

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS PRODUZIDOS EM ATERROS SANITÁRIOS UTILIZANDO EVAPORADOR UNITÁRIO

* Harley Alves da Mata Bacelar ¹
Álvaro Luiz Gonçalves Cantanhede ²
Iene Christie Figueiredo ²
Lana Castro Gopfert ²
Lúcio Viana Alves ³

TREATMENT OF LEACHED PRODUCED IN SANITARY
LANDFILLS USING UNITARY EVAPORATOR

Recibido el 9 de agosto de 2011; Aceptado el 6 de marzo de 2012

Abstract

Currently, one of the great concerns of the cities with high demographic densities is the treatment of the leachate generated in the sanitary landfills of municipal solid wastes.

In the case of Gramacho sanitary landfill, operated by the Public Cleansing Company of Rio de Janeiro -COMLURB, that takes care of the boroughs of Rio de Janeiro, Duque de Caxias, São João de Meriti, Nilópolis, Belford Roxo, Queimados and Mesquita, a total of 8 millions of peoples, is estimated 200 milliliters of leachate generated by inhabitant per day.

One of the options for leachate treatment is its evaporation through equipment, developed by COMLURB named Unitary Evaporator that uses the biogas generated in the landfill as the source of energy. This type of treatment also contributes to reduce the potential of global warming due to the burning of methane, biogas main component. However, it's necessary a more detailed study on the sub-products generated by leachate evaporation so that this type of treatment results more efficient, preventing the generation of others pollutants harmful to the human health and the environment.

Key Words: biogas, evaporation, leachate, sanitary landfill.

¹ Divisão de Fiscalização, Universidade Federal do Rio de Janeiro

² Departamento de Recursos Hídrico e Meio Ambiente, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro

³ Companhia Municipal de Limpeza Urbana do Rio de Janeiro

*Autor correspondente: Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente, Escola Politécnica, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Bloco D, Sala 204. Cidade Universitária, Rio de Janeiro/RJ. CEP: 21.949-900.
Email: harleyalvesbacelar@ig.com.br

Resumo

Atualmente, uma das grandes preocupações de todas as cidades, principalmente daquelas com elevadas densidades demográficas, é o tratamento do lixiviado gerado nos aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.

No caso do aterro Metropolitano de Jardim Gramacho, que atende os municípios do Rio de Janeiro, Duque de Caxias, São João do Meriti, Nilópolis, Belford Roxo, Queimados e Mesquita, totalizando aproximadamente 8 milhões de pessoas, é possível estimar 200 mililitros de lixiviado gerado por habitante em um único dia.

Uma das opções para este tratamento é a evaporação do lixiviado por um equipamento, denominado Evaporador Unitário, que utiliza o biogás gerado no próprio aterro como fonte de energia. Este tipo de tratamento, portanto, é capaz de reduzir em 21 vezes o potencial de aquecimento global, uma vez que a queima do metano, principal gás constituinte do biogás, é processada. Contudo é necessário um estudo mais aprofundado dos produtos gerados pela evaporação, para que este tipo de tratamento torne-se adequado, evitando a produção de outros poluentes nocivos à saúde humana e ao meio ambiente.

Palavras-chave: aterro sanitário, evaporação, biogás, lixiviado.

Introdução

A grande quantidade de resíduos sólidos urbanos produzidos diariamente e a sua forma de disposição tem sido motivo de grande preocupação por parte da comunidade atenta à saúde pública e à qualidade ambiental. A disposição inadequada pode gerar a proliferação de agentes patogênicos, poluição do solo, do ar e dos recursos hídricos a partir do líquido percolado e dos gases produzidos durante o processo de degradação da matéria orgânica. Um dos maiores problemas encontrados no gerenciamento dos aterros sanitários diz respeito à produção e ao tratamento do lixiviado e do biogás (TARTARI, 2003). Dessa forma, o tratamento desses subprodutos assume grande importância ambiental.

QASIM & CHIANG (1994) afirmam que a geração do lixiviado é influenciada por fatores climáticos, pelas características do resíduo disposto (composição, umidade, entre outras) e pelo projeto executivo do aterro (permeabilidade do aterro, grau de compactação, profundidade, etc.). Segundo SEGATO (2001), o lixiviado pode ser definido como a fase líquida da massa aterrada, que percola através desta carreando materiais dissolvidos ou suspensos. Na maioria dos aterros sanitários, o lixiviado é composto por líquido resultante da decomposição do lixo e advindo de fontes externas, tais como: sistemas de drenagem superficial, precipitação atmosférica, existência de lençol freático e de nascentes.

Os lixiviados de aterros sanitários têm como característica a difícil tratabilidade, devido à sua composição muito variável. Sendo assim, as soluções tecnológicas indicadas para o seu tratamento devem ser avaliadas caso a caso. Neste contexto, o presente trabalho avalia a aplicação da evaporação, utilizando um equipamento denominado Evaporador Unitário (EU), como técnica de tratamento do lixiviado proveniente do aterro de Gramacho localizado no Rio de Janeiro e operado pela Companhia Municipal de Limpeza Urbana (COMLURB). O

equipamento utiliza o biogás produzido no aterro como fonte de energia calórica. O EU promove significativa redução do peso do lixiviado e o resíduo gerado nesse processo pode ser disposto no próprio aterro. Tais características conferem a esta tecnologia um caráter promissor por apresentar baixo custo operacional e possibilitar a geração de créditos de carbono (MDL), uma vez que o princípio do processo se baseia na queima do biogás, cuja composição varia entre 50 e 60% de metano (CH_4).

Objetivo

Avaliar a capacidade do Evaporador Unitário em evaporar o lixiviado do aterro de Gramacho, além de caracterizar o gás do aterro, utilizado como insumo energético, e os resíduos gerados no processo de evaporação.

Metodologia

O EU encontra-se instalado no aterro sanitário de Gramacho/RJ junto a um poço de biogás. O lixiviado que o alimenta é transportado por carros pipa até o tanque de armazenamento situado próximo ao equipamento. Este lay out permite a manutenção de nível constante no interior do EU, cujo controle da alimentação é feito por meio de um hidrômetro. O biogás é conduzido para o interior do equipamento, onde se processa sua queima com conseqüente liberação de energia calórica e evaporação do chorume. A instalação do EU encontra-se detalhada na Figura 1.



Figura 1. Evaporador Unitário em funcionamento no aterro

Para realização do estudo foram desenvolvidas as seguintes atividades: (1) Acompanhamento da operação do Evaporador Unitário; (2) Monitoramento do biogás gerado no poço de alimentação do EU; (3) Realização de análises de qualidade das amostras extraídas do EU; (4) Realização de ensaios de evaporação do lixiviado em bancada de laboratório.

Atividade (1): Acompanhamento da Operação do Evaporador Unitário

O monitoramento do Evaporador Unitário é realizado diariamente e os parâmetros de controle operacional são: horário de abastecimento de lixiviado, volume de abastecimento, volume evaporado (através de leituras do hidrômetro), temperatura ambiente e índice pluviométrico. Através desses dados torna-se possível avaliar o rendimento da evaporação apresentado pelo equipamento, em litros por hora, assim como possíveis interferências das condições climáticas locais neste rendimento.

Atividade (2): Monitoramento do Biogás Gerado no Poço de Alimentação do EU

A composição do biogás do aterro é monitorada periodicamente com auxílio de um cromatógrafo portátil capaz de quantificar os seguintes compostos: CH₄, CO₂, H₂O, H₂S e outros. Também são realizadas análises com o equipamento GEM 2000 segundo os seguintes parâmetros: CH₄, CO₂, O₂ e outros. Nas Figuras 2 e 3 observam-se as diferentes medições do biogás no poço em que está instalado o Evaporador Unitário.



Figura 2. Análise cromatográfica do biogás



Figura 3. Análise do biogás - GEM 2000

Atividade (3): Realização de Análises de Qualidade das Amostras Extraídas do EU

Na operação do EU são gerados os seguintes resíduos: (a) Resíduo 1, com aspecto viscoso e resultante do lixiviado não evaporado, que pode ser facilmente coletado através de uma saída no fundo do EU; (b) Resíduo 2, resíduo sólido acumulado durante o processo de evaporação e removido na limpeza periódica do equipamento; e (c) Resíduo líquido obtido na condensação dos gases gerados pelo EU.

Amostras do lixiviado bruto, do vapor condensado e do Resíduo 1 são coletadas e analisadas segundo os seguintes parâmetros: DQO, DBO, cloretos, alcalinidade, NH_4 , SST, SSF, SSV, ST, SV, cor, turbidez, pH, coliformes totais e coliformes termotolerantes. Já o Resíduo 2 é caracterizado a partir dos seguintes parâmetros: DQO, NH_4 , cor, turbidez e pH. Os pontos de amostragem são identificados na Figura 1.

Atividade (4): Realização de Ensaio de Evaporação do Lixiviado em Bancada de Laboratório

Os testes de evaporação em bancada consistem em evaporar o lixiviado utilizando uma manta elétrica, sob temperatura constante (entre 99°C e 101°C), e condensar os vapores gerados com auxílio de um condensador de vidro, conforme ilustrado na Figura 4. Para garantir a preservação da amônia na amostra de vapor condensado, optou-se pelo resfriamento do frasco de coleta do condensado.

As amostras do lixiviado, do vapor condensado e do resíduo da evaporação em bancada são analisadas segundo os seguintes parâmetros: DQO, DBO, cloretos, alcalinidade, NH_4 , SST, SSF, SSV, ST, SV, cor, turbidez, pH, coliformes totais e coliformes termotolerantes.

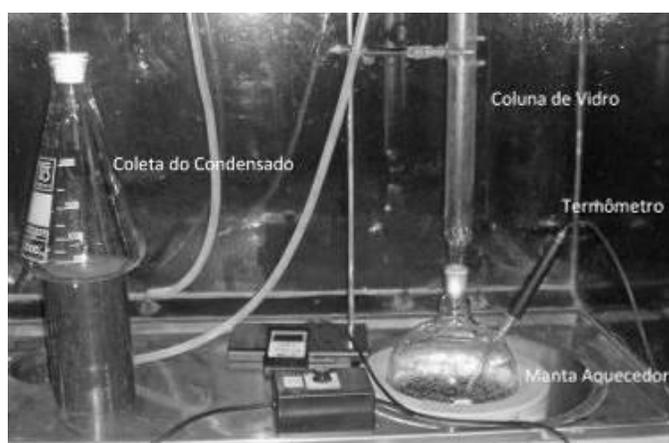


Figura 4. Experimento de evaporação do lixiviado em bancada

Resultados e discussões

Atividade (1): Acompanhamento da Operação do Evaporador Unitário

O rendimento médio do EU registrado foi de 27,8 litros de lixiviado evaporado por hora de operação do equipamento. Os períodos de avaliação compreenderam Agosto/2007 a Outubro/2007 e Fevereiro/2008 a Março/2008. Os resultados obtidos são apresentados resumidamente na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados do desempenho do Evaporador Unitário

Mês / Ano	Temperatura Média (°C)	Índice Pluviométrico (mm/mês)	Volume Evaporado Total (L)	Tempo Total Evaporação (h)	Rendimento Médio (L/h)
Agosto/2007	22	51	7.560	258,7	29,2
Setembro/2007	22	86	13.840	505,5	27,4
Outubro/2007	23	89	13.490	493,7	27,3
Fevereiro/2008	27	152	2.270	76,9	29,5
Março/2008	26	189	4.220	154,4	27,3

Fonte: Temperatura: Estação Duque de Caxias – RJ - The Weather Channel – <http://br.weather.com>

Índice pluviométrico: <http://simerj.com>

Atividade (2): Monitoramento do Biogás Gerado no Poço de Alimentação do EU

A Tabela 2 mostra a média dos resultados da caracterização do biogás com a utilização do cromatógrafo portátil e com o analisador GEM 2000, para o período de Janeiro a Abril de 2008.

Tabela 2. Caracterização do Biogás

Equipamento	Composição Média				
	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	H ₂ O (%)	H ₂ S (ppm)	Outros (%)
Cromatógrafo	77,71	18,71	1,83	101,90	1,75
GEM 2000	56,60	40,00	-	-	3,40

Atividade (3): Realização de Análises de Qualidade das Amostras Extraídas do EU

As Tabelas 3, 4, 5 e 6 mostram os resultados das análises de qualidade das amostras de campo, provenientes do Evaporador, sendo elas: lixiviado bruto, resíduo 1, resíduo 2 e vapor condensado.

Tabela 3. Estatísticas descritivas das análises do Lixiviado Bruto

LIXIVIADO	DQO	DBO	Cloretos	Alcalinidade	NH ₄	SST	pH	Cor	Turbidez
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L		PtCo	FAU
Média	2678	244	4084	7145	573	152	8,0	7148	412
Mínimo	1770	0	2595	3500	91	33	7,5	3060	165
Máximo	3925	591	5723	12300	1942	500	8,7	21250	1095
D. Padrão	828	205	940	2155	750	152	0,4	5345	355
Coef. Var.	31%	84%	23%	30%	131%	100%	5%	75%	86%
N° Dados	11	8	11	11	7	11	11	11	10

Tabela 4. Estatísticas descritivas das análises do Resíduo 1

RESÍDUO 1	DQO	DBO	Cloretos	Alcalinidade	NH ₄	SST	pH	Cor	Turbidez
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		PtCo	FAU
Média	42536	nd	81839	44864	341	7607	9,2	296055	10365
Mínimo	16500	nd	45633	7000	62	946	8,9	19200	1500
Máximo	73000	nd	138047	80000	1161	18080	9,5	1410000	28500
D. Padrão	14772	-	34220	23624	388	4973	0,25	401616	8914
Coef. Var.	35%	-	42%	53%	114%	65%	3%	136%	86%
N° Dados	11	7	11	11	7	11	11	10	10

Tabela 5. Estatísticas descritivas das análises do Vapor Condensado

VAPOR CONDENSADO	DQO	Cloretos	Alcalinidade	NH ₄	SST	pH	Cor	Turbidez
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		PtCo	FAU
Média	259	207	1287	760	25	8,74	69	15
Mínimo	34	5	52	12	1	7,01	24	1
Máximo	862	1254	6300	4489	99	10	103	31
D. Padrão	303	462	1954	1648	29	0,81	28	10
Coef. Var.	117%	223%	152%	217%	116%	9%	41%	66%
N° Dados	9	7	9	7	9	9	9	9

Tabela 6. Estatísticas descritivas das análises do Resíduo 2

RESÍDUO 2	DQO	NH ₄	pH	Cor	Turbidez
	mg/l	mg/l		PtCo	FAU
Resultado	23260	3915	4,08	848	1983
N° Dados	1	1	1	1	1

Atividade (4): Realização de Ensaio de Evaporação do Lixiviado em Bancada de Laboratório As Tabelas 7, 8 e 9 apresentam os resultados das análises pertinentes às amostras provenientes da evaporação em laboratório.

Tabela 7. Estatísticas descritivas das análises das amostras de bancada – Lixiviado Bruto

LIXIVIADO BRUTO	DQO mg/l	Cloretos mg/l	Alcalinidade mg/l	NH4 mg/l	SST mg/l	pH	Cor PtCo	Turbidez FAU
Média	2168	3456	5567	1869	49	7,5	5123	2665
Mínimo	1800	2595	5300	755	29	7,3	3144	178
Máximo	3035	4141	6200	2741	77	7,6	7350	12000
D. Padrão	485	537	327	915	18	0,12	1563	5222
Coef. Var.	22%	16%	6%	49%	37%	2%	31%	196%
Nº Dados	6	6	6	5	6	6	5	5

Tabela 8. Estatísticas descritivas das análises das amostras de bancada – Resíduo

RESÍDUO	DQO mg/l	Cloretos mg/l	Alcalinidade mg/l	NH4 mg/l	SST mg/l	pH	Cor PtCo	Turbidez FAU
Média	11284	31052	4867	119	1415	8,7	23340	1992
Mínimo	2205	6426	3200	0,42	432	7,4	9600	785
Máximo	38000	144471	6000	688	3850	9,6	47000	2876
D. Padrão	13229	55575	1138	279	1235	0,97	14035	765
Coef. Var.	117%	179%	23%	235%	87%	11%	60%	38%
Nº Dados	6	6	6	6	6	6	5	5

Tabela 9. Estatísticas descritivas das análises das amostras de bancada – Vapor Condensado

VAPOR CONDENSADO	DQO mg/l	Cloretos mg/l	Alcalinidade mg/l	NH4 mg/l	SST mg/l	pH	Cor PtCo	Turbidez FAU
Média	31	255	4157	826	25	8,4	25	14
Mínimo	13	96	680	21	432	7,7	10	1
Máximo	42	547	6000	1870	118	9,3	39	30
D. Padrão	11	178	1969	882	46	0,70	10	14
Coef. Var.	35%	70%	47%	107%	183%	8%	42%	102%
Nº Dados	6	6	6	6	6	6	5	5

Conclusões e recomendações

Durante o período de operação considerado, o rendimento médio do Evaporador Unitário foi de 27,8 L/h, sem sofrer grande variação entre os resultados mensais obtidos. Considerando este rendimento médio como referência, o EU teria então uma capacidade de evaporar mensalmente 20 m³ de lixiviado.

O Evaporador Unitário apresenta-se então como uma opção tecnológica eficiente e de fácil operação para o tratamento de lixiviados, adequando-se principalmente a aterros de pequenos e médios portes. Contudo apresenta um baixo rendimento se cogitado de ser usado em aterros de grande porte, pois como em Gramacho são produzidos por dia aproximadamente 1.500 m³ de lixiviado, seriam necessários 1.563 Evaporadores para que todo este volume fosse evaporado. Nesta situação, haveria a necessidade de se efetuar um acurado estudo econômico para se averiguar se a bateria de unidades de evaporação seria mais econômica que uma estação de tratamento ou um evaporador central.

Até o momento não se observou qualquer relação entre o desempenho do equipamento, a temperatura ambiente e a pluviosidade local.

A caracterização do biogás apresentou resultados discrepantes quando comparadas as duas metodologias utilizadas. Os resultados obtidos com o equipamento GEM 2000 (CH₄ = 56,6%; CO₂ = 40%; Outros = 3,4%) são mais condizentes com os valores comumente encontrados nos aterros. Acredita-se que os resultados discrepantes obtidos com o cromatógrafo, foram causados por falha na interpretação de resultados.

Pode-se observar que o Lixiviado Bruto apresenta grande variabilidade em relação aos parâmetros físico-químicos, dado os elevados valores de desvio padrão e coeficiente de variação determinados. Além disso, apresenta uma relação DBO/DQO muito baixa (em torno de 0,12), confirmando a hipótese de alta recalcitrância do lixiviado e, portanto, da sua difícil degradação biológica.

Para os resíduos coletados no EU (experimentos de campo), deve-se destacar as seguintes observações: (a) o Resíduo 1 apresenta elevada concentração de matéria orgânica, amônia, sólidos e cloretos. Seu pH é básico (9,2); (b) o Vapor Condensado é básico, com baixa concentração de DQO e cloretos. Neste caso, supõe-se que as condições ambientais impedem a fixação da amônia na amostra coletada, dificultando sua detecção; (c) no Resíduo 2 foi observada elevada concentração de DQO e de amônia. Seu pH é característico de ambientes ácidos. Assim como observado nos dados do Lixiviado Bruto, todos os resíduos amostrados apresentaram elevados valores de desvio padrão e coeficiente de variação para a maior parte dos parâmetros analisados.

O peso específico determinado para o Resíduo 2 foi de 973,4 kg/m³. Para gerar 13 kg deste resíduo foi necessário evaporar 25.240 L de lixiviado. Desta relação é possível estimar que para cada 1,94 m³ de lixiviado evaporado, há uma produção de aproximadamente 1 kg de Resíduo 2.

Nos testes de evaporação em bancada pode-se destacar a elevação do pH nas amostras de Resíduo e de Condensado, compatível com os resultados obtidos para as mesmas amostras em campo. De maneira similar, destaca-se o acúmulo de sólidos e de matéria orgânica no Resíduo. As condições de laboratório permitiram a detecção da amônia no Vapor Condensado, uma vez que cuidados experimentais foram tomados para impedir sua volatilização.

Como complementação deste estudo, serão implementadas análises de compostos orgânicos voláteis e semi-voláteis, dioxinas e furanos em amostras de Vapor Condensado (experimentos de laboratório). Esses dados serão confrontados com as normas ambientais pertinentes. Além disso, será instalado na entrada de biogás do EU um medidor de vazão a fim de levantar dados específicos que permitiram melhor avaliar o desempenho do equipamento.

Referências bibliográficas

- Christensen, T. H., Kjeldsen, P., Bjerg, P. L., Jensen, D. L., Christensen, J. B., Baun, A.; Albrechtsen, H. J., Heron, G. (2001) Biogeochemistry of Landfill Leachate Plumes. Applied Geochemistry.
- Kjeldsen, P., Barlaz, M. A., Rooker, A. P., Baun, A., Ledin, A., Christensen, T. H. (2002) Present and Long-term Composition of Municipal Solid Waste Landfill Leachate: A Review. Critical. Reviews in Environmental Science and Technology.
- Qasim, S. R., Chiang, W. (1994) Sanitary Landfill Leachate Generation, Control and Treatment. USA: Technomic Publishing Company.
- Tarttari, L. C. (2003) Avaliação do Processo de Tratamento do Chorume do Aterro Sanitário de Novo Hamburgo. Dissertação de Mestrado, ULBRA.
- Vignoli, C. N. (2007) Avaliação da Minimização das Emissões de Amônia no Processo de Tratamento de Chorume por Evaporação. Dissertação de Mestrado, IQ/UFRJ.