

Remoção de umidade de lodo anaeróbio de UASB em leito de secagem com piso de blocos drenantes

Moisture removal from anaerobic UASB sludge in a drying bed with drainage blocks floor

• **Data de entrada:**
03/03/2020

• **Data de aprovação:**
03/08/2021

Sabrina Mariel Corrêa da Silva^{1*} | Cali Achon² | Gustavo Henrique Ribeiro da Silva³

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2022.066>

ORCID ID

Silva SMC  <https://orcid.org/0000-0002-2294-0592>

Achon C  <https://orcid.org/0000-0001-5819-8089>

Silva GHR  <https://orcid.org/0000-0002-0741-8966>

Resumo

Diante do aumento da fiscalização ambiental e do volume de lodo gerado durante o tratamento de esgoto, concessionárias de saneamento têm buscado alternativas mais econômicas e eficientes para o desaguamento do lodo, visando à redução de custos e facilitando a destinação ambientalmente adequada. O leito de secagem com piso de blocos drenantes é uma modalidade de desaguamento natural, que inclui a fase de drenagem e secagem do lodo, e pode ser visto como alternativa promissora para sistemas de tratamento de esgoto de pequeno porte. Portanto, o presente trabalho analisou o desaguamento de lodo anaeróbio nas fases de drenagem e secagem, em leito piloto de piso de blocos drenantes em três períodos do ano distintos. O leito com piso de blocos drenantes mostrou-se eficiente na drenagem do lodo reduzindo mais de 65% do volume de lodo, após 24h do descarte, independentemente da concentração do lodo. Em relação à secagem, em todos os ensaios o lodo alcançou acima de 20% de ST em apenas 8 dias. As condições climáticas influenciaram a fase de secagem, principalmente a umidade relativa do ar e precipitação, propiciando em 22 dias de secagem valores de ST próximos a 30% em dois ensaios e acima de 60% para o ensaio realizado no inverno.

Palavras-chave: Desaguamento de Lodo. Secagem de lodo. Leito de Secagem. Bloco Drenante.

Abstract

In view of the increase in environmental inspection and the volume of sludge generated during sewage treatment, sanitation concessionaires have been searching for more economical and efficient alternatives for sludge dewatering, aiming at reducing costs and facilitating environmentally adequate disposal. The wedge wire drying bed is a natural dewatering modality, encompassing the drainage and drying phase of the sludge, and seen as a promising alternative for small-sized sewage treatment systems. The efficiency of natural dewatering systems depends on the type and concentration of the sludge and also on the climatic conditions that influence natural drying. Therefore, the present work analyzed the dewatering of anaerobic sludge without polymer in the drainage and drying phases, in a pilot wedge wire sludge bed, with three different concentrations of total solids (%ST) in the sludge, and consequently the application rate of solids (ARS) in three different periods of the year. The wedge wire sludge bed proved

¹ Mutação Sustentável - Lins - São Paulo - Brasil.

² UFSCar - São Carlos - São Paulo - Brasil.

³ Universidade Estadual Paulista - Bauru - São Paulo - Brasil.

* **Autora correspondente:** sabrina.eng.amb@gmail.com.

to be efficient in sludge drainage reducing more than 65% of the sludge volume, after 24h of the discharge, regardless of the ARS. Regarding to its drying phase, in all trials, the sludge reached above 20%ST in only 8 days. After 22 days of drying, the climatic conditions influenced mainly the relative air humidity and precipitation, providing ST values close to 30% in two trials and over 60% for the winter test.

Keywords: Sludge dewatering. Sludge drying. Drying bed. Wedge wire.

1 INTRODUÇÃO

O lodo, resíduo gerado durante o tratamento de esgotos, tem recebido maior atenção por parte das concessionárias de saneamento devido ao desafio de atingir o gerenciamento sustentável, em atendimento à legislação da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), intitulada pela Lei 12.305 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010), a qual determina que o resíduo sólido deverá ter sua destinação ambientalmente correta, antes da disposição dos rejeitos, ou seja, quando os resíduos não possuem mais possibilidade de serem tratados e recuperados. Nessa vertente, o lodo após sua digestão é considerado um biossólido, isto é, um resíduo rico em matéria orgânica e nutrientes com quantidade de patógenos reduzida a níveis que possibilitam a sua reutilização na agricultura desde que estejam de acordo com a Resolução Conama nº 498 (BRASIL, 2020), que define os critérios e procedimentos para a aplicação de biossólido gerado em Estação de Tratamento de Esgotos (ETEs) em solos.

Mas, antes de qualquer destinação hoje disponível, o lodo precisa ser preparado, o que acarreta em uma elevação dos custos de operação para o gerador, pois o gerenciamento do lodo pode significar de 20 a 60% do custo total da ETE (VON SPERLING et al., 2007).

Por esses motivos, as empresas têm buscado a melhor solução para cada ETE, pois o adequado planejamento para destinação final do lodo é determinado a partir de uma série de características, desde a concepção e tecnologia do tratamento do esgoto, que influencia na quantidade e tipo do

lodo, até nas etapas de preparação do lodo que incluem: adensamento, estabilização, desagüamento (drenagem e secagem) e higienização.

No Brasil, apesar do uso das tecnologias mecanizadas ter aumentado nos últimos anos, ainda existe a tendência de optar pelo leito de secagem para o desagüamento de lodo, principalmente em ETE de pequenos municípios e, visto que além do clima do país ser propício à secagem natural, a população de 44% dos municípios brasileiros está abaixo de 10.000 habitantes (IBGE, 2015), o que classifica ETE de pequeno porte. Devido também ao clima quente, existe uma maior propensão do tratamento do esgoto destes pequenos municípios a conter tratamento anaeróbio por reator UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*), o qual gera um lodo do tipo anaeróbio digerido.

As vantagens da utilização de leitos de secagem são: baixo valor de investimento, simplicidade operacional, baixo consumo de energia elétrica, baixa sensibilidade a variações nas características do lodo e torta de lodo com alto teor de sólidos. No entanto, se essa solução for mal aplicada ou operada, as desvantagens se sobressaem, que são: elevada área requerida para instalação, necessidade de estabilização prévia do lodo, influência do clima no desempenho da secagem, lenta remoção do lodo seco, elevada mão de obra para limpeza, restrição no teor de sólidos final do lodo e facilidade de colmatação da camada filtrante, que pode causar em perda da mesma e aumentar os custos com manutenção.

Com o objetivo de minimizar as desvantagens dessa solução natural de desagüamento, o lei-

to de secagem tem sido modificado, e variações desse sistema têm surgido, dentre as quais podemos destacar o leito de secagem com piso de blocos drenantes.

O bloco drenante é um meio filtrante em polipropileno que substitui as camadas de brita e areia de um leito convencional, o qual já possui aplicação no Brasil por indústria e concessionária de águas e esgotos. No entanto, ainda existe pouco estudo sobre o seu desempenho.

Por esse motivo, este artigo tem como objetivo analisar de uma forma exploratória a remoção de umidade de lodo anaeróbio digerido em um piloto de leito de secagem com piso de blocos drenantes, avaliando as fases de drenagem e secagem, sem uso de produtos químicos (condicionantes) e considerando a influência das condições climáticas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O bloco drenante utilizado nesta pesquisa é de polipropileno, com medidas de 30x30cm com 5cm de altura e segundo o fabricante possui 12% de área livre com aberturas cônicas de 0,07mm (EMICOL). Na Fig. 1 é apresentado o bloco drenante utilizado no leito piloto.

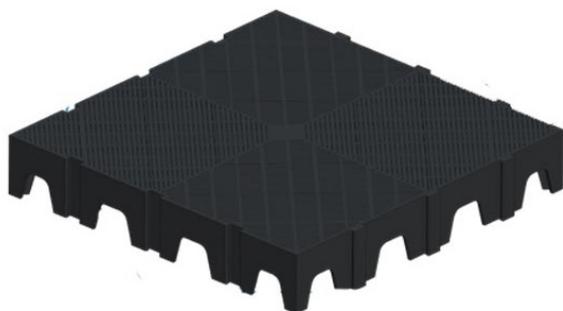


Figura 1 - Bloco drenante em polipropileno.
(Fonte: Emicol)

Para a realização dos testes, construiu-se um leito piloto com medidas internas de 90x90cm por 28cm de altura, com o total de 9 blocos drenantes. Em um dos lados do leito foi colocada uma válvula para drenagem da água livre do lodo.

O lodo foi coletado em uma ETE, que trata atualmente $636 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$, cujo sistema de tratamento é composto por tratamento preliminar, tratamento biológico com reatores UASB, tratamento físico-químico e flotação por ar dissolvido, desinfecção com radiação ultravioleta e pós-aeração por escada hidráulica. As amostras de lodo para a realização dos testes foram coletadas na saída de um dos reatores UASB, na primeira válvula de descarte de lodo com altura de 1,40 m da base do reator, para se obter o lodo mais concentrado.

O volume de lodo desaguado foi determinado a partir da altura de camada de lodo de 20 cm acima do piso de bloco drenante, ou seja, 25 cm no total. Sendo assim, o volume total descartado foi de aproximadamente 202,5 L em todos os testes. Nos testes realizados, não foi adicionado condicionante, a fim de verificar o desempenho e eficiência da fase de drenagem sem uso de produtos químicos. Após seu preenchimento até a altura de 20cm foi estabelecido um tempo de repouso para ocorrer a decantação e conseqüentemente a separação do lodo mais concentrado no fundo. O tempo de repouso de 20min foi estipulado a partir do primeiro teste após ser possível notar a clarificação e separação na superfície do lodo.

Após o tempo de repouso, a válvula de drenagem foi aberta, e a partir do 11^o (décimo primeiro) minuto foi medida a altura da camada de lodo para estimar a redução de volume no tempo durante a drenagem. Também foi coletada amostra do lodo bruto descartado para determinação de teor inicial de sólidos totais conforme a metodologia SMEWW 2540 (APHA; AWWA; WEF, 2011). Na Tabela 1 são apresentados os parâmetros de controle e os tempos de coleta de dados durante a fase de drenagem.

Tabela 1 - Parâmetros de controle durante a fase de drenagem.

Controle/Tempo(min)	1	11	31	41	51	61	71	81	91	101
Altura		x	x	x	x	x	x	x	x	x
Coleta de Amostra	x	x	x		x			x		x

A Taxa de aplicação de sólidos (TAS) de cada ensaio foi determinada de acordo com a Eq. 1, que relaciona o teor de sólidos totais do lodo bruto (ST), a densidade média do lodo (ρ) de 1030 kg m^{-3} , o volume de lodo aplicado no leito (V) em m^3 e a área de fundo do piloto (A) $0,81 \text{ m}^2$.

$$\text{TAS} [\text{kgST} \times (\text{m}^{-2})] = (\text{ST} \times \rho \times V) \times A^{-1} \quad (1)$$

Após a fase de drenagem, foi determinada a altura de camada de lodo inicial para a fase de secagem. Para acompanhamento da fase de secagem do lodo, foram coletadas amostras da torta de lodo em triplicata, após 24 horas do descarte, e mais cinco amostras em triplicata durante todo o período de secagem. As médias para o teor de sólidos foram relacionadas com o tempo de secagem para reproduzir a curva de secagem.

Foram realizados três testes com o lodo anaeróbio em escala piloto. O TP (teste piloto) 1 foi iniciado no dia 10 de maio de 2016, estação de

outono no Brasil. O TP 2 foi iniciado no dia 27 de agosto de 2016, estação de inverno. E por fim, o TP 3 iniciou-se no dia 19 de novembro, estação de primavera.

Durante o período de secagem informações sobre as condições climatológicas, como temperatura e umidade do ar, radiação solar, velocidade do vento e precipitação, foram extraídas do site do Instituto Nacional Meteorológico (INMET) da Estação Automática A711 para relacionar a influência no processo de secagem natural do lodo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Desaguamento do lodo: taxa de aplicação de sólidos (TAS).

Na Tabela 2 são apresentadas as condições iniciais dos testes realizados: o volume de lodo aplicado, o teor de sólidos totais do lodo bruto e a TAS em kgST.m^{-2} , determinada de acordo com a Eq. 1.

Tabela 2- Condições iniciais dos testes: volume, teor de sólidos totais do lodo bruto e TAS.

Teste	Volume inicial de lodo bruto (L)	Teor de sólidos totais do lodo bruto (%ST)	Taxa de aplicação de sólidos (kgST.m^{-2})
TP 1	202,5	1,2	3
TP 2	202,5	2,8	7
TP 3	202,5	4,4	11

3.2 Desaguamento do lodo: fase de drenagem

Na Fig. 2 é apresentada a redução de volume para os três testes durante a fase de drenagem do lodo, obtido por meio da medição da altura

reduzida ao longo do tempo. Ao compará-las, percebe-se uma similaridade na redução do volume de lodo em 24h (1140min), acima de 70% para o TP 1 e, acima de 65% para o TP 2 e o TP 3.

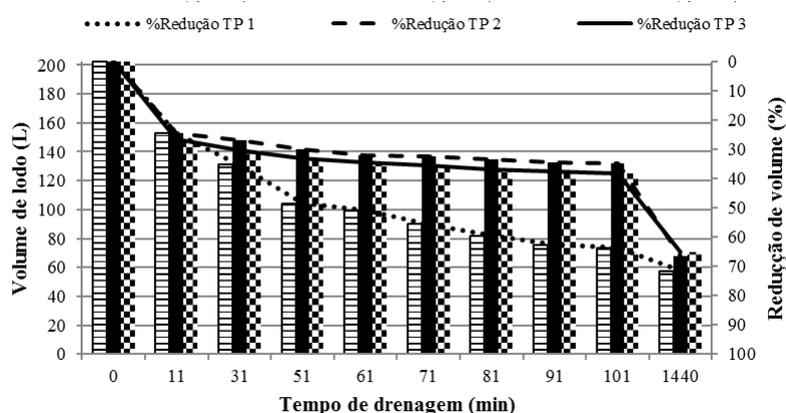


Figura 2 - Redução de volume de lodo durante a drenagem.

Como o teor inicial de sólidos totais do lodo dos testes TP 2 e TP 3 é mais elevado, 2,8% e 4,4%, respectivamente, nota-se na Fig. 2 que a redução de volume no TP 2 e TP 3 foi menor até os 101min de drenagem, porém atingiu valores muito próximos do TP 1 após 24h (1440min). Isso indica que, para uma duração de drenagem pré-determinada em 24h em leito com piso de bloco drenante, a variação de TAS aplicada não influenciou significativamente na eficiência de redução de volume para o mesmo tipo de lodo, com isso a aplicação

de TAS de 11 kgST. m⁻² traria vantagem com otimização de área.

Após 24h do descarte foi caracterizado como o fim da fase de drenagem e início da fase de secagem, pois praticamente toda a água livre já havia sido drenada com a vazão de drenagem de 0,2 L.min⁻¹, não sendo possível mais visualizar água drenando. Para avaliar a eficiência dessa etapa, foi medida a altura de camada de lodo inicial e determinado o teor de sólidos da torta de lodo (lodo desaguado), os quais estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Altura da camada e umidade do lodo desaguado após a fase de drenagem (24h).

Ensaio	% ST no lodo bruto (inicial)	Altura de camada de lodo no leito após 24h (cm)	% ST do lodo desaguado após 24h
TP 1	1,2	6,5	13,9
TP 2	2,8	7,7	14,4
TP 3	4,4	8,5	13,0

Como pode ser observado na Tabela 3, quanto maior a %ST no lodo bruto e consequente TAS, maior a altura da camada de torta de lodo formada após a drenagem da água livre. Por outro lado, os resultados do teor de sólidos totais no lodo ao final da fase de drenagem (após 24h) foram aproximados para os três testes, atingindo

valores de 13,9%, 14,4% e 13,0% de ST, para TP 1, TP 2 e TP 3 respectivamente. Embora o TP 3 tenha atingido o menor valor para %ST após 24h, pode-se considerar insignificante em relação à média de 13,8%ST. Logo, a aplicação da TAS de 11 kgST. m⁻² se apresentou vantajosa em relação às demais.

3.3 Desaguamento do lodo: fase de secagem

Após 24h do descarte, iniciou-se a etapa de secagem, e o %ST inicial é aproximadamente o mesmo para os três testes, 13,9% para TP 1, 14,4% para o TP 2 e 13,0% para o TP 3.

A partir dos dados de teor de sólidos totais e de tempo, foi possível reproduzir as curvas de secagem para os testes TP 1, TP 2 e TP 3, que estão ilustradas na Fig. 3.

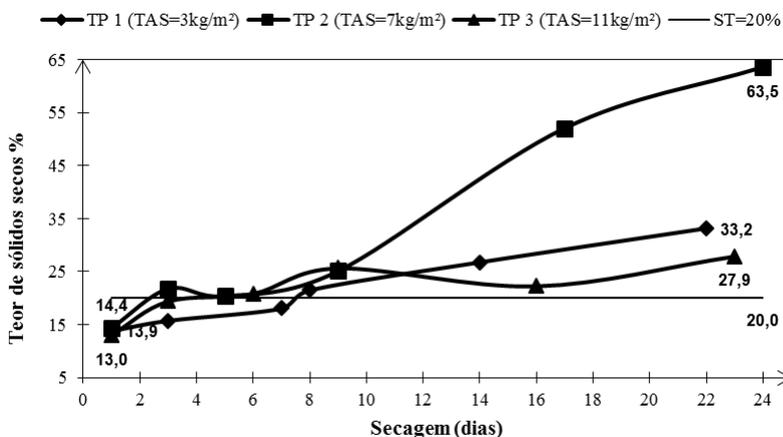


Figura 3 - Curvas de secagem do TP 1, TP 2 e TP 3.

Analisando a Fig. 3, nota-se uma similaridade no comportamento dos três testes até o 10º dia da fase de secagem, sendo que o %ST atingido em menos de 8 dias foi acima de 20%, independentemente da TAS de cada teste e das condições climáticas do período. No entanto, dentro praticamente da mesma duração de secagem (de 22 a 24 dias), os valores para %ST final foram diferentes. O TP 1 atingiu 33,2%ST, o TP 2 atingiu 63,5%ST e o TP 3 atingiu 27,9% ST.

Na Tabela 4 têm-se as condições climáticas médias diárias e precipitações acumuladas para os

três períodos de secagem. Como pode ser observado na Tabela 4, durante o TP 2, que foi realizado no inverno, as condições climáticas foram mais favoráveis para a secagem do que os outros dois testes (TP 1 e TP 3) realizados no outono e primavera, pois a umidade relativa do ar média foi menor, a radiação solar média foi maior, causando aumento de temperatura, e ainda ocorreu menos chuva durante o teste. Segundo Vanzetto (2012), a evaporação da água no lodo é mais rápida quando a temperatura do ar é alta, a umidade relativa do ar é baixa e há ventilação para renovação do ar.

Tabela 4 - Condições climáticas durante o TP 1, TP 2 e TP 3.

Teste	Estação	Período (dias)	Temperatura Média (°C)	Umidade Média (%)	Vel. Vento (m.s ⁻¹)	Radiação Média (kJ.m ⁻²)	Precipitação Acumulada (mm)
TP 1	Outono	22	17,9	85	1,50	13.620,7	151,2
TP 2	Inverno	24	20,5	66,5	1,75	20.098,5	39,6
TP 3	Primavera	23	21,8	77,2	1,75	19.240,3	202,2

Ao analisar as condições de temperatura, umidade e radiação do TP 3, é possível afirmar que o que prejudicou a evolução da secagem do lodo neste caso foi a precipitação, umidificando o lodo, que seria praticamente anulado por uma cobertura plástica transparente tipo estufa agrícola no leito piloto, o qual já tem sido aplicado para leitos de secagem (COMPARINI, 2001; FERREIRA, 2001; ANDREOLI et al., 2001).

Ao comparar com os resultados obtidos por Mortara (2011), o leito com piso de blocos drenantes apresentou vantagem na secagem se comparado ao leito de drenagem com manta geotêxtil. O teor de sólidos final encontrado por Mortara (2011) em 20 dias de secagem foi de 23,7%, para TAS de 13,6 kgST.m⁻² iniciando a etapa de secagem com quase 12%ST. Segundo Mortara (2011), o

período de secagem foi entre fevereiro e março de 2011, estação de verão no Brasil, o que caracteriza alta temperatura e radiação solar. O TP 3 com TAS de 11 kgST.m⁻² o qual ocorreu durante esta estação da primavera, poderia ter encerrado a etapa de secagem com 9 dias quando atingiu 25,7%ST, valor este próximo e até mesmo mais alto comparado ao teor de sólido total alcançado por equipamento mecânico de desaguamento que usam condicionantes.

Outra característica do lodo que está relacionado com o teor de matéria orgânica é o seu encolhimento na secagem. O encolhimento consiste na redução do tamanho do lodo devido à perda de água na secagem. Na Fig. 4 está ilustrada a alteração do aspecto do lodo TP 1 durante a secagem.



Figura 4 - Aspecto do lodo durante a secagem: a) lodo pastoso b) lodo com rachaduras c) lodo granular

A imagem (a) refere-se ao lodo com 1 dia de secagem, aspecto pastoso de cor escura característica do lodo anaeróbio, na imagem (b) está apresentado o lodo com a presença de várias rachaduras formadas em 14 dias de secagem e coloração mais clara; e por fim, na imagem (c) está apresentado o lodo com aspecto granular e encolhido, mais seco, cor mais clara na camada mais exposta do que as camadas inferiores com 22 dias de secagem.

4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos a partir dos testes em escala piloto de leito de secagem com piso de blocos drenantes para lodo anaeróbio digerido se mostraram satisfatórios, apresentando uma drenagem eficiente, reduzindo acima de 65% o volume de lodo após um dia do descarte, independentemente da taxa de aplicação de sólidos (TAS) no leito.

Em relação à secagem, as condições climáticas se mostraram determinantes no resultado final, principalmente a umidade relativa do ar, pois para o mesmo tipo de lodo, mesmo método de operação e condições iniciais de secagem semelhantes, os valores finais de teor de sólidos totais foram diferentes para os três períodos analisados.

Quanto à taxa de aplicação de sólidos, os resultados obtidos comprovam que fixar uma TAS para dimensionar um leito não é suficiente para determinar o processo de drenagem e secagem, sendo que poderá ocorrer variação no teor de sólido total no lodo e variação das condições climáticas que influem na secagem e umidade final. Porém, para o lodo com característica anaeróbia de reator UASB, a TAS que se mostrou mais vantajosa na aplicação obtendo os mesmos resultados na drenagem foi a de 11 kgST.m⁻².

5 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Conceitualização: Silva SMC, Achon C; **Metodologia:** Silva SMC e Achon C; **Investigação:** Silva SMC; **Redação – Primeira versão:** Silva SMC; **Redação – Revisão & Edição:** Silva SMC, Achon C, Silva GHR; **Aquisição de Financiamento:** Silva GHR; **Recursos:** Silva SMC, Achon C, Silva GHR; **Supervisão:** Silva GHR.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código Financeiro 001; Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) 309064/2018-0 e 427936/2018-7. Os autores agradecem ao Laboratório de Saneamento do DECiv do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), e a Estação de Tratamento de Esgotos Mon-

jolinho do Serviço Autônomo de Águas e Esgoto de São Carlos.

7 REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 22º ed. Washington. 2005.

ANDREOLI et al. Desidratação de Lodo de Esgotos. In: ANDREOLI, C.V. **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final.** Rio de Janeiro. ABES. 2001. Cap III. pag. 57-86.

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

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lei nº 12.305**, de 02 de agosto de 2010. Brasília, DF, Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em: 28 de agosto de 2016.

BRASIL. **Resolução CONAMA N.º 498** de 19 de agosto de 2020. Define critérios e procedimentos para produção e aplicação de biossólido em solos, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2020a, 21 p.

EMICOL. **Imagem bloco drenante.** Disponível em: <<http://www.brasworld.net/site/secagem-de-lodo/bloco-drenante/>>. Acesso em: 30 de julho de 2015.

COMPARINI, J.B. **Estudo do decaimento de patógenos em biossólidos estocados em valas e em biossólidos submetidos à secagem em estufa agrícola.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. 278p.

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.

FERREIRA, A. C. **Monitoramento da secagem e desinfecção de lodo anaeróbio em leito de secagem com uso de estufa plástica e biogás.** Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal do Paraná. 2001. 112p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2015.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2013/default.shtm>. Acesso em: 28 agosto de 2016.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf>. Acesso em: 10 de outubro de 2016 e 03 de janeiro de 2017.

MORTARA, F. C. **Utilização de leitos de drenagem no desaguamento de lodos anaeróbios**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2011. 241p.

RUIZ, T., WISNIEMSKI, C., KAOSOL, T., PERSIN, F. Influence of organic content in dewatering and shrinkage of urban residual sludge under controlled atmospheric drying. **Institution of Chemical Engineers**, 2017. Vol 85 (B1) 104-110p. Disponível em: < [http://www.psep.ichemejournals.com/article/S0957-5820\(07\)71392-7/abstract](http://www.psep.ichemejournals.com/article/S0957-5820(07)71392-7/abstract)>. Acesso em: 25 de abril de 2017.

SNIS - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **20º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**. Brasília: Ministério das Cidades, 2014. 212 p.

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

VANZETTO, A. S. **Análise das alternativas tecnológicas de desaguamento de lodos produzidos em estações de tratamento de esgoto**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos). Universidade de Brasília, Distrito Federal. 2012. 185p

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

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.