

Luana Lima Guimarães
Patrícia Gonçalves de Freitas
Organizadoras

MEIO AMBIENTE:

GESTÃO, PRESERVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

3



2021

CAPÍTULO 35

DOI: 10.47402/ed.ep.c202182834486

MODELAÇÃO DA APLICAÇÃO DE LEITOS DE SECAGEM NA DESIDRATAÇÃO DE LAMAS DE ETARs PARA PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO

Amaraldo Campos, UAN, LESRA, Faculdade de Engenharia da UAN, Angola
Anabela da Graça Alexandre Leitão, Doutor em Engenharia Química, FEUP e Professora
Universitária, Faculdade de Engenharia, UAN, Angola
Ramiro José Espinheira Martins, Doutor em Engenharia Química, FEUP e Professor
Universitário, IPB, Portugal

RESUMO

O processo de desidratação de lamas em Leitos de Secagem é uma tecnologia de baixo custo para tratamento e gestão das lamas produzidas em ETARs. Este estudo tem como objectivo principal ser um contributo na modelação matemática da aplicação dos leitos de secagem no processo de tratamento de lamas geradas numa Estação de Tratamento de Águas Residuais, baseando-se nas condições climáticas de países em via de desenvolvimento, caso especial de Angola. Foi projectada, construída, operada e monitorizada uma instalação piloto de tratamento de lamas, composta por seis tanques cilíndricos com um volume de 120 L e área superficial de 0,2 m², para desidratação de lamas produzidas na ETAR do Sequele (Luanda-Angola) e uma estação meteorológica portátil instalada no local da experiência para registo das condições climáticas. Para avaliar o funcionamento e a eficiência dos leitos de secagem foram realizados dois ciclos de desidratação de lamas em leitos de secagem em função do tempo de exposição ao ar, acompanhados da medição dos parâmetros meteorológicos e recolha de amostras (lama bruta, lama desidratada e água drenada) para medição laboratorial de parâmetros de controlo da carga poluente. Antes do arranque dos ensaios definiu-se o processo de revolvimento, nos tanques Tk2, Tk4 e Tk6, a fim de avaliar a influência deste procedimento no processo de desidratação. No I ciclo de desidratação, o valor de sólidos totais passou de 5,4% na lama bruta (LB) para 42,4% na lama desidratada (LD) e no II ciclo da desidratação, de 5,6% para 85%. No decurso do estudo, verificou-se que a remoção de água das lamas ocorreu essencialmente por dois fenómenos naturais, percolação e evaporação, com o consequente surgimento de gretas para acelerar o processo da remoção de água, bem como uma redução notável da espessura inicial da camada de lama e aumento da concentração de sólidos totais (ST) em função das condições climáticas do período. Os leitos de secagem foram eficientes na remoção da água drenada e na redução dos coliformes totais nas amostras da lama desidratada e do líquido drenado. Para os leitos de secagem com menor espessura inicial da camada de lama, o processo revelou-se mais eficiente, com a concentração de ST a aumentar de 5,6% (lama bruta) para 84,5% (lama desidratada).

PALAVRAS-CHAVE: Lamas de ETAR, Leitos de Secagem, Modelação Matemática, Desidratação de Lamas.



INTRODUÇÃO

A modelação matemática baseia-se nos conceitos e técnicas matemáticas que servem para analisar, interpretar e solucionar os problemas da vida real em toda sociedade. Países em via de desenvolvimento especialmente Angola, uma das causas de existência de várias doenças hídricas que originam maior número de mortalidade infantil é a falta de acesso ao saneamento básico que não corresponde às necessidades da população. Porque 90% de águas residuais produzidas não têm tratamento adequado e 55% da população não têm acesso ao saneamento básico. Para se reverter esta situação é necessário a construção de mais estações de tratamento de águas residuais para aumentar a cobertura do saneamento básico em todo território Angolano.

No entanto, o tratamento das águas residuais, origina um outro e grande problema, a gestão das lamas geradas numa ETAR. A legislação ambiental de alguns países já exige especificamente as técnicas do destino final de lamas nos processos de licenciamento. A desidratação das lamas geradas numa ETAR, representa uma etapa essencial do processo de tratamento de águas residuais, tem como objectivos: estabilização da matéria orgânica, redução de contaminação bacteriológica e aumento da concentração de sólidos. A redução de volume, traduz-se numa gestão mais facilitada para baixos custos de armazenamento, transporte e destino final. Existem várias tecnologias para tratamento de lamas. As técnicas naturais, como os leitos de secagem (LS), são processos simples com baixos custos operacionais, energéticos e de instalação, mas requerem condições climáticas favoráveis e maior espaço disponível em comparação com as tecnologias mecânicas (METCALF & EDDY, 2003).

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo experimental da desidratação de lamas de ETAR em leitos de secagem foi levado a cabo em Luanda–Angola pelas seguintes razões: condições climáticas favoráveis, baixo custo de operação/manutenção, recursos humanos pouco especializados, espaço barato e disponível.

A fase da construção, operação e monitorização do processo experimental á escala piloto, foi executado em cinco etapas. Primeira etapa - compactação do local da experiência e construção dos alicerces, conforme pode ser visualizado na Figura 1.

Segunda etapa - aquisição e montagem de seis tanques circulares com um volume de 120 litros e área superficial interna de 0,2 m²; obtenção do meio drenante dos leitos de secagem com a granulometria apropriada, instalação de tubagens e montagem da estrutura metálica para suporte dos leitos.

Figura 1: Compactação do local da experiência e construção dos alicerces.



Fonte: Autores.

De acordo com Sperling (2014), os leitos de secagem são geralmente tanques retangulares ou circulares, constituídos por meio de suporte e sistema de drenagem, sendo que a remoção de água é devida a percolação e evaporação (Figura 2).

Figura 2: Aquisição e montagem de 6 tanques circulares.



Fonte: Autores.

Terceira etapa - instalação de uma estação meteorológica portátil no local da experiência para medição e registo dos parâmetros meteorológicos relevantes para o processo (radiação solar, temperatura, humidade relativa do ar e velocidade do vento), conforme se mostra na Figura 3.

Figura 3: Instalação de uma estação meteorológica portátil no local da experiência.



Fonte: Autores.

Quarta etapa - recolha de amostra da lama bruta na ETAR do Sequele (Município do Cacuaco, província de Luanda – Angola) na linha de tratamento da fase sólida, na válvula de descarga do tanque de estabilização biológica de lamas.

Tendo homogeneizado previamente a amostra da LB, foram determinados alguns parâmetros de controlo da carga poluente em todos tanques (Tk1 - Tk6), para obter dados iniciais sobre as características da amostra da LB em cada tanque, a fim de avaliar o desempenho dos leitos de secagem em função do tempo da exposição ao ar face às condições climáticas durante o período dos ensaios. Importa inferir que o programa de controlo analítico na fase inicial de carregamento de lamas nos tanques, mostra a avaliação global das características da amostra da lama bruta e o grau de funcionamento do sistema experimental, conforme mostra a Figura 4.

Figura 4: Homogeneização e enchimento da amostra da lama bruta nos tanques.



Fonte: Autores.

Quinta etapa - arranque da operação e monitorização da experiência em dois ciclos de desidratação e espessamento da lama, durante um período de dois meses (Figura 5). Previamente ao arranque dos ensaios, definiu-se o processo de revolvimento das lamas nos tanques Tk2, Tk4 e Tk6, a fim de avaliar a influência deste procedimento na desidratação das lamas. O processo de revolvimento foi realizado no interior dos tanques durante os ensaios experimentais, decorreu do 1º a 10º dia, todas manhãs e uma vez por dia antes da recolha da amostra de lama desidratada.

A determinação analítica dos parâmetros relativos à carga poluente nas amostras da LD e do líquido drenado durante o processo, foi realizada no Laboratório de Engenharia da Separação, Reação Química e Ambiente (LESRA) e no Laboratório de microbiologia do Instituto Nacional de Investigação pesqueira (INIP), de acordo com os procedimentos analíticos definidos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005).

Figura 5: Arranque da operação e monitorização dos ensaios experimentais de desidratação da lama.



Fonte: Autores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizados dois ciclos de desidratação de lamas em leito de secagem (LS): o I ciclo foi realizado de 14 de outubro a 14 de novembro de 2019 e o II ciclo foi realizado de 22 de dezembro de 2019 a 22 de janeiro de 2020. Durante a monitorização do processo foram seleccionados e medidos alguns parâmetros meteorológicos (radiação solar, temperatura, velocidade do vento e humidade relativa do ar). A radiação solar é a maior fonte de energia para a terra, sendo também o principal elemento e primordial na variação dos demais, pois é ela que desencadeia todo processo meteorológico afectando todos os elementos. Os parâmetros meteorológicos têm grande influência no processo de tratamento de lama em LS.

No I ciclo os valores dos parâmetros medidos são inferiores aos do II ciclo. Este facto, mostra que durante o processo registou-se alguma variação climática. Neste contexto, com base os resultados obtidos, pode se inferir que as condições climáticas de Angola são favoráveis para o tratamento de lamas em LS e o problema de saneamento pode ser resolvido utilizando os meios naturais disponíveis. Os valores meteorológicos médios obtidos no I e II ciclos, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Valores dos parâmetros meteorológicos registados durante os Ciclos I e II.

Parâmetro	Ciclo I	Ciclo II
Temperatura (°C)	30,2 ± 0,5	31,7 ± 0,5
Radiação solar (w/m ²)	457 ± 22	993 ± 29
Humidade relativa do ar (%)	65,5 ± 1,30	65,6 ± 1,6
Velocidade do vento (m/s)	1,28 ± 0,11	1,58 ± 0,19

Fonte: Autores.

Durante os ensaios foram seleccionados e medidos alguns parâmetros de controlo da carga poluente (pH, ST, SST, CQO, Azoto Total, Fósforo Total e Coliformes Totais) em

amostras da LB, LD e líquido drenado. Os valores médios obtidos dos parâmetros de controlo durante o I e II ciclos de desidratação são mostrados nas Tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 3: Parâmetros de controlo da carga poluente para avaliação do desempenho dos LS durante o ciclo I.

Parâmetro	Lama bruta	Lama desidratada
ST (%)	5,4 ± 0,1	42,4 ± 2,9
pH	7,7 ± 0,1	7,2 ± 0,2
CT (MNP/100 mL)	> 240	49 ± 14
CQO (mg O ₂ /L)	355 ± 5	104 ± 16
Fósforo Total (mg P/L)	206 ± 0,1	----
Azoto Total (mg N/L)	805 ± 1	----

Fonte: Autores.

Tabela 4: Parâmetros de controlo da carga poluente para avaliação do desempenho dos LS durante o ciclo II.

Parâmetro	Lama bruta	Lama desidratada
ST (%)	5,6 ± 0,11	84,5 ± 3,3
pH	7,9 ± 0,1	7,4 ± 0,5
CT (MNP/100 mL)	> 240	47 ± 14
CQO (mg O ₂ /mL)	4314 ± 4	94 ± 16
Fósforo Total (mg P/L)	209 ± 1	----
Azoto Total (mg N/L)	804 ± 1	----

Fonte: Autores.

Os resultados obtidos dos parâmetros de controlo de carga poluente para avaliação do desempenho dos LS, são satisfatórios. Os leitos de secagem foram eficientes na remoção da carga poluente e no aumento da concentração do teor de sólidos da lama. No I ciclo a concentração de ST passou de 5,4% na LB para 42,4% na LD e no II ciclo a concentração de ST passou de 5,6% na LB para 84,5% na LD. Durante o tempo de exposição ao ar, os LS com menor espessura da camada inicial de lama tiveram maior desempenho no processo em comparação com os LS com maior espessura de camada inicial de lama. A lama tratada não deve permanecer nos LS com uma concentração de ST superior a 35%, porque promove o crescimento de vegetação e dificulta a sua remoção (ANDREOLI et al, 2007). Os valores médios dos parâmetros da amostra do líquido drenado do sistema piloto durante o I e II ciclos, foram comparados com os valores limites de emissão (VLE) na descarga de efluentes, com base o enquadramento legal da legislação Angolana em vigor (Decreto Presidencial 261/11, 2011). Durante o processo experimental, verificou-se que os resultados obtidos do líquido drenado satisfazem os VLE da legislação angolana em vigor para descarga de efluentes no meio hídrico com segurança. Isto significa que a desaguamento de lamas em leitos de secagem pode ser feita

sem causar perturbações ao nível do ecossistema, conforme os resultados ilustrados na Tabela 5.

Tabela 5: Comparação dos valores do líquido drenado à saída do sistema com os VLE na descarga do efluente no enquadramento legal (legislação de Angola).

Parâmetro	Drenado do ciclo I	Drenado do ciclo II	VLE
pH	7,1 ± 0,3	7,1 ± 0,5	6,5 – 8,5
CT (MNP/100 mL)	9,9 ± 3,7	9,7 ± 3,4	----
SST (mg/L)	6,6 ± 1,1	5,2 ± 1,8	60
CQO (mg O ₂ /mL)	104 ± 16	87 ± 16	150
Fósforo Total (mg P/L)	3,1 ± 1,1	2,8 ± 0,7	3,0
Azoto Total (mg N/L)	13,5 ± 2,2	12,9 ± 1,9	15

Fonte: Autores.

CONCLUSÕES


O desempenho da instalação experimental à escala piloto, no processo de tratamento das lamas em LS durante os dois ciclos de desidratação, foi bastante satisfatório. O teor de sólidos totais da lama passou de 5,6% na LB para 84,5% na LD, nas condições do ciclo II de desidratação.

Para os ensaios com menor espessura inicial da camada de lamas e com revolvimento, foram registados melhores resultados, relativamente aos tanques onde não ocorreu esse procedimento. No ciclo I o valor médio da concentração de ST passou de 5,4% na LB para 42,4% na LD e no ciclo II, de 5,6% para 85%.

Verificou-se ainda para os parâmetros determinados no líquido drenado, que os valores obtidos estão em conformidade com os valores limites de descarga definidos no enquadramento legal do Decreto presidencial 261/11, de 6 de outubro 2011.

O processo de tratamento de lamas de ETAR em LS revelou-se eficiente na remoção da carga poluente da lama desidratada e do líquido drenado, conferindo-lhes maior qualidade para valorização.

A utilização desta tecnologia, com reduzido custo de investimento, baixo custo operacional e mão de obra pouco especializada, para o tratamento de lamas em pequenas



localidades e zonas rurais, pode ser transposta para outros países em vias de desenvolvimento, com condições climáticas similares às de Angola.

REFERÊNCIAS

ANDREOLI, C. V.; SPERLING, M.; FERNANDES, F. (2007). *Biological Wastewater Treatment Sludge*, v. 6, IWA Publishing, London, 2007.

APHA. *Standard methods for the examination of water and wastewater*, Merican Water Works Association and Water Environmental Federation, Washington DC: United States of America, 1998.

BARCELOS, S. S. *Aplicação de Leitões de Secagem no Tratamento do Efluente do Cultivode Litopenaeus Vannamei em Bioflocos*. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

Decreto Presidencial nº 261/11, Diário da República n.º193. *Regulamento sobre a Qualidade de Água*. Luanda, Angola, 2011.

DAVIS, L. M. *Water and Wastewater Engineering: Design Principles and Practice*. McGraw-Hill Education, New York, 2010.

METCALF & EDDY. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse 4th Edition*. McGraw-Hill Education, 2003.

SPERLING, V. M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. v. 4, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

