

II -1533 - INFLUÊNCIA DO LIXIVIADO NO CO-TRATAMENTO COM LODO ANAERÓBIO DE REATOR UASB

Mariana Tibúrcio Durante

Engenheira Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Engenheira Ambiental e Sanitarista da Prefeitura de Jaguariúna. Mestranda em Saneamento e Ambiente na FECFACU/UNICAMP

Samara Luiza Alves Geraldo

Engenheira Civil pela Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP (FECFAU/UNICAMP). Mestranda em Saneamento e Ambiente na FECFAU/UNICAMP.

Luana Mattos de Oliveira Cruz ⁽¹⁾

Professora doutora na Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP (FECFAU/UNICAMP).

Endereço⁽¹⁾: Rua Saturnino de Brito, 224 - Cidade Universitária Zeferino Vaz - Campinas - SP - CEP: 13083-889 - Brasil - Tel: (19) 3521 2377- e-mail: luanamoc@unicamp.br

RESUMO

O lixiviado produzido em aterros sanitários, devido a percolação dos líquidos gerados nas células, detém alto potencial de poluição. O subproduto gerado do aterramento dos resíduos sólidos apresenta elevadas concentrações de matéria orgânica em termos de demanda química de oxigênio (DQO) e baixa biodegradabilidade. O tratamento adequado e eficiente desse efluente torna-se, portanto, um desafio causado principalmente devido a sua composição complexa e instável. Uma alternativa que tem sido utilizada em alguns municípios para o tratamento de lixiviado de aterro sanitário é a destinação dele para Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs). Neste caso, ocorre uma diluição e o tratamento simultâneo com esgoto doméstico. Entretanto, esta prática não está prevista em normas ou instruções técnicas, e poucos estudos se dedicaram a verificar a influência deste tipo de efluente na atividade do lodo existente nos reatores das ETEs. Deste modo, esse estudo prevê a caracterização do lixiviado e a verificação da sua influência na atividade microbiana no lodo anaeróbico proveniente de reator UASB. Serão avaliadas as diluições de 2,5%; 5%; 7,5% e 10% de lixiviado em relação ao esgoto doméstico. As amostras de lixiviado serão coletadas no antigo aterro Delta A em Campinas - SP. Os testes serão realizados em escala de laboratório com esgoto sintético. Serão verificados os teores de remoção de matéria orgânica em termos de DQO pela biomassa nas diferentes contribuições volumétricas de lixiviado.

PALAVRAS-CHAVE: Percolado, Co-tratamento, Tratamento biológico

INTRODUÇÃO

O lixiviado de aterro sanitário é uma mistura heterogênea de composição química e microbiológica complexa, que se destaca por suas elevadas concentrações de matéria orgânica em termos de Demanda Química de Oxigênio (DQO), metais pesados e elevado potencial tóxico (RENOU, et al., 2008).

A destinação correta para o tratamento efetivo torna-se, portanto, uma preocupação evidente, considerando o potencial poluidor do efluente e a importância de assegurar os riscos relacionados a contaminação do solo, águas superficiais e subterrâneas (TORRES et al., 2009).

Em função de suas características, a escolha da técnica mais adequada para o tratamento do lixiviado de aterro sanitário é considerada uma tarefa complexa, que depende de uma análise criteriosa da viabilidade técnica e econômica dos fatores (BAETKKER et al., 2017). Desse modo, o co-tratamento ou tratamento conjunto de esgoto doméstico com lixiviado de aterro sanitário torna-se uma alternativa bastante interessante.

O co-tratamento apresenta não só uma boa relação custo-benefício, mas também ausência de investimento e melhor aproveitamento dos nutrientes, visto que o nitrogênio pode ser suprimido pelo lixiviado e o fósforo pelo esgoto na digestão anaeróbia (RENOU et al., 2008; Santos, 2009).

No Brasil, o tratamento anaeróbio vem sendo amplamente usado por meio dos reatores UASB - *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*, ou reatores anaeróbios de manta de lodo, sendo a segunda tecnologia mais empregada - cerca de 30% das instalações (NOYOLA et al., 2012). Esse processo destaca-se principalmente quando aplicado aos países tropicais e de clima quente. Além disso, os projetos demandam pequena área útil, baixo custo de implantação e operação, menor produção de lodo em relação aos processos aeróbios, baixos custos de geração de energia, e remoção de matéria orgânica em cerca de 75% em termos de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) (CHERNICHARO, 1997; CECCONET et al, 2022).

Contudo, a maioria das referências encontradas concentram-se em sistemas aeróbios de tratamento, sendo apenas pouca delas voltadas aos sistemas anaeróbios utilizando UASB. No entanto, algumas empresas de saneamento recebem em sua linha de tratamento, lixiviado de aterro sanitário para o tratamento conjugado, utilizando os reatores UASB. Dessa forma, o objetivo geral deste trabalho, é investigar se há impactos na atividade da biomassa do lodo anaeróbio quando o lixiviado de aterro sanitário é adicionado em diferentes proporções em conjunto com o esgoto doméstico. O estudo foi realizado em escala de bancada e verificou-se a taxa de remoção da matéria orgânica em termos de DQO.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados em batelada no laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Civil e Arquitetura (FECFAU) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), localizada no município de Campinas - SP. O lodo, objeto do estudo, foi coletado do reator tipo UASB. O lixiviado de aterro sanitário, que atende o município de Campinas, foi coletado da Estação de Transbordo Delta A que funciona desde 1933, e hoje configura-se como uma Estação de Transbordo, mas que ainda gera percolado em pequenas quantidades.

As variáveis analisadas na caracterização do lixiviado foram: pH, Alcalinidade, Turbidez, matéria orgânica em termos de DQO e Nitrogênio Amoniacal por destilação. As análises foram executadas de acordo com a metodologia do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012).

Foi preparado em laboratório o efluente sintético afim de reproduzir o efluente doméstico. O efluente proposto era constituído de soluções de micronutrientes, macronutrientes - substrato de cultivo. Como parte do esgoto sintético, também foi realizado uma solução de sacarose como material orgânico, de concentração de 200mgO₂ /L em termos de DQO.

Para utilização do lodo anaeróbio, foi necessária a determinação dos sólidos suspensos totais, pelo método do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012), a fim de concentrar um volume de 4.000 mg SSV/L - concentração padrão do teste de batelada segundo o *Experimental Methods in Wastewater Treatment* (VAN LOOSDRECHT, 2016).

O procedimento experimental, utilizou o total de 6 frascos, sendo os dois primeiros para análise e controle do lodo e da matéria orgânica respectivamente, identificados como C1 e C2, e os 4 restantes, com as proporções volumétricas de maneira crescente do lixiviado em relação ao volume do frasco Schott de 1L (Figura 1). Os

frascos foram identificados contendo as nomenclaturas C1, C2, F1 (2,5%), F2 (5%), F3 (7,5%), F4 (10%) (Figura1).

Figura 1. Preparo dos testes em frascos do tipo Schott com as diluições de 2,5%; 5% e 10% do lixiviado de aterro sanitário em esgoto doméstico sintético.



Fonte: Autoral

Os frascos eram contidos dos volumes indicados conforme a Tabela 1, e as concentrações indicadas conforme Tabela 2.

Tabela 1. Volumes dos materiais inseridos nos frascos

Volume (mL)	C1	C2	F1 - 2,5%	F2 - 5%	F3 - 7,5%	F4 - 10%
Lixiviado	0	0	25	50	75	100
Sacarose (M.O)	0	10	10	10	10	10
Micronutrientes	10	10	10	10	10	10
Lodo	250	250	250	250	250	250
Substrato	74	73	70,5	68	65,5	63
Água	666	657	634,5	612	589,5	657

Tabela 2. Concentrações dos materiais inseridos nos frascos

DQO (mg/L)	C1	C2	F1 - 2,5%	F2 - 5%	F3 - 7,5%	F4 - 10%
Sacarose	0	200	200	200	200	200
Lixiviado	0	0	37,5	75	112,5	150
Total	0	200	237,5	275	312,5	350

A Tabela 1 mostra a quantidade dos materiais utilizados para cada frasco. No Frasco C1 (Controle 1), não foi adicionado matéria orgânica e lixiviado no tempo 15 minutos, com a intenção de verificar apenas a respiração endógena do lodo. O Frasco C2 (Controle 2), foi adicionado apenas matéria orgânica no tempo 15 minutos para verificar o desempenho do lodo sem influência do lixiviado, ou seja, apenas a matéria orgânica. Já nos frascos F1, F2, F3 e F4, foi adicionado matéria orgânica somado com as respectivas quantidades de lixiviado 2,5%; 5%; 7,5% e 10%, também no tempo 15 minutos, conforme proposto inicialmente nesse estudo. Enquanto a Tabela 2, aponta as concentrações avaliadas em cada Frasco.

Para início dos testes, todos os frascos foram aspergidos com nitrogênio por 5 min com pedra porosa imersa na fração líquida. Em seguida, os frascos eram tampados e a renovação da atmosfera com nitrogênio era feita inserindo a agulha pela tampa do frasco Scott.

Todos eles foram submetidos a agitadora Shaker, a temperatura de 28°C e rotação de 130 rpm. As amostras foram coletadas nos tempos 0,5, 10 e 15 minutos, e então adicionado matéria orgânica nos frascos C2, e lixiviado e matéria orgânica nos frascos, F1, F2, F3 e F4, e coletado em seguida em todos eles (coleta no tempo 15 minutos após inserção dos materiais). Os tempos de coleta subsequentes foram espaçados e realizados a cada 30 minutos. A duração do teste foi de 6h. A cada coleta, os frascos tinham a atmosfera renovada com gás nitrogênio para manter o ambiente anaeróbio.

As amostras coletadas foram imediatamente filtradas, e em todas elas foram adicionadas 0,25µl de solução removedora de Nitrito - SRN. Cada tubo de análise foi submetido a 5 min de aspersão de nitrogênio antes da digestão da matéria orgânica em termos de DQO. A aspersão de nitrogênio e inclusão da solução de SRN antes do ensaio de DQO foram realizadas para remoção de possíveis interferentes, neste caso, nitritos e sulfetos (GRANGER e SIGMAN, 2009).

O teste foi executado apenas uma vez, estando previsto um total de três repetições do mesmo procedimento.

RESULTADOS OBTIDOS

Análise Lixiviado de Aterro Sanitário

Os dados dos valores médios da caracterização do lixiviado da unidade de transbordo Delta A foram obtidos conforme tabela 3.

Tabela 3. Características do lixiviado do Aterro Delta A

pH	Temperatura (C°)	Turbidez (NTU)	Alcalinidade (CaCO₃)	DQO (mg O₂/L)	Nit. Amoniacal (mg N - NH₃/L)
7,8	27,4	11	5.475	1.500	1.199

Fonte: Autoral

Tabela 4. Características de lixiviado de aterros sanitários

Características	Biodegradável	Intermediário	Estabilizado
Idade (anos)	<5	5,0 - 10	> 10
pH	6,5	6,5 - 7,5	> 7,5
DQO (mg/L)	> 10.000	4.000 - 10.000	< 4.000
Biodegradabilidade	Elevada	Média	Baixa

Fonte: Renou et al. (2008).

A idade do aterro é um elemento determinante nas características refletidas pelo lixiviado. Os valores de parâmetros de acordo com a idade do aterro foram apresentados por Renou et al. (2008) conforme a Tabela 3.

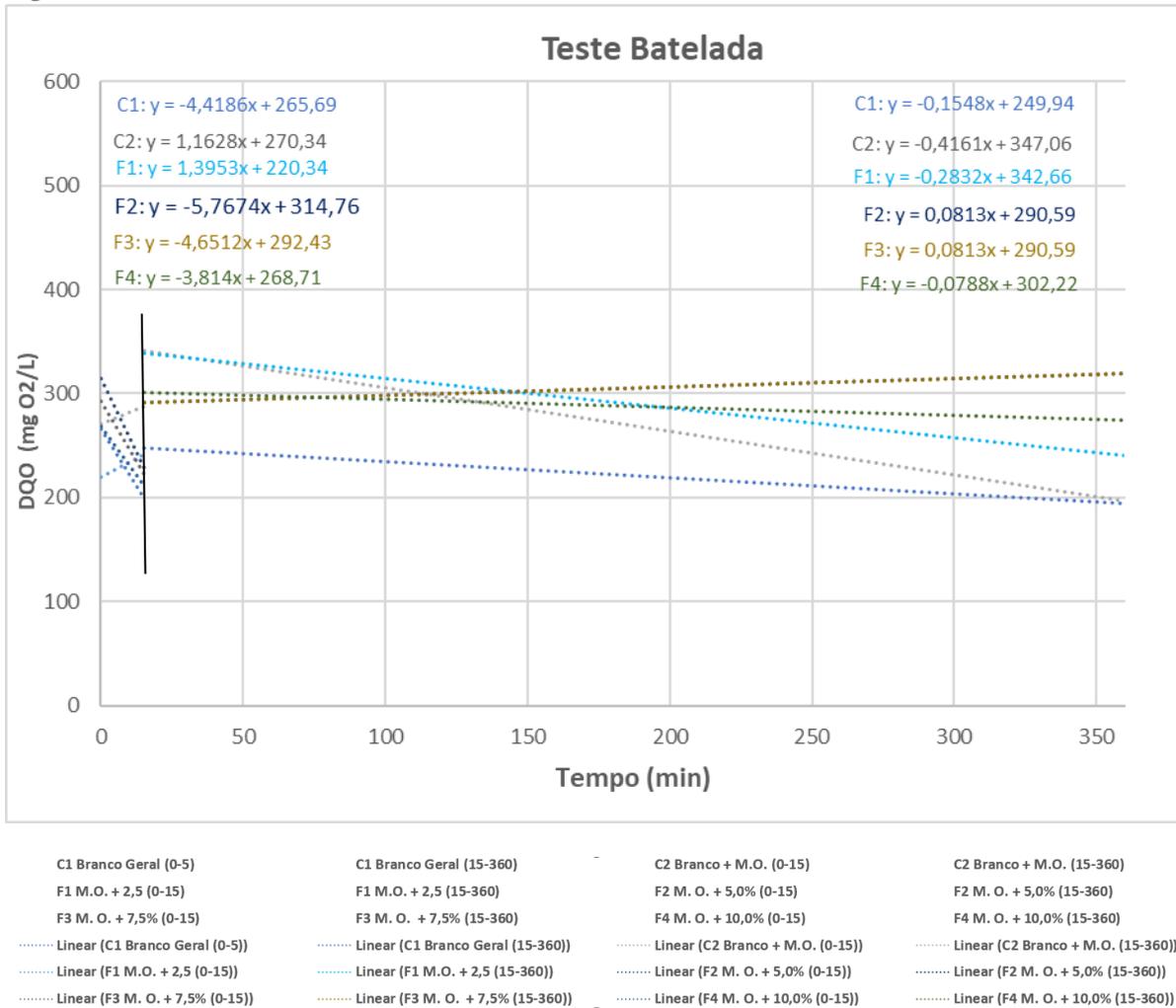
O aterro Delta A, em operação desde 1993 (29 anos), enquadra-se de acordo com o indicado por Renou et al. (2008) como um aterro estabilizado. O pH de 7,9 obedece igualmente ao indicado pelo autor, assim como o teor de matéria orgânica em termos de DQO inferior a 4.000mg L^{-1} , demonstrando assim, a baixa biodegradabilidade para o tratamento biológico.

Análise Taxa de Consumo em termos de DQO

Adaptando a metodologia aplicada por Van Loosdrecht *et al.* (2016), foi possível determinar a taxa de consumo máxima de matéria orgânica em termos de DQO, através do cálculo de sua taxa de consumo endógena e exógena. Essas taxas são obtidas através da regressão linear das curvas de concentração de DQO por tempo de experimento. Entretanto, vale ressaltar que a taxa de consumo endógena é dada para regressão linear no tempo inicial (0-15min), em que ainda não há adição de material orgânico e lixiviado para consumo das bactérias. Enquanto a taxa de consumo exógeno é dada pela regressão linear a partir do momento em que o material orgânico e o lixiviado são adicionados, ou seja, no tempo dentre 15 e 360 min.

Para demonstrar essa regressão linear foi utilizado o programa Microsoft Excel para obter as equações das retas e seus respectivos coeficientes lineares em um só gráfico. Cada frasco é representado por um par de retas de mesma cor. A reta traduz dois momentos do teste: fase endógena (0-15min) e fase exógena (15-360min). A Figura 2 apresenta os dados mencionados.

Figura 2 - Teste Batelada



A equação 1 foi utilizada para a determinação da taxa de consumo de matéria orgânica em termos de DQO de acordo com Van Loosdrecht *et al.* (2016), em que:

q_{DQO} : Máxima taxa específica de remoção de matéria orgânica em termos de DQO.

q_{Exo} : Taxa de remoção exógena de matéria orgânica em termos de DQO

q_{Endo} : Taxa de remoção endógena de matéria orgânica em termos de DQO

X_{VSS} (g/L): Concentração biomassa em termos de Sólidos Suspensos Voláteis

Equação 1:

$$q_{DQO} = 60 \cdot (q_{exo} - q_{endo}) / X_{VSS}$$

[mg DQO / gVSS⁻¹ min⁻¹]

Deste modo, para as equações obtidas através das retas na figura 2 e baseado na Equação 1, os resultados podem ser demonstrados na tabela 5:

Tabela 5. Valores dos coeficientes de remoções para cada Frasco

	C1	C2	F1 (2,5%)	F2 (5%)	F3 (7,5%)	F4 (10%)
q (DQO) mg DQO/ gV _{SS} ⁻¹ min ⁻¹	-1,066	0,395	0,420	-1,462	0,352	-0,934

É possível observar que o lodo do Frasco 1 (com 2,5% de lixiviado) e Frasco 3 (com 7,5% de lixiviado) não teve sua atividade metabólica afetada nas diluições propostas nesse estudo. No entanto, as diluições propostas para os Frascos 2 (com 5% de lixiviado) e 4 (com 10% de lixiviado) causaram impacto na atividade metabólica das bactérias do lodo anaeróbio.

Vale ressaltar que grande parte da literatura recomenda etapas físico-químicas adicionais ao processo biológico de tratamento com objetivo de remover a matéria orgânica recalcitrante, a fim de alcançar os padrões de descarte de efluente nos corpos receptores (GOTVAJN Z; TISLER; KONCAN-ZAGORC, 2009). No entanto, pesquisas mostram que os resultados do tratamento biológico com porcentagens entre 2,5 a 5% de lixiviado podem ocasionar efeitos notáveis no tratamento conjugado (SANTOS, 2009). Conforme afirma Deireli *et al.* (2020), a eficiência tende a diminuir no tratamento à medida que o volume de lixiviado aumenta, as explicações para tal fato são inúmeras, porém, o aumento da concentração de matéria orgânica, nitrogênio, compostos tóxicos e inertes, deixam em evidencia a limitação do processo.

Tomando como base esse estudo, o resultado obtido pelo Frasco 1 (2,5%) reforça os conceitos apresentados na literatura. Por outro lado, os resultados alcançados pelo Frasco 3 (7,5%) contrapõe os estudos embasados nesse aspecto. Destaca-se, no entanto, a necessidade da repetição dos testes nas mesmas condições operacionais, assim como a análise estatística dos mesmos para aquisição de dados futuros, uma vez que a variação da biomassa pode influenciar a atividade das bactérias envolvidas no consumo de matéria orgânica em termos de DQO.

Deste modo, o presente estudo ainda realizará mais repetições do mesmo teste e sua análise estatística para verificar se os novos dados corroboram com os obtidos até o momento.

CONCLUSÕES

O estudo da avaliação da atividade microbiana do lodo anaeróbio de reatores UASB mostrou através da análise da taxa de consumo máximo de matéria orgânica em termos de DQO, que as diluições de F1 (2,5%) e F3 (7,5%) de lixiviado de aterro sanitário nos frascos não limitaram a atividade das bactérias na remoção da matéria orgânica. A diluição do Frasco 1 (2,5%), pode ser considerado a faixa ideal para o tratamento conjugado visto que sua taxa de remoção apresentou valor superior ao Frasco 3 (7,5%).

Conclui-se, portanto, que o co-tratamento do lixiviado de aterro sanitário nas ETEs com tratamento anaeróbio é possível com menores porcentagens deste efluente. Com isso, é possível ter ganho na viabilidade econômica e operacional tanto para as estações quanto para os aterros sanitários, favorecendo também o ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA - American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22th ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2012.
2. BAETKKER, E. et al. Contextualização e Caracterização do Lixiviado. In: Sanepar. Tecnologias potenciais para o saneamento. 1º Edição. Curitiba. 2018. v.3 p.200.
3. BORTH, B., E. ET AL. Codisposição de Lixiviado em Reatores UASB: Experiencia UEL. In: SANEPAR. Tecnologias potenciais para o saneamento. 1º Edição. Curitiba. 2018. v.3 p.200.
4. CECCONET, D., Callegari, A., & Capodaglio, A. G. (2022). UASB Performance and Perspectives in Urban Wastewater Treatment at Sub-Mesophilic Operating Temperature. *Water (Switzerland)*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/w14010115>.
5. CHERNICHARO, C. A. L. Reatores anaeróbios – Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 1. ed. V. 5. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 1997.
6. DEIRELI, K. R; CLIFFORD, E.; CASEY, E. Co-treatment of leachate in municipal wastewater treatment plants: Critical issues and emerging technologies, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. Environmental Science & Technology, Dublin, 51p., 2020.
7. GOTVAJN Z. A.; TISLER, T; KONCAN-ZAGORC J. Comparison of diferente treatment strategies for industrial landfill leachate. *Journal of Hazardous Materials*. Ljubljana, v.162, p.1446-1456, 2009.
8. GRANGER, J.; SIGMAN, D. M. Removal of nitrite with sulfamic acid for nitrate N and O isotope analysis with the denitrifier method. *Rapid of Environmental Management*, v. 282, n. September 2020, p. 111946, 2021.
9. NOYOLA, A.; PADILLA-RIVERA A.; MORGAN-SAGASTUME, J. M. L.; GUERECA, L.P.; HERNANDEZ-PADILLA, F. Typology of Municipal Wastewater Treatment Technologies in Latin America Clean – Soil, Air, Water, v. 40, n. 9, 926–932, 2012.
10. RENO, S. et al. Landfill leachate treatment: Review and opportunity. *Journal of Hazardous Materials*, v. 150, n. 3, p. 468–493, 2008.
11. SANTOS, A. F. M. S. Tratamento anaeróbio de chorume conjugado com esgoto sanitário. 206 p. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE.
12. TORRES, P. *et al.* Combined treatment of lecgate from sanitary landfill na municipal wastewater by UASB reactors. *Water Science & Technology*, Calle, v.60, n.2, p. 491-495, 2009.
13. VAN LOOSDRECHT, M.C.M. et al. *Experimental Methods in Wastewater Treatment*. Online: IWA Publishing. 2016. 362 p.