



III-259 – DESEMPENHO DE SISTEMA DE LAGOAS AERADAS PARA O TRATAMENTO DE LIXIVIADO ESTABILIZADO DE ATERRO SANITÁRIO

Cynthia Fantoni Alves Ferreira⁽¹⁾

Engenheira Civil, Especialista em Gestão Ambiental, Mestre e Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pelo Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.

Liséte Celina Lange

Química, Doutora em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Londres – Inglaterra, Profª. Associada do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.

Marcos Von Sperling

Engenheiro Civil. Doutor e Pós-Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade de Londres - Inglaterra. Prof. Titular do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.

Endereço⁽¹⁾: Endereço de Contato: Universidade Federal de Minas Gerais- Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Av. do Contorno, 842 – 7º andar – Centro, Belo Horizonte - MG. CEP:30.110-060.Tel:+55(31)3409-1039; Fax: +55(31)3409-1879; e-mail: cynthia@desa.ufmg.br/cynthiaf@hotmai.com.

RESUMO

O tratamento de lixiviado apresenta-se como desafio principalmente para lixiviados estabilizados de aterros sanitários, os quais apresentam alta concentração de matéria orgânica refratária, amônia e compostos tóxicos, além de elevados valores de pH. O artigo compreendeu a caracterização físico-química do lixiviado em questão e o desempenho de um sistema de lagoas aeradas, em escala demonstrativa. O sistema de lagoas aeradas apresentou remoções médias de DQO solúvel em torno de 35% para as lagoas. Observou-se que diferentes TDH e profundidade não afetaram a remoção de matéria orgânica. A remoção da amônia foi em torno de 50%, resultado esse não suficiente para atingir o padrão estabelecido na legislação. O trabalho evidenciou as dificuldades de tratabilidade deste lixiviado de natureza recalcitrante e a importância deste tipo de estudo como fonte de subsídios para projeto e comportamento de sistemas de tratamento de lixiviados.

PALAVRAS-CHAVE: aterro sanitário, lagoa aerada, lixiviado estabilizado, profundidade, tempo de detenção hidráulica.

INTRODUÇÃO

O lixiviado de aterro sanitário geralmente apresenta altas concentrações de matéria orgânica e de nitrogênio amoniacal. Estes, quando descartado sem tratamento prévio, causam grandes problemas ambientais como a toxicidade para a biota existente, diminuição do oxigênio dissolvido do corpo receptor e eutrofização de corpos d'água.

Os processos mais empregados para o tratamento de lixiviados de aterros sanitários são os processos biológicos. Todavia, geralmente ocorrem dificuldades ao utilizar tratamentos biológicos para lixiviados devido a vazão e carga orgânica muito variáveis, baixa eficiência de tratamento para lixiviados antigos ou pouco biodegradáveis.

Dentre os processos biológicos aeróbios, as lagoas de estabilização se destacam pela satisfatória eficiência de remoção de poluentes, resistência à variação de cargas afluentes, simplicidade operacional e viabilidade econômica.

O sistema de lagoas de estabilização é muito utilizado para tratamento de efluentes domésticos, onde a matéria orgânica é estabilizada principalmente pela ação das bactérias. Este processo requer lagoa(s) que recebera(m) o efluente a ser tratado. O critério que define se o tratamento será aeróbio ou anaeróbio, será a profundidade da lagoa, as características físico-químicas do efluente e a insolação da localidade. Estas lagoas recebem um



fluxo coordenado do efluente e tem um tempo calculado de retenção, para que ocorra a autodepuração. Este sistema é bastante indicado para as condições brasileiras devido ao clima favorável e operação simples.

As lagoas aeradas têm sido utilizadas quando se deseja ter um sistema predominantemente aeróbio e de dimensões mais reduzidas que as lagoas facultativas. A principal diferença com relação à lagoa facultativa convencional é quanto a forma de suprimento de oxigênio. Essas lagoas possuem um sistema de aeração mecânica, cuja principal finalidade é introduzir oxigênio ao meio líquido. Elas devem receber despejos que já passou, pelo menos, por tratamentos preliminares.

O tratamento de lixiviado por lagoas de estabilização depende de inúmeras variáveis para um bom desempenho. São elas: tempo de detenção hidráulica suficiente, uma relação DBO/DQO elevada, baixos teores de inorgânicos e de cor.

Capelo Neto (1999) diz que apesar de serem amplamente usadas como sistema de tratamento de lixiviados, estudos sobre a eficiência do tratamento destes efluentes em lagoas de estabilização, em escala real, são escassos e pouco conclusivos.

Com base nessas considerações, o trabalho proposto consiste em avaliar o comportamento e desempenho de um sistema de lagoas aeradas no tratamento de lixiviados em escala demonstrativa.

MATERIAIS E MÉTODOS

AMOSTRAGEM

O aterro sanitário de Belo Horizonte em operação de 1975 a 2007, possui células de aterramento com diferentes idades e características (21, 11 e 7 anos). O lixiviado foi coletado no reservatório de equalização que recebe lixiviado de todas as células do aterro. Para a caracterização dos lixiviados foram selecionados os seguintes parâmetros físico-químicos: DQO, DBO, pH, alcalinidade, série sólidos, nitrogênio total e amoniacal, cloretos e fósforo. As análises foram realizadas em conformidade com as recomendações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005).

APARATO EXPERIMENTAL

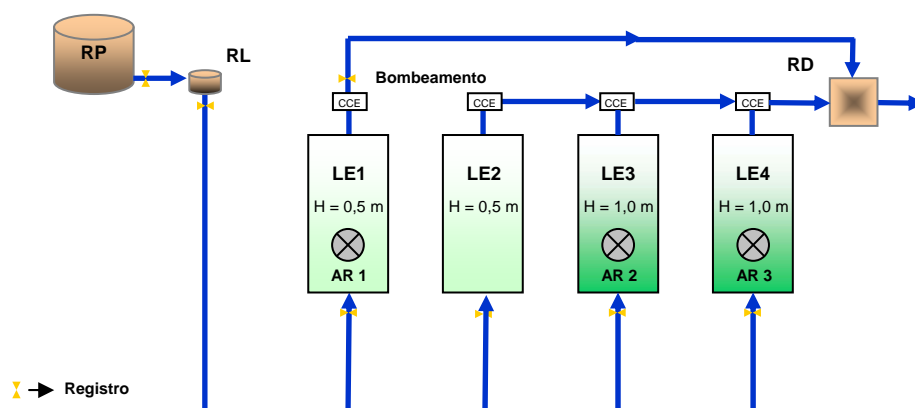
O aparato experimental, em escala demonstrativa foi instalado na área do aterro sanitário, próximo a Estação de tratamento de Efluentes. Composto de um conjunto de reservatórios (principal, regulador de vazão e de descarte), quatro lagoas de estabilização, caixas coletoras, e aeradores mecânicos. O material empregado na impermeabilização das lagoas de estabilização foi geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD) de 1,0 mm de espessura. Os elementos de projeto estão descritos na Tabela 1.

O sistema avaliado neste artigo foi o desempenho das lagoas aeradas (LE1, LE3 e LE4), em operação durante 6 meses. A lagoa LE2 não foi avaliada para este estudo. (Figura 1)

O lixiviado bruto é direcionado para as lagoas LE1, LE3 e LE4, compostas de aeradores mecânicos com as mesmas características, dimensionados para este projeto (Figura 2 (a) e (b)). O lixiviado é submetido à aeração durante o tempo de detenção hidráulica dimensionado na Tabela 1.

O sistema de aeração mecânico utilizado foi o aerador superficial por aspiração. O aerador possui uma hélice na extremidade inferior a qual, ao girar, cria uma subpressão succionando o ar atmosférico de uma ranhura situada fora do líquido e o ar é difundido no meio líquido na forma de pequenas bolhas. As especificações técnicas do aerador por aspiração são: vazão de ar calculada = 12,5 L/min e potência da bomba = 0,8 kW.

Um tempo de 56 dias foi determinado para a estabilização do sistema e início da partida de todas as lagoas, resultado encontrado em estudos anteriores por Moravia (2007) no monitoramento de partida da lagoa aerada LE1, o qual permitiu a viabilidade do processo.



RP=Reservatório pulmão; RL= Reservatório regulador de vazão, RD = Reservatório de descarte; LE = Lagoa de estabilização CCE= Caixa coletora de efluente; AR= Aerador Mecânico (0,8 kw)

Figura 1 - Configuração do aparato experimental

Tabela 1 – Elementos de projeto do sistema de tratamento de lixiviados

Tipo		Dimensões (m)	TDH	Volume (m ³)	Vazão (m ³ /dia)
Lagoas de Estabilização	LE1	1,5 x 4,5 x 0,5	7 dias	2,65	0,40
	LE2	1,5 x 4,5 x 0,5	14 dias	2,65	0,20
	LE3	1,5 x 4,5 x 1,0	7 dias	4,45	0,65
	LE4	1,5 x 4,5 x 1,0	14 dias	4,45	0,32

Os seguintes parâmetros foram avaliados no monitoramento: pH, oxigênio dissolvido, DQO solúvel, DBO, sólidos suspensos voláteis e totais, nitrogênio total e amoniacal, em conformidade com as recomendações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005).



Figura 2 -(a) vista do aerador (b) Lagoas aeradas (LE1, LE3 e LE4)

RESULTADOS

CARACTERIZAÇÃO DO LIXIVIADO

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios obtidos dos parâmetros convencionais de caracterização físico-química do lixiviado bruto.



Tabela 2 - Caracterização físico-química do lixiviado bruto

Parâmetros	Unidade	Valor médio	Desvio-Padrão
DQO	mg/L	2873	186
DBO	mg/L	112	14
DBO/DQO	-	0,04	-
pH	-	8,25	0,17
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg/L	1425	288
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	1195	306
Alcalinidade	mg/L	7143	435
SST	mg/L	2338	230
SSF	mg/L	58	26
SSV	mg/L	25	14
Cloretos	mg/L	8	4
Fósforo	mg/L	16	6

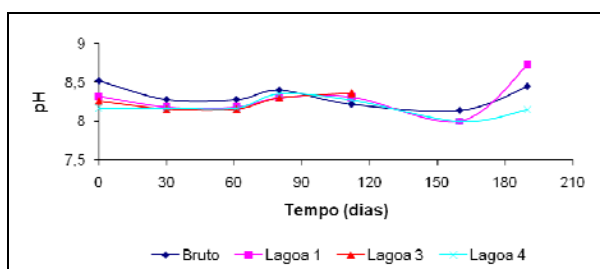
SST = Sólidos Suspensos Totais; SSF = Sólidos Suspensos Fixos; SSV = Sólidos Suspensos Voláteis

Observa-se que o pH encontra-se elevado em relação ao encontrado na literatura para lixiviados com características semelhantes, justificado pelos valores elevados de alcalinidade, provenientes da grande quantidade de resíduos da construção civil que são dispostos neste aterro. Os baixos valores da relação DBO/DQO indicam baixa biodegradabilidade aeróbia do lixiviado, confirmando a proximidade de um estado avançado de estabilização. Os valores de DBO sugerem que o lixiviado é constituído em maior parte de compostos orgânicos lentamente biodegradáveis.

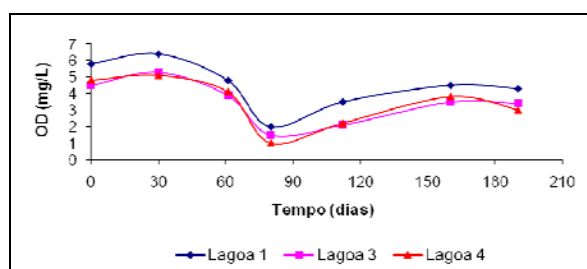
O teor de sólidos é baixo e o lixiviado apresenta alta concentração de amônia, esta provavelmente gerada pela degradação do material protéico que constitui a maior fração da matéria orgânica biodegradável do lixiviado em estudo. Os valores de concentração de nitrogênio encontrados ultrapassam o que é reportado na literatura para lixiviados de células nesta faixa de idade.

DESEMPENHO DAS LAGOAS AERADAS

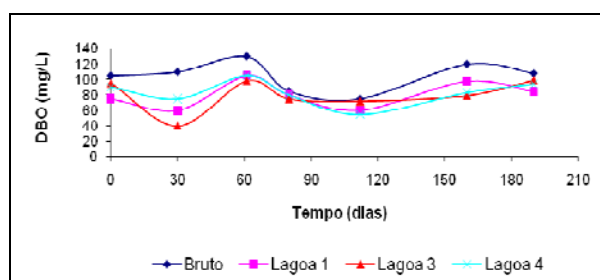
Os pontos de coleta foram a montante da entrada das lagoas (lixiviado bruto) e a jusante das lagoas LE1, LE3 e LE4 do aparato experimental. O monitoramento foi avaliado para o tempo de detenção hidráulica dimensionado na Tabela 1. A Figura 3 apresenta os resultados do monitoramento das lagoas aeradas em operação durante 190 dias.



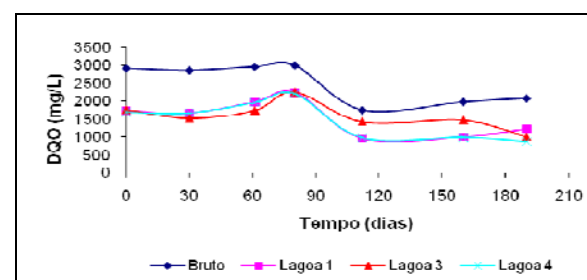
(a)



(b)



(c)



(d)

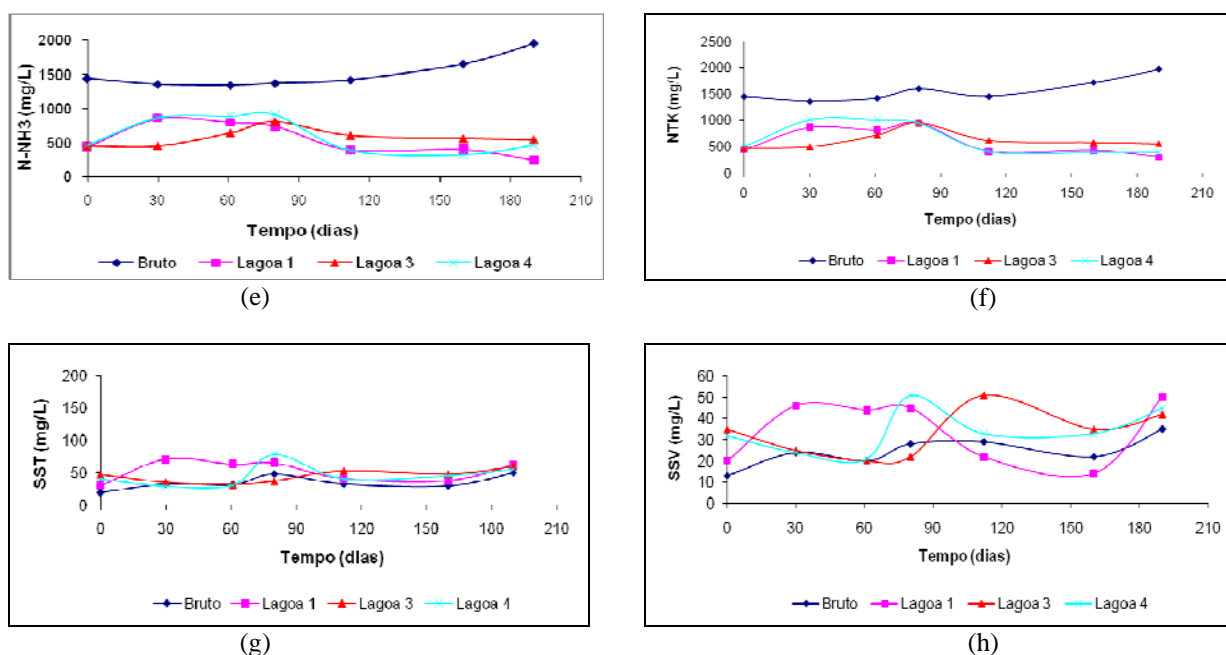


Figura 3: Avaliação das lagoas aeradas: (a) pH (b) OD (c) DBO (d) DQO_{solúvel} (e) N-NH₃; (f) NTK (g) SST e (h) SSV

Nota-se que as Lagoas aeradas apresentaram comportamento ativo e estável desde o início do monitoramento. Os resultados apresentados na Figura 3 mostram que o pH apresentou comportamento constante na faixa de (8,0 a 8,5), próximo à faixa de degradação biológica aeróbia ótima ao longo do período de monitoramento, com valores do lixiviado bruto próximos do efluente das lagoas o que era esperado em função do consumo de CO₂ na atividade fotossintética das algas presentes, resultando na conversão do íon bicarbonato (HCO₃⁻) em hidroxila (OH⁻) tornando o pH alcalino e também pela volatilização de compostos orgânicos voláteis, geralmente ácidos, favorecida pela agitação da massa líquida.

O teor de OD na massa líquida apresentou-se até o 60º dia uma concentração média de 5,6 mg/L para a lagoa LE1 e de 4,6 mg/L para as lagoas LE3 e LE4. Uma falha na energia elétrica interrompeu a aeração por 15 dias, o que justifica um decréscimo significativo na concentração de OD a partir do 76º dia, apresentando-se uma média de 3,0 mg/L para a lagoa 1 e concentração de 1,6 mg/L para as lagoas LE3 e LE4. A temperatura média no líquido das lagoas foi de 23°C, sempre medida nos dias de coleta, assim como o OD.

Os resultados de DQO solúvel apresentam remoções médias de poluentes orgânicos em torno de 37% para todas as lagoas, TDH de 7 dias para as lagoas LE1 e LE3 e 14 dias para a lagoa LE4, enquanto que a remoção de DBO total foi de 23% para todas as lagoas. Observa-se que diferentes TDH e profundidade não afetaram a concentração da biomassa.

As lagoas LE1, LE3 e LE4 apresentaram eficiência de remoção de nitrogênio amoniacal e total média de 60%. Essa remoção se deve principalmente a mecanismos físicos de arraste, favorecidos pela agitação resultante da aeração e pelos valores de pH da lagoa (> 8,0). Devido aos altos valores iniciais de nitrogênio amoniacal do lixiviado bruto, a remoção ainda não se apresenta suficiente para atingir o padrão estabelecido pela legislação.

A concentração de sólidos suspensos apresentou comportamento crescente mas não elevado indicando uma atividade biológica do sistema.



ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Buscando identificar similaridades entre os dados das lagoas foram aplicados testes não-paramétricos de Kruskal-Wallis (WALPOLE et al., 1998). Foi aplicado a um nível de significância de 10%, 5% e 1% para o sistema de lagoas aeradas. (Tabela 3)

Tabela 3 - Resultados obtidos no teste de Kruskal-Wallis para os parâmetros monitorados nas lagoas aeradas

Nível de Significância	Temperatura	pH	N-NH ₃	NTK	OD	AI/AP
$\alpha = 0,10$	HNA	HNA	HNA	HNA	HNA	HNA
$\alpha = 0,05$	HNA	HNA	HNA	HNA	HNA	HNA
$\alpha = 0,01$	HNA	HNA	HNA	HNA	HNA	HNA

Nota: HNA = hipótese nula aceita

Pode-se observar na Tabela 3 que a avaliação da variabilidade entre os parâmetros monitorados indica que não se têm elementos suficientes para negar a hipótese nula, ou seja, para os níveis de significância $\alpha = 0,10$, $\alpha = 0,05$ e $\alpha = 0,01$ deve-se aceitar que as medianas das ordenações dos grupos correspondentes a cada uma das 3 lagoas aeradas, para todos os parâmetros físico-químicos analisados, são similares.

Baseando-se nos resultados do teste de Kruskal-Wallis pode-se dizer que a hipótese apontada sobre a possível interferência nos valores de parâmetros de projeto, obtidos nas análises físico-químicas realizadas para os lixiviados das 3 lagoas, não se mostra justificada, ou seja, os diferentes TDH e profundidades das lagoas não influenciaram nos resultados das análises físico-químicas. Portanto, a partir dos resultados de monitoramento e da análise estatística realizada, pode-se concluir que as lagoas aeradas se mostram semelhantes entre si.

CONCLUSÕES

O sistema apresentou em média 50% na remoção de amônia nas lagoas. Mesmo não se mostrando suficiente para atender a legislação. A aeração é um fator bastante importante para promover às atividades biológicas dos microrganismos aeróbios e atenuar os efeitos inibitórios na biodegradação provocados pela alta concentração de amônia no lixiviado estabilizado.

Os diferentes TDH e profundidades das lagoas não influenciaram nos resultados das análises físico-químicas. Portanto, a partir dos resultados de monitoramento e da análise estatística realizada, pode-se concluir que as lagoas aeradas se mostram semelhantes entre si.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as agências financiadoras desta pesquisa, quais sejam FINEP (PROSAB/Edital nº 520223/2006-3), CNPq (bolsas IC e doutorado), bem como a Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte por ceder o local e o efluente para o estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21th Edition. American Public Health Association, Washington, DC, 2005.
2. CAPELO NETO, J. Estudo Quanti-Qualitativo do Percolado Gerado no Aterro Sanitário Oeste, em Caucaia –CE, 1999. Dissertação de Mestrado. Centro de Estudos Hidrológicos e Ambientais do Semi-Árido. Universidade Federal do Ceará, 1999.
3. MORAVIA, W. G. Estudos de Caracterização, Tratabilidade e Condicionamento de Lixiviados Visando Tratamento por Lagoas. 2007. 161p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e



- Recursos Hídricos). Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
4. WALPOLE, R.E., MYERS, R.H., MYERS, S.L. Probability and Statistics for Engineers and Scientists. 6.ed. , 739 p., 1998.