no inverno. Atingiu-se neste período temperaturas de aproximadamente 40°C. Nos 20 dias de secagem seguintes houve uma inversão, durante o T1<sub>T1</sub> e T1<sub>T2</sub> a temperatura ficou abaixo dos 30°C, enquanto durante o T2<sub>T1</sub> e T2<sub>T2</sub> maior parte dos dias apresentaram temperaturas acima dos 30°C. Durante o T2<sub>T1</sub> e T2<sub>T2</sub> ocorreram dias em que se atingiram temperaturas em torno de 15°C dentro do leito. A variação de umidade está apresentada na Figura 2. Durante os 15 primeiros dias de secagem, a variação de umidade do T1 e T2 foi parecida com exceção do 4º dia de secagem do T2 que apresentou 20% de umidade. A partir do 16º dia a umidade durante o período do T1 foi maior, devido alguns dias com precipitação, o que justifica também a queda de temperatura dentro do leito nestes dias. Durante o mesmo período de secagem avaliado a umidade para o T2 foi baixa, próxima aos 20%. Nos 10 dias finais de secagem do T2 ocorreu uma elevação na umidade devido à precipitação e chegou a 100%.

Figura 1 – Variação de temperatura.



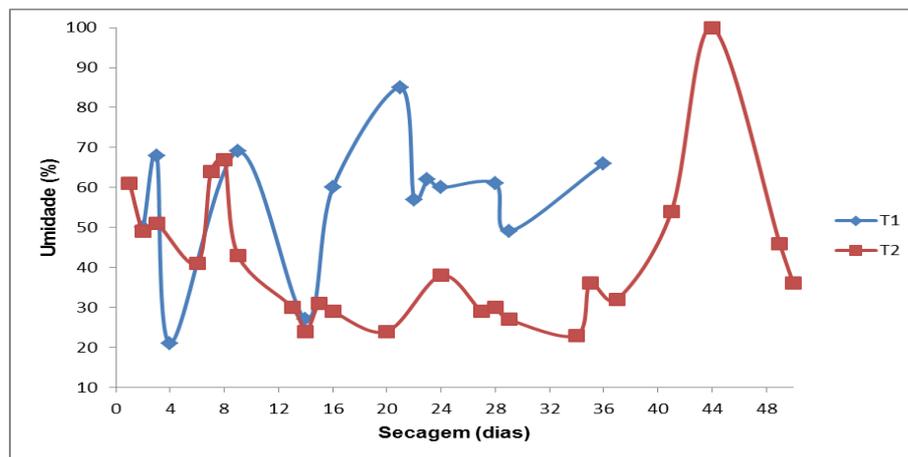
#### Teor de sólidos

Conforme citados em estudos anteriores (SILVA, 2015), após 1 hora do descarte em média 70% do volume de lodo é drenado e um dia após o descarte resta apenas camada de lodo pastoso. Na Figura 3 está apresentada a curva de secagem de lodo para o T1<sub>T1</sub> e T1<sub>T2</sub>, e as condições climáticas do dia da coleta da amostra. Neste monitoramento não foi realizado revolvimento do lodo, o que justifica a rápida secagem na camada superior do lodo, e



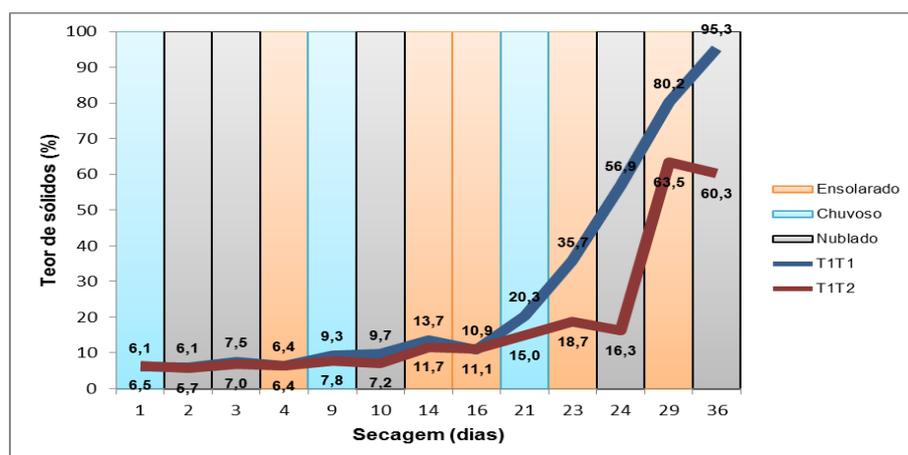
umidade maior na camada inferior. Para efeito de análise a amostra coletada era homogeneizada, porém nunca em proporções iguais de lodo mais seco e lodo mais úmido. Este procedimento explica o fato do teor de sólidos secos no T1<sub>T1</sub> e T1<sub>T2</sub> não ter um aumento contínuo, como por exemplo, do 14º dia de secagem para o dia 16º no leito 1, onde deveria se observar um aumento do teor de sólido, houve redução, sem ter aumento de umidade ou adicionado água.

Figura 2- Variação de umidade.



Como pode ser observado na Figura 3, até o 4º dia de secagem o teor de sólidos para a T1<sub>T1</sub> e T1<sub>T2</sub> foi similar. A partir da segunda semana, 9 dias após o descarte, há uma mudança no perfil da secagem, uma tendência de secagem mais rápida no T1<sub>T1</sub> com menos lodo aplicado. Por meio da Figura 3, é possível observar que os 15 primeiros dias, a redução de umidade é mais lenta e houve pouca diferença entre os dois leitos, e a partir do 20º dia o lodo seca com velocidade maior e a diferença de teor de sólidos entre os leitos também aumenta. O lodo do leito T1<sub>T1</sub> atingiu teor de umidade acima de 95% com 36 dias de secagem, enquanto que no mesmo período o lodo do T1<sub>T2</sub> obteve teor de sólidos em torno de 60%.

Figura 3 – Curva de secagem de lodo do T1.

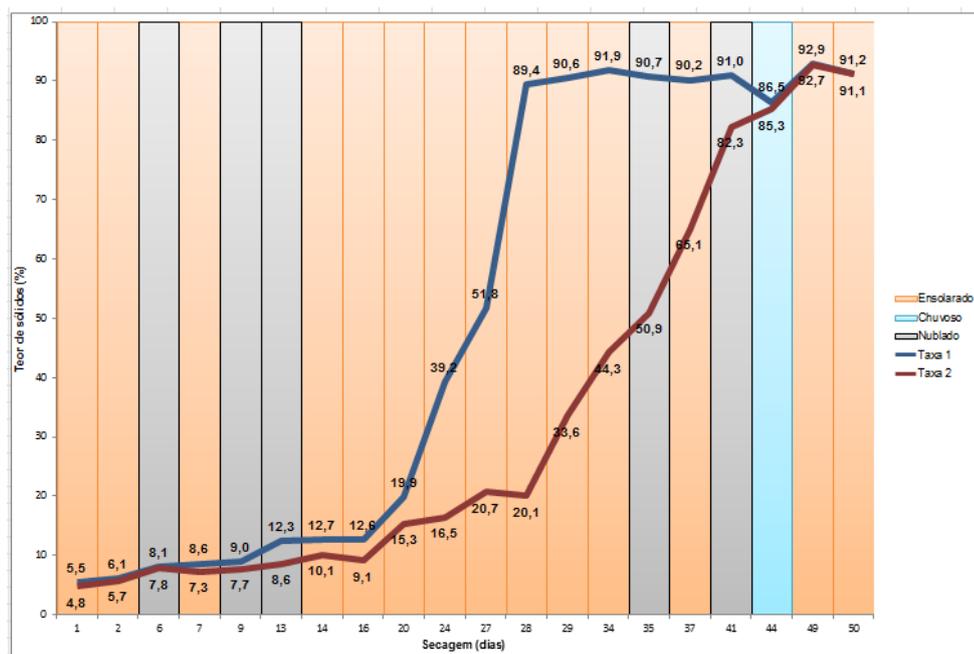


A curva de secagem para o T2<sub>T1</sub> T2<sub>T2</sub>, com revolvimento está apresentada na Figura 4. Como pode ser observado, o T2<sub>T1</sub> e T2<sub>T2</sub> apresentou uma curva semelhante ao T1<sub>T1</sub> e T1<sub>T2</sub>. Até o 6º dia de secagem as duas taxas aplicadas tiveram praticamente o mesmo teor de umidade. A partir do 7º dia, inclusive quando ocorreu o primeiro revolvimento, as curvas de cada taxa começaram a se distanciar. Mais uma vez até os 15 primeiros dias, a secagem para



ambas as taxas são baixas, mesmo com o revolvimento, e após o 20º dia a velocidade de secagem aumenta, assim como a diferença entre o teor de sólidos entre as taxas aplicadas. Como durante o T2<sub>T1</sub> e T2<sub>T2</sub> teve período de secagem maior, foi possível notar quando o lodo atinge sua umidade de equilíbrio. A umidade de equilíbrio é definida como a umidade que o material atinge quando submetido por longo período à determinada condição de temperatura e umidade relativa do ar que o envolve. Nessa condição, a pressão de vapor da água na superfície do sólido é igual à pressão de vapor da água contida no ar (PACHECO apud DAVID, 2002). A umidade de equilíbrio depende tanto da natureza do lodo como das condições climáticas do ambiente de secagem, e determina a condição final do processo de secagem, além do qual não adianta prosseguir, pois poderá haver comprometimento na eficiência final de secagem. Neste período de secagem o lodo do T2<sub>T1</sub> atingiu teor de sólidos em torno de 90 – 91% a partir do 28º dia de secagem, como pode ser observado na Figura 4, e manteve-se constante até o 41º dia. Entre os dias 41º e 44º houve precipitação, ou seja, a umidade relativa do ar aumentou, e com isso aumentou também o teor de umidade do lodo. De acordo com David (2002), um material muito seco, com teor de umidade superior àquele correspondente à sua umidade de equilíbrio, ao ser exposto às condições ambientais pode absorver a umidade do ar. Após o período de chuva o lodo voltou ao valor de 91% de sólidos. O lodo do T2<sub>T2</sub> atingiu a umidade de equilíbrio com 48 dias.

Figura 4 – Curva de secagem de lodo do T2.



Na Figura 5 está apresentado o aspecto do lodo no 15º dia de secagem tanto para o lodo T1<sub>T1</sub>, sem revolvimento, como para o T2<sub>T1</sub> com revolvimento. O lodo do T1<sub>T1</sub> embora visualmente parecer mais seco do que T2<sub>T1</sub>, ambos apresentaram teor de sólidos em torno de 12%. Quando não há revolvimento o lodo seca muito rápido na camada superior, mas na camada inferior ainda mantém-se úmido. Com 29 dias de secagem o T1<sub>T1</sub> apresentou 80% de sólidos, enquanto que T2<sub>T1</sub> com 29 dias apresentou em torno de 90%. Todavia não foi possível confirmar vantagem no tempo de secagem com a ação do revolvimento comparando o T1<sub>T1</sub> e o T2<sub>T1</sub>, já que neste período a umidade relativa do ar para T2<sub>T1</sub> era mais baixa.

Na Figura 6 está apresentada uma comparação das curvas de secagem do T1<sub>T1</sub>, T1<sub>T2</sub>, T2<sub>T1</sub> e T2<sub>T2</sub>. É possível notar que os formatos das curvas de secagem são semelhantes, e a

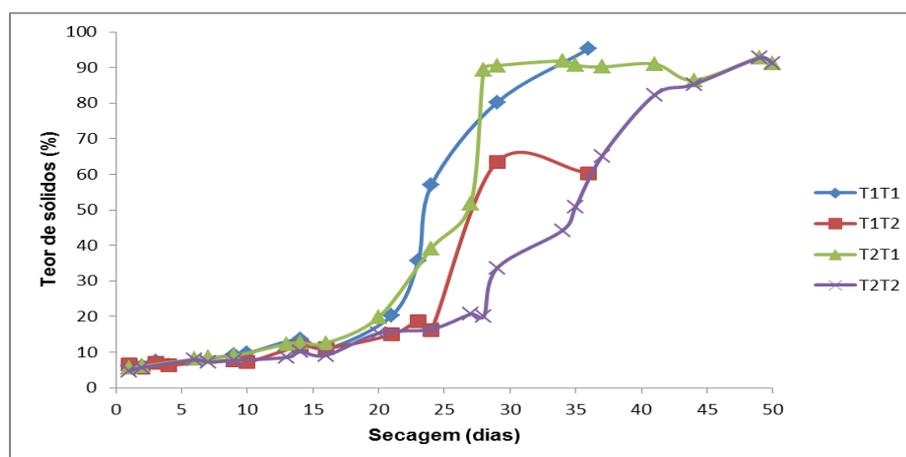


principal diferença é o momento em que velocidade de secagem acelera e consequentemente quantos dias de secagem para atingir o mesmo teor de sólidos secos.

Figura 5 – Aparência do lodo nos testes  $T1_{T1}$  e  $T2_{T1}$ .



Figura 6- Comparação das curvas de secagem.



Após o desaguamento a umidade média para as 4 amostras atingiu 94%, e a concentração do lodo aumentou 10 vezes, passou de 0,6% para 6%. Como pode ser observado até os 15 primeiros dias de secagem o teor de sólidos para os 4 testes foram próximas, em torno de 12%, o que indica que neste período, com umidade do lodo alta, a secagem independe da taxa aplicada, da baixa variação na temperatura e da ação do revolvimento. A partir do 20º dia o lodo com menor taxa aplicada  $T1_{T1}$  (20,3% de ST) e  $T2_{T1}$  (19,9% de ST), têm vantagem na secagem, iniciando com 4% a mais de sólidos em relação ao  $T1_{T2}$  (16% ST) e  $T2_{T2}$  (15,3% ST). Apesar de  $T1_{T1}$  apresentar uma velocidade de secagem maior provavelmente devido às condições climáticas, o lodo  $T2_{T1}$  atingiu primeiro a umidade de equilíbrio, fato que pode ser explicado pelo revolvimento que permitiu uma homogeneidade e totalidade do sólido atingindo o equilíbrio com a umidade do ar. Outra afirmação que se pode tirar é que para o mesmo tipo de lodo a umidade de equilíbrio, consequentemente a umidade máxima que o lodo atinge no período de secagem, depende da temperatura e umidade do meio, pois o  $T1_{T1}$  atingiu teor de sólidos em torno de 95% enquanto o  $T2_{T1}$  atingiu 91%. É possível afirmar a partir da Figura 6 que ao se dobrar a taxa de aplicação de lodo, não é



necessário dobrar o período de secagem para atingir o mesmo teor de sólidos, mas quando aplicado taxas maiores necessita de tempo maior na secagem de lodo.

#### 4 Conclusões

A partir da análise dos resultados do desaguamento de lodo aeróbio em leito de secagem com piso de blocos drenantes conclui-se:

- A estufa além de proteger o lodo da chuva, aumentou a temperatura e reduziu a umidade interna ao leito, o que é favorável na secagem do lodo;
- Lodo aeróbio condicionado com polímero atinge teor de sólidos em torno de 6% após desaguamento.
- Nos 15 primeiros dias de secagem a maior perda de umidade ocorre no desaguamento, em que os sólidos passam de 0,6% para 6% em média (10 vezes mais), enquanto que após 15 dias passa de 6% para 12% (2 vezes mais);
- Nos 15 primeiros dias de secagem o teor de sólidos é praticamente o mesmo independente da taxa aplicada, ou seja, se a intenção é obter 85% de umidade é mais vantajoso aplicar taxas maiores;
- Após o lodo atingir 20% de sólidos (em torno de 20 dias de secagem), o processo de secagem acelera, e quanto menor taxa aplicada menor o tempo de secagem;
- A umidade máxima que o lodo pode atingir depende da umidade do ar do ambiente de secagem;
- Pouca diferença do comportamento de secagem entre o outono e inverno na região do interior de São Paulo;
- Revolvimento promove uma curva gradual constante, porém não acelerou significativamente a secagem no período analisado.

Recomenda-se realizar novos testes principalmente em outros períodos do ano com condições climáticas diferentes para confirmar as conclusões acima e obter maiores conhecimentos no comportamento da secagem do lodo em leitos com piso de bloco drenante.

#### Referências

ALMEIDA, R. de Q. **Análise de processo alternativo Wedge-Wire para desaguamento de lodo de estação de tratamento de esgotos domésticos**. Dissertação Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2012. 29p.

ANDREOLI, C. V. (Org.); VON SPERLING, M. (Org.); FERNANDES, F. (Org.). **Sludge treatment and disposal**. 1. ed. Londres: IWA Publishing, 2007. v. 1. 244p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10664**: Águas - determinação de resíduos (sólidos) – Método gravimétrico – Método de ensaio. Brasília 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12209**: Projeto de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário. Brasília 2011.

DAVID, A. C. **Secagem térmica de lodos de esgoto. Determinação da umidade de equilíbrio**. Dissertação Mestrado em Engenharia. Escola Politécnica USP, São Paulo. 2002. 163p

JORDÃO, E. P. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4º edição. Rio de Janeiro. ABES, 2005. 932p.



MELO, A. S. **Contribuição para dimensionamento de leitos de secagem de lodo.** Dissertação Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba. 2006. 82p.

SOUZA, W. G de. **Pós-secagem natural de lodos de estações de tratamento de água e esgotos sanitários.** São Paulo, 2012. 132p. Dissertação Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental.

SILVA, S. M. C.; SILVA, G. H. R.; MORUZZI, R. B. Avaliação de desempenho de leito com piso de blocos drenantes para o desaguamento e secagem de lodo aeróbio. Net, São Paulo, set 2015. Disponível em: <  
[http://igce.rc.unesp.br/Home/Graduacao29/engenhariaambiental/semear/t10\\_sabrina-silva-2015.pdf](http://igce.rc.unesp.br/Home/Graduacao29/engenhariaambiental/semear/t10_sabrina-silva-2015.pdf) >

USEPA – Environmental Protect Agency. **Design manual: Dewatering Municipal Wastewater Sludge.** 1a ed. Cincinnati: EPA, 1987.

VAN HAANDEL, A.C.; LETTINGA, G. **Tratamento anaeróbio de esgotos. Um manual para regiões de clima quente.** 1994.

WANG, L.K. et al. Drying Beds. **In:** Handbook of Environmental Engineering, Volume 6: Biosolids Treatment Processes. Totowa, NJ: Wang et al, 2007. cap 13, p. 403-430.