

## II-182 - ANÁLISE DA SECAGEM DE LODO DE REATORES UASB ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE LEITOS DE DRENAGEM

**Paulo Ricardo Santos Coimbra**<sup>(1)</sup>

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

**Cali Laguna Achon**<sup>(2)</sup>

Engenheira Civil pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP) e Pós-doutora pelo Departamento de Engenharia Civil da UFSCar com bolsa FAPESP. Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos (DECiv-UFSCar) e Professora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da UFSCar (PPGEU/UFSCar).

**Renan Felício dos Reis**<sup>(3)</sup>

Engenheiro Ambiental pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), de Presidente Prudente - SP, Mestre em Engenharia Urbana e Especialista em Gestão Ambiental pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Doutorando em Engenharia Urbana pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), com desenvolvimento de pesquisa na modalidade doutorado sanduíche na Universitat Autònoma de Barcelona (UAB/Espanha).

**Erich Kellner**<sup>(4)</sup>

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Mestre e Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP). Professor adjunto do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos (DECiv-UFSCar).

**João Sergio Cordeiro**<sup>(5)</sup>

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP), Mestre e Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo. Professor Titular do Departamento de Engenharia Civil da UFSCar (DECiv/UFSCar), Professor do Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana da UFSCar (PPGEU/UFSCar).

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rodovia Washington Luís, Km 235 – SP310 – UFSCar. São Carlos-SP - CEP:13565-905, Brasil. Tel: (16) 3351-9672. e-mail: [paulorscoimbra@gmail.com](mailto:paulorscoimbra@gmail.com)

### RESUMO

As Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) geram resíduos, sendo o principal deles o lodo de esgoto, que merece destaque devido aos grandes volumes gerados e custo inerente ao processo de tratamento e destinação ambientalmente adequada. O lodo de ETE se enquadra na definição da Lei 12.305/2010 como resíduos sólidos, assim é necessária a realização do tratamento visando atender às exigências normativas e também viabilizar a reciclagem ou reuso do lodo. A principal etapa de tratamento do lodo é a remoção de água, que pode ser realizada por sistemas mecânicos ou naturais. Dentre os sistemas naturais, pode-se destacar o Leito de Drenagem, onde o desaguamento possui duas fases: drenagem e secagem. Durante a fase de drenagem há a remoção da água livre presente no lodo através da ação da gravidade enquanto na secagem, a evaporação passa a ser a principal responsável pela remoção de água do lodo. Assim, o presente trabalho visa estudar o processo de secagem de lodo anaeróbico em leito de Drenagem. Os resultados mostraram que o desaguamento de lodo de reatores UASB em LD foram promissores, exibindo tendência de redução de volume do lodo. Observou-se uma relação inversamente proporcional entre a altura de lodo inicial e a velocidade de secagem, sendo que para os leitos com maior altura inicial a velocidade de secagem foi menor. Apesar de a TAS influenciar na secagem, todos os resultados atingiram valores de teor de sólidos totais acima de 26% em 21 dias, indicando que o uso de maiores taxas pode ser viável e, conseqüentemente, reduzir a área do LD. A utilização de diferentes tipos de manta geotêxtil não influenciou diretamente na fase de secagem. O revolvimento foi de suma importância para os resultados alcançados, pois esta ação permite trazer para a superfície as camadas mais inferiores mais úmidas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Leito de drenagem, Lodo anaeróbico, Sistema natural, Desaguamento, Secagem.

## INTRODUÇÃO

Os sistemas de esgotamento sanitário geram resíduos nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETE), sendo o principal deles o lodo de esgoto. O lodo de esgoto merece destaque devido aos grandes volumes gerados e custo inerente ao processo de tratamento e destinação ambientalmente adequada. Em estimativa apresentada pelo Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo em 2014, as ETES paulistas geram em torno de 150 mil toneladas de lodo anualmente (SÃO PAULO, 2014).

Além da grande quantidade de resíduo que é gerada atualmente pelas ETES, a busca pela universalização do saneamento ampliará a coleta e tratamento de esgoto e, conseqüentemente, a geração de lodo. Dessa forma, fica clara a necessidade de gerenciar de maneira mais eficiente a destinação final do lodo de esgoto.

Conforme a norma NBR 12.209/2011, o lodo pode ser definido como uma suspensão aquosa de substâncias minerais e orgânicas separadas durante o processo de tratamento (ABNT, 2011). O lodo gerado pelo esgoto doméstico é constituído por micro-organismos, matéria orgânica e inorgânica, e água, que corresponde a aproximadamente 95% do resíduo, ou seja, apenas 5% de sólidos totais. Devido aos grandes volumes, há dificuldades em seu manejo adequado e conseqüentemente em sua destinação final (VON SPERLING, 2005).

No campo legislativo em 2010, a Lei 12.305 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), conceituando e diferenciando resíduos e rejeitos, e ainda estabelecendo prioridades na gestão dos resíduos sólidos, que são: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

Apesar de possuir 95% de umidade, o lodo de ETE se enquadra na definição da Lei 12.305/2010 como resíduos sólidos. Assim, é evidente que o lodo de ETE deve ser tratado de modo a possuir destinação ambientalmente adequada, podendo ainda ser aproveitado para outros fins se possível. Além disso, apenas os rejeitos, que são resíduos sólidos que esgotaram todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, devem ser encaminhados para disposição final em aterros. Dessa forma, é necessária a realização do tratamento desses resíduos visando atender às exigências normativas e também viabilizar a reciclagem ou reuso do lodo

Segundo Von Sperling (2005) podemos dividir as etapas de tratamento do lodo em seis, que são: adensamento, estabilização, condicionamento, desaguamento, desinfecção e disposição final. De modo geral, a primeira etapa busca a redução de volume através da maior concentração da matéria, a estabilização refere-se a redução de matéria orgânica, o condicionamento é a preparação para o desaguamento, que por sua vez é a retirada da água livre presente no lodo. Por fim, a desinfecção visa o aproveitamento do material como componente de solo produtivo e então a disposição final ocorre. Estas etapas dependem do tipo de lodo gerado, ou seja, da tecnologia de tratamento de esgoto adotada. Por exemplo, o lodo gerado em processos anaeróbios pode ser encaminhado diretamente para etapa de desaguamento, prescindindo ou não da etapa de condicionamento.

Cordeiro (2001) destaca os principais benefícios do desaguamento, que são: redução dos custos de transporte e disposição final; melhoria nas condições de manejo do lodo; aumento do poder calorífico visando a incineração e a redução do volume.

São várias as tecnologias utilizadas para realização do desaguamento, podendo ser classificadas basicamente em sistemas mecânicos e naturais. A principal diferença entre os sistemas é a utilização de energia elétrica e segundo Kuroda et al. (2014), os sistemas naturais têm se destacado justamente por isso. Esses sistemas proporcionam baixos custos de implantação, manutenção e facilidade de operação em relação aos mecânicos por não necessitarem dos recursos já mencionados. Alguns dos sistemas naturais para desaguamento de lodo são: Leitos de Secagem, lagoas de lodo, BAG (sistema natural fechado com uso de manta geotêxtil) e Leitos de Drenagem (LD).

Dentre os sistemas naturais, pode-se destacar o Leito de Drenagem, que surgiu das modificações do Leito de Secagem tradicional propostas por Cordeiro (2001), inicialmente pensado para desaguamento de lodo de Estações de Tratamento de Água (ETA). Em suas pesquisas, o autor observou que a colocação de manta de geotêxtil sobre a camada filtrante do leito possibilitava a diminuição do tempo de remoção da água livre e obtenção de drenado de boa qualidade, passível de reutilização ou recuperação. Assim, outras pesquisas

utilizando o LD com resultados promissores foram desenvolvidas por Fontana (2004), Achon et. al. (2008), Reis (2011) e Cordeiro et. al. (2014) para desaguamento de lodo de ETA em LD. Entretanto, grande parte dos estudos referentes ao LD está relacionada ao desaguamento de lodo gerado em ETA, que por sua vez mostraram excelentes resultados, justificando então o estudo da aplicação deste sistema no desaguamento de lodo proveniente de ETE.

Particularmente durante o processo de desaguamento de lodos de ETA ou ETE em leitos de Drenagem, que é um sistema natural aberto, é possível perceber a diferenciação do processo em duas fases: drenagem e secagem. Durante a fase de drenagem, há a remoção da água livre presente no lodo através da ação da gravidade. Então, ao fim da drenagem inicia-se a secagem, onde a evaporação passa a ser a principal responsável pela retirada de água do lodo (CORDEIRO, 2001).

Segundo Mortara (2011), alguns fatores influenciam na fase de secagem, ou seja, na velocidade do processo de evaporação, tais como: irradiação solar, umidade ambiente, temperatura do ar, precipitação, entre outros. Assim, a drenagem e a secagem são fases do processo de desaguamento do lodo, visando reduzir seu volume. Dessa forma, o presente trabalho visa estudar o processo de secagem de lodo anaeróbio em leito de Drenagem e assim contribuir para o conhecimento do processo e enriquecimento da bibliografia.

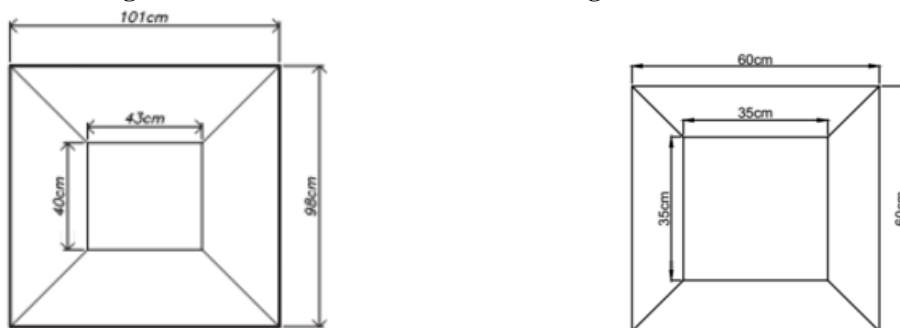
## OBJETIVO

Avaliar o processo de secagem natural de lodo oriundo de reatores UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) ao realizar o desaguamento em protótipos de Leito de Drenagem (LD) usando diferentes taxas de aplicação de sólidos (TAS). Analisar a influência da variação da altura da camada de lodo aplicada no LD, o uso de diferentes mantas geotêxteis e também a ação de revolvimento do lodo desaguado no desempenho da fase de secagem, correlacionando os dados obtidos com as variáveis climáticas.

## METODOLOGIA

O sistema natural de desaguamento de Leito de Drenagem (LD) utilizado na pesquisa consiste num protótipo metálico que serve como base para o sistema drenante. No fundo do leito está disposta uma camada de brita 01 com altura de 5 cm sobre a qual é colocada uma manta geotêxtil, sendo somente este o meio filtrante. Foram instalados em uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) três protótipos, sendo um modelo cuja planta é apresentada pela Figura 1a e outros dois cuja planta é apresentada pela Figura 1b.

**Figura 1: Planta baixa dos Leitos de Drenagem utilizados nos ensaios.**



**a) Protótipo utilizado nos ensaios EA1 e EB1**

**b) Protótipo dos ensaios EA2, EA3, EB2 e EB3.**

Antes do início de cada ensaio, amostras do lodo bruto proveniente do reator UASB são coletadas para que seja realizada caracterização do teor de sólidos totais, fixos e voláteis. No decorrer do ensaio de secagem são recolhidas amostras do lodo no segundo, quarto, sétimo, décimo quarto e vigésimo primeiro dia de ensaio. Nesses mesmos dias é realizado o revolvimento da camada de lodo.

Os parâmetros analisados na caracterização das amostras de lodo bruto e também lodo desaguado são realizados em triplicata e estão resumidos na Tabela 1, sendo que os procedimentos utilizados seguiram orientações da ABNT NBR 10664 e também métodos preconizados pela APHA (2001).

**Tabela 1: Parâmetros e técnicas analíticas utilizadas.**

AMOSTRAS	PARÂMETROS	TÉCNICA ANALÍTICA	UND
Lodo bruto	Sólidos Totais (ST)	NBR 10664 – Método J	%
	Sólidos Totais Fixos (STF)	NBR 10664 – Método L	%
	Sólidos Totais Voláteis (STV)	NBR 10664 – Método M	%
Lodo desaguado (2º dia; 4º dia; 7º dia; 14º dia e 21º dia de ensaio).	Sólidos Totais (ST)	NBR 10664 – Método J	%

Foram realizados seis ensaios de secagem (EA1, EA2 e EA3; EB1, EB2, EB3) com diferentes alturas de lodo de reator UASB aplicado nos três protótipos de Leito de Drenagem. Nos ensaios a variação da altura de lodo, foi de 50 cm para o Leito do ensaio 1 (EA1 e EB1); 20 cm para o Leito do ensaio 2 (EA2 e EB2) e de 10 cm de altura para o Leito do ensaio 3 (EA3 e EB3).

Dessa forma, a Tabela 2 apresenta a configuração dos ensaios. A diferença entre os ensaios A e B se dá devido ao período em que foram realizados e também quanto ao geotêxtil utilizado. Para os ensaios EA1, EA2 e EA3 foram utilizadas mantas geotêxteis tecida HaTe® 55/55 UV, enquanto que para os demais a manta geotêxtil tecida HaTe® 80/80 UV foi empregada. A Tabela 3 apresenta a caracterização da manta geotêxtil utilizada na pesquisa.

**Tabela 2: Condições iniciais dos ensaios.**

PARÂMETROS	ENSAIO					
	EA1	EA2	EA3	EB1	EB2	EB3
Altura da camada de lodo (cm)	50	20	10	50	20	10
Volume aplicado (L)	260	46	23	260	46	23
Manta geotêxtil utilizada	HaTe® 55/55 UV			HaTe® 80/80 UV		

**Tabela 3: Especificações técnicas das mantas geotêxteis utilizadas.**

PARÂMETROS	Geotecido HaTe® 55/55 UV	Geotecido HaTe® 80/80 UV
Gramatura (g/m²)	272	397
Abertura aparente dos poros (mm)	0,20	0,10
Resistência à tração nominal (kN/m)	55	80
Deformação na resistência nominal (%)	15	15
Permeabilidade (l/m²/s)	15	10

Cada série de três ensaios foi realizada de forma simultânea, a fim de comparar a influência das variáveis climáticas, que são temperatura média diária, umidade relativa do ar e precipitação. Esses dados foram obtidos através de uma Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) na cidade de São Carlos.

Durante a secagem foi analisada a variação do teor de sólidos totais do lodo em função do tempo, a partir das amostras coletadas nos dias determinados, e também a relação entre a Taxa de Aplicação de Sólidos (TAS) com o desempenho da secagem. Para o cálculo da TAS, apresentada pela Equação 1, foram considerados o teor de sólidos totais do lodo bruto (ST); o volume de lodo aplicado em cada ensaio (V); a densidade do lodo ( $\rho=1030\text{kg/m}^3$ ), conforme Von Sperling (2005), e também a área de fundo do Leito de Drenagem (A).

$$\text{Taxa de Aplicação de Sólidos (kgST/m}^2\text{)} = \text{ST} \times \text{V} \times \rho / \text{A} \quad \text{Equação (1)}$$

Após a realização dos ensaios os dados foram compilados em gráficos e tabelas e os valores obtidos comparados com bibliografia correspondente.

## RESULTADOS OBTIDOS

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos para a caracterização do lodo bruto dos ensaios da série A e B.

**Tabela 4: Caracterização do lodo bruto aplicado nos ensaios.**

Parâmetros	Ensaio da Série A	Ensaio da Série B
Sólidos Totais (ST)	3,55%	0,56%
Sólidos Totais Fixos (STF)	38,35%	28,05%
Sólidos Totais Voláteis (STV)	61,65%	71,95%

Observando os resultados apresentados na Tabela 4, da caracterização inicial do lodo bruto, nota-se que o teor de sólidos totais do lodo dos ensaios da série A é superior em relação ao lodo utilizado nos ensaios da série B. Pode-se notar também a maior porcentagem de sólidos voláteis presente na amostra da série B.

A Tabela 5 apresenta a Taxa de Aplicação de Sólidos em KgST/m<sup>2</sup>, a partir do teor de sólidos iniciais do lodo bruto, volume de lodo utilizado em cada ensaio e área em planta do protótipo de LD, conforme Equação 1 explicitada na metodologia.

**Tabela 5: Taxa de Aplicação de Sólidos do lodo bruto dos ensaios.**

TAXA DE APLICAÇÃO DE SÓLIDOS					
EA1	EA2	EA3	EB1	EB2	EB3
55,75 kgST/m <sup>2</sup>	13,77 kgST/m <sup>2</sup>	6,89 kgST/m <sup>2</sup>	8,85 kgST/m <sup>2</sup>	2,19 kgST/m <sup>2</sup>	1,09 kgST/m <sup>2</sup>

Na Tabela 6 tem-se os resultados do teor de sólidos totais do lodo desaguado do segundo ao vigésimo primeiro dia de ensaios para os ensaios realizados.

**Tabela 6: Resultados do teor de sólidos totais do lodo desaguado para os três primeiros ensaios.**

TEMPO DE ENSAIO	TEOR DE SÓLIDOS TOTAIS (%)		
	EA1	EA2	EA3
1º dia (lodo bruto)	3,55%	3,55%	3,55%
2º dia	11,73%	15,03%	17,20%
4º dia	14,69%	14,68%	15,00%
10º dia	21,21%	24,08%	46,80%
14º dia	19,93%	24,59%	ND <sup>(1)</sup>
21º dia	26,13%	68,31%	ND <sup>(1)</sup>

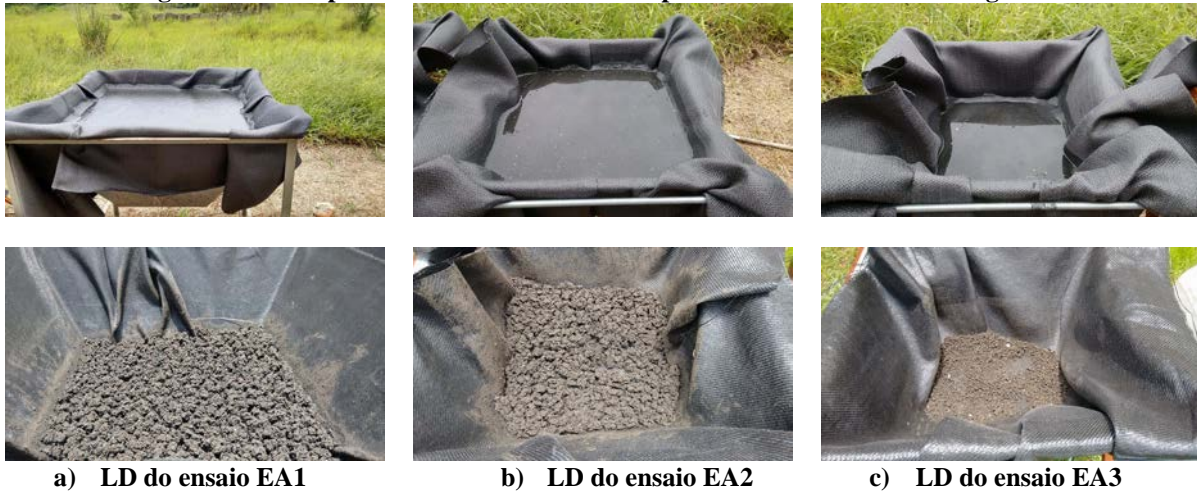
<sup>(1)</sup> ND: Não determinado, pois não havia amostra suficiente para coleta no LD.

Vale ressaltar que para ensaio EA3 percebeu-se que a partir do 10º dia a quantidade de lodo presente no leito formou pequenos grânulos rígidos, e a redução proporcionada pela secagem tornou a quantidade da amostra insuficiente para que fosse realizado o ensaio de sólidos totais. A despeito disso, observou-se que até o quarto dia o teor de sólidos totais esteve próximo a 15%.

Analisando os resultados apresentados na Tabela 6, o valor de 20% de ST, teor normalmente alcançado através do desaguamento mecânico comumente utilizado em ETEs, foi atingido entre o quarto e o décimo dia para os três ensaios. A partir de então, percebe-se um aumento na velocidade de secagem do EA2, culminando com 68,31% de ST ao final do ciclo contra 26,13% do EA1, que pode ser observado melhor no gráfico da figura 3.

Apesar de não ser possível determinar o teor de ST das amostras do EA3, analisando a tendência de secagem e também a quantidade e o aspecto do lodo presente no leito ao final do ciclo, apresentado pela Figura 2, pode-se presumir que o valor aos 21 dias seria equivalente ou superior ao encontrado para o EA2.

**Figura 2: Protótipos de LD com lodo bruto e após 21 dias do ensaio de secagem.**

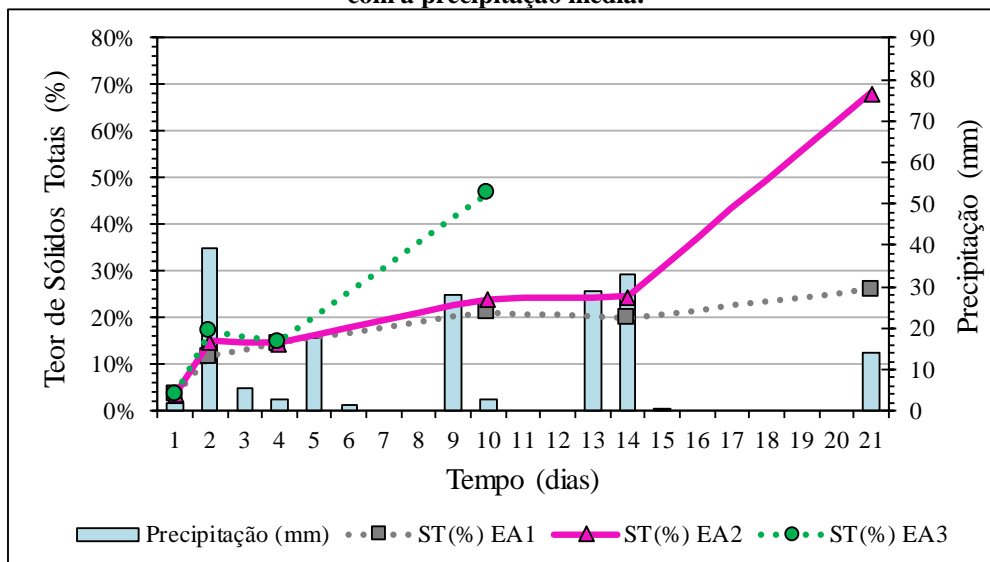


Observa-se também que apesar de o ensaio EA1 ter sido realizado com TAS quatro vezes superior à TAS do ensaio EA2, os dois ensaios tiveram evolução semelhante até o décimo dia, alcançando em média 22,6%, demonstrando que a TAS não tem grande influência na fase de secagem do lodo. No geral, a evolução do teor de sólidos mostrou-se bastante rápida sendo que no 2º dia o valor médio dos três ensaios foi de 14,65%, o que é semelhante ao encontrado por Mortara (2011), que atingiu teores de sólidos totais de cerca de 13% para o mesmo período.

De modo geral, nota-se que quanto maior a TAS, mais lenta é a evolução da secagem da torta. O LD dos ensaios EA3 e EB3, com 10 cm de lodo aplicado, apresentaram secagem mais rápida do que o EA2 e EB2, com camada de lodo de 20 cm e conseqüentemente que os ensaios EA1 e EB1, com 50 cm de camada de lodo aplicada. Entretanto, todos os ensaios apresentaram desempenho semelhante até o 4º dia, com teores de sólidos totais próximos a 15%.

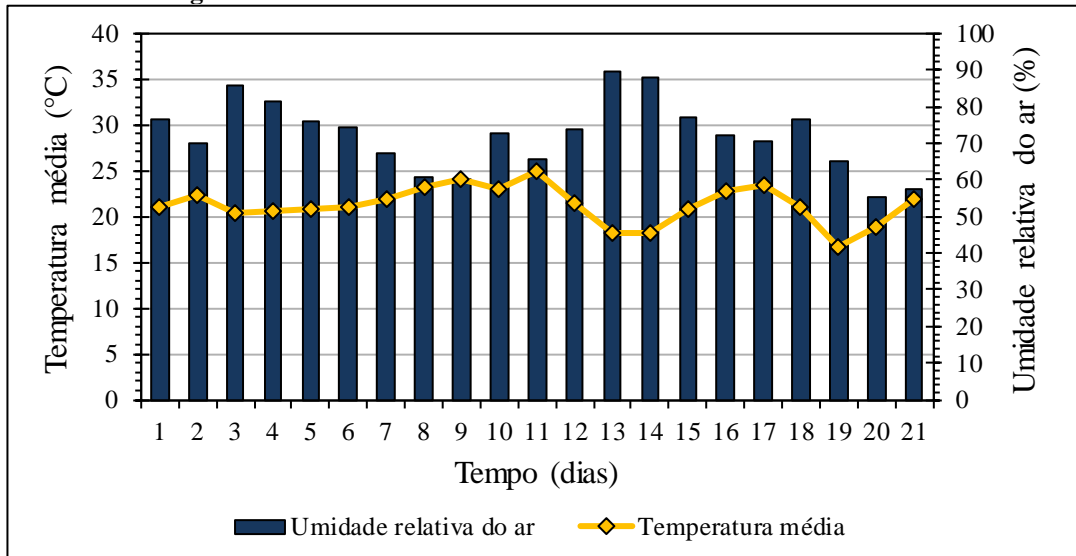
Mortara (2011) alcançou teor de sólidos entre 25 e 30% após 30 dias de secagem no LD, utilizando TAS máxima de 19,8kgST/m<sup>2</sup> e altura da camada de lodo de 50 cm. Dessa forma cabe destacar a influência do revolvimento do lodo, que permitiu ao EA1, mesmo com TAS bastante superior (55,7kgST/m<sup>2</sup>), atingir 26,13% após 21 dias, ou seja, a mesma faixa de valores encontrados por Mortara (2011) e em menos tempo. A Figura 3 apresenta de forma gráfica a evolução do teor de sólidos totais dos ensaios da série A.

**Figura 3: Gráfico do teor de sólidos totais em função do tempo para os Ensaios da série A, juntamente com a precipitação média.**



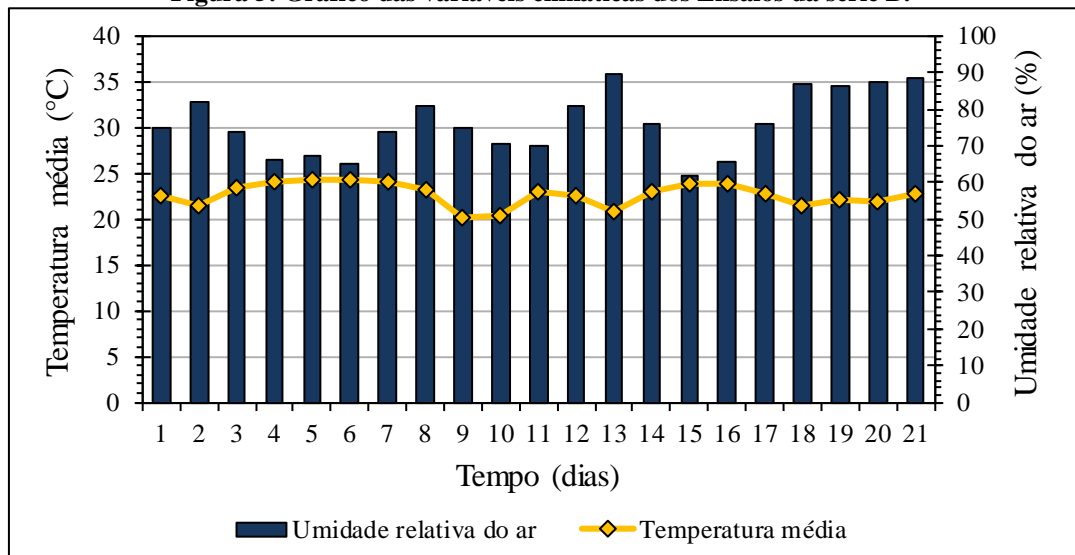
Conforme descrito em metodologia, foram avaliadas a temperatura média, umidade média e precipitação da semana durante o ciclo do ensaio. A Figura 4 apresenta o gráfico dessas variáveis.

**Figura 4: Gráfico das variáveis climáticas dos Ensaios da série A.**



A temperatura média da semana foi de 21,31°C e a umidade de 72,27%. No total houve precipitação de 175,20mm, que foi distribuída durante alguns dias da semana. A Figura 5 apresenta as variáveis climáticas para os ensaios da série B.

**Figura 5: Gráfico das variáveis climáticas dos Ensaios da série B.**



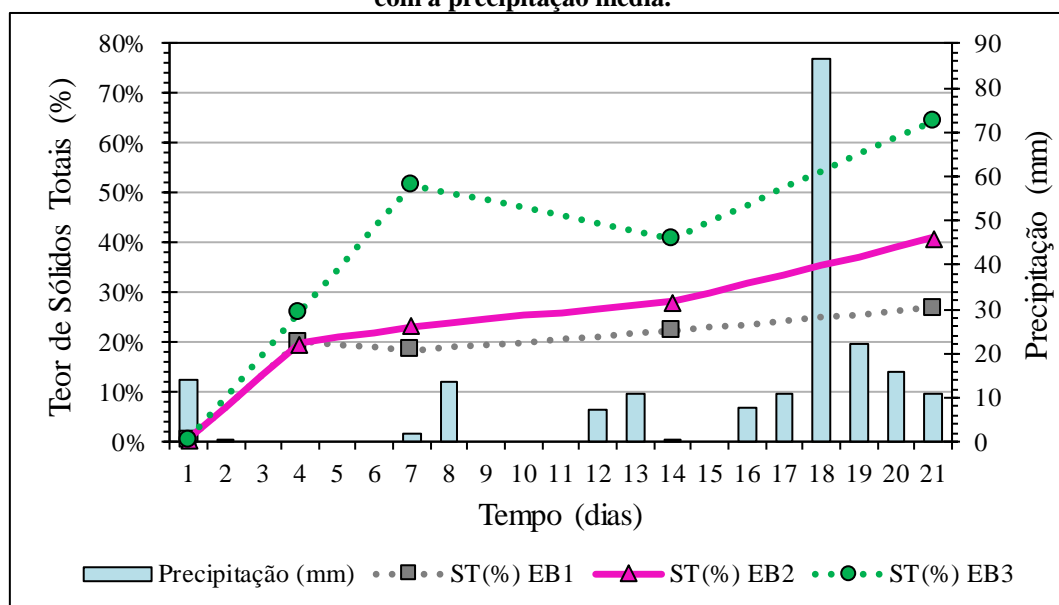
Para a semana dos ensaios EB1, EB2 e EB3 a temperatura média foi de 22,67°C enquanto a média da umidade relativa foi de 76,04% e a precipitação total de 202,20mm. Apesar de as médias da umidade para as duas séries de ensaio ser bem próxima, cabe destacar que durante os últimos seis dias dos ensaios A, a umidade foi sempre menor do que 75%, enquanto que na série B a umidade foi próxima de 90% durante os últimos quatro dias de ensaio. Esse fator pode ter influenciado nos resultados finais obtidos para o teor de sólidos totais do ensaio B.

A Tabela 7 apresenta a evolução do teor de sólidos totais da série B e a Figura 6 apresenta essa evolução graficamente.

**Tabela 7: Resultados do teor de sólidos totais do lodo desaguado para os ensaios EB1, EB2 e EB3.**

TEMPO DE ENSAIO	TEOR DE SÓLIDOS TOTAIS (%)		
	EB1	EB2	EB3
1° dia (lodo bruto)	0,56%	0,56%	0,56%
4° dia	20,21%	19,85%	26,13%
7° dia	18,40%	23,17%	51,64%
14° dia	22,32%	28,19%	40,84%
21° dia	27,05%	40,95%	64,48%

**Figura 6: Gráfico do teor de sólidos totais em função do tempo para os Ensaios da série B, juntamente com a precipitação média.**



Não possível realizar coleta no segundo dia da série de ensaios, sendo os demais dias coletados normalmente. Enquanto para quarto dia dos ensaios A, o teor de sólidos totais esteve próximo a 15%, para a série B o valor foi muito próximo de 20%. Esse fato pode ter sido influenciado diretamente pelo teor de sólidos iniciais das duas amostras.

Os ensaios da série A obtiveram teor de ST inicial seis vezes superior aos da série B e essa maior porção líquida no lodo do ensaio B pode ter facilitado seu desaguamento, provocando secagem mais rápida para os ensaios EB1, EB2 e EB3 nos quatro dias iniciais. Entretanto quando comparamos os ensaios EA1 e EB1 podemos notar que os mesmos obtiveram resultado bastante próximo aos 21 dias, sendo 26,13% e 27,05% respectivamente.

Além disso, ressalta-se a diferença entre as Taxas de Aplicação de Sólidos dos dois ensaios, sendo de 55,75kgST/m<sup>2</sup> para EA1 e 8,85kgST/m<sup>2</sup> para EB1. Com isso pode-se deduzir que o aumento da TAS não necessariamente diminui a velocidade de secagem. Assim, outro fator que se mostra importante no processo é a altura da camada de lodo, como constatado anteriormente, sendo a velocidade de secagem e a altura de lodo aplicado foram inversamente proporcionais.

De modo geral a diferença entre as mantas geotêxteis não apresentou relação direta com a secagem. A gramatura do geotêxtil influencia o desaguamento do lodo durante a fase de drenagem, que corresponde ao primeiro dia apenas, sendo que após esse período as variáveis climáticas passam a ser determinantes na evolução da secagem do lodo.



## **CONCLUSÕES**

O desaguamento de lodo de reatores UASB através de Leitos de Drenagem (LD) obteve resultados promissores, exibindo tendência de redução de volume do lodo. A variação da altura da camada de lodo aplicado no Leito de Drenagem e a Taxa de Aplicação de Sólidos (TAS) influenciaram na fase de secagem do lodo anaeróbio no LD.

Observou-se uma relação inversamente proporcional entre a altura de lodo inicial e a velocidade de secagem, sendo que para os leitos com maior altura inicial a velocidade de secagem foi menor.

Apesar de a TAS influenciar na secagem, todos os resultados atingiram valores de teor de sólidos totais acima de 26% em 21 dias, indicando que o uso de maiores taxas pode ser viável e, conseqüentemente, reduzir a área do LD.

A utilização de diferentes tipos de manta geotêxtil não influenciou diretamente na fase de secagem.

O revolvimento foi de suma importância para os resultados alcançados visto que a secagem do lodo acontece de maneira que se forma uma superfície mais seca, enquanto o lodo depositado no fundo do leito permanece úmido. Assim, a ação de revolver permite trazer para a superfície as camadas inferiores mais úmidas favorecendo a secagem do lodo. Além disso, o revolvimento pode auxiliar na secagem, principalmente quando se utilizam TAS e alturas de camada de lodo maiores.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa (Processo n°. 106473/2017-4).

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ACHON, C.L.; BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J.S. Leito de Drenagem: sistema natural para redução de volume de lodo de estação de tratamento de água. Revista Engenharia Sanitária e ambiental. Rio de Janeiro. v. 13, n. 1, p. 54-62, jan/mar. 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522008000100008>>. Acesso em: mai. 2017.
2. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater. 20.ed. Washington DC, USA. 2001.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10644: Águas – Determinação de Resíduos (Sólidos) - Método Gravimétrico. Rio de Janeiro, 1989, 7p.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12209: Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro, 2011. 53 p.
5. BRASIL. Lei N° 12.305 de 02 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Congresso Nacional, Brasília, DF, 2010.
6. BRASIL. Resolução CONAMA N.º 375 de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos para uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2006a, 32 p.
7. CORDEIRO, J. S. Processamento de lodos de Estações de Tratamento de Água (ETA's). In: ANDREOLLI, C. V. (Coord). Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final. Capítulo 9. Rio de Janeiro: ABES, 2001. 282 p. (Projeto PROSAB)
8. CORDEIRO, J.S., REIS, R. F.; ACHON, C.L.; BARROSO, M. M. Evolução dos Leitos de Drenagem (LD) no Brasil – uma década de avanços. In: XXXIV Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental (AIDIS), Anais. Monterrey - México, 2 a 6 novembro de 2014, cód. 332-T8-Cordeiro-Brasil-1, 8 p.
9. FONTANA, A.O. Sistema de leito de drenagem e sedimentador como solução para redução de volume de lodo de decantadores e reuso de água de lavagem de filtros – estudo de caso – ETA Cardoso. 2004, 161 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos/UFSCar. São Carlos, 2004.

10. MORTARA, F. C. Utilização de leitos de drenagem no desaguamento de lodos anaeróbios. Dissertação (mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, São Paulo, 2011, 241p.
11. REIS, R.F. Estudo de Influência de Cobertura Plástica na Remoção de Água de Lodos de Estações de Tratamento de Água em Leitos de Drenagem. 2011. 131p. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.
12. SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo. 1ª ed. – São Paulo: SMA, 2014, 350 p.
13. SILVEIRA, C.; KURODA, E. K.; ABE, C. H.; YOSHIKI, L. HIROOKA, E. Y. Desaguamento do lodo de estações de tratamento de água por leito de drenagem/secagem. Revista Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v. 20, n.2, abr./jun. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522015020000082264>>. Acesso em: dez. 2016.
14. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005, 452 p.