

## DESENVOLVIMENTO E OPERAÇÃO DE REATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE E LEITO FIXO NO TRATAMENTO DE LIXIVIADO

Amazonino Lemos de Acastro, Aldecy de Almeida Santos & Keith Soares Valente

**RESUMO:** O presente estudo teve como objetivo desenvolver e operar um reator anaeróbico de fluxo ascendente e leito fixo para o tratamento de lixiviado no que se refere à remoção da carga orgânica proveniente do Aterro de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) de Manaus - AM. Na metodologia do trabalho foram realizadas as seguintes etapas: desenvolvimento, montagem e descrição do aparato experimental; monitoramento do experimento; e análises estatísticas dos dados. O sistema foi operado nos meses de abril a outubro de 2010 com Tempos de Detenção Hidráulica (TDH) de 6, 8 e 12 horas, os parâmetros avaliados foram: DBO<sub>5</sub> e DQO bem como o TDH. O melhor TDH encontrado foi o de 12 horas obtendo-se a eficiência de remoção de DQO de 61,7% e DBO<sub>5</sub> de 78,3%. Mesmo observando a grande eficiência de carga orgânica percebeu-se que faz-se necessário, um pós-tratamento do efluente do reator antes do lançamento no meio ambiente.

**Palavras Chave:** Aterro Sanitário, Carga Orgânica, Lixiviado.

## DEVELOPMENT AND OPERATION OF UPPER FLOW ANAEROBIC REACTOR AND FIXED LAYOUT IN THE TREATMENT OF LEACH

**ABSTRACT:** The objective of this study was to develop and operate an upflow and fixed bed anaerobic reactor for the treatment of leachate in relation to the removal of the organic load from the Urban Solid Waste Landfill (RSU) of Manaus - AM. In the methodology of the work the following steps were carried out: development, assembly and description of the experimental apparatus; monitoring of the experiment; and statistical analysis of the data. The system was operated from April to October 2010 with Hydraulic Detention Times (TDH) of 6, 8 and 12 hours, the parameters evaluated were: BOD<sub>5</sub> and COD as well as TDH. The best TDH was found to be 12 hours, yielding COD removal efficiency of 61.7% and BOD<sub>5</sub> of 78.3%. Even after observing the great organic loading efficiency, it was realized that a post-treatment of the reactor effluent before the release into the environment is necessary.

**Keywords:** Landfill, Organic Load, Leachate.

### 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a preocupação com as questões ambientais induziu as autoridades a desenvolver mecanismos que objetivassem a destinação correta dos RSU nos municípios brasileiros. À medida que os municípios buscaram soluções de engenharia para resolver a questão dos RSU, como os aterros sanitários, depararam-se com uma nova problemática resultante do destino final destes, o lixiviado que, possui um alto potencial poluidor.

O lixiviado apresenta altas concentrações de matéria orgânica e inorgânico sendo um grande risco para contaminação dos recursos hídricos (superficiais e subterrâneos), solos, vegetação e à saúde pública na área de sua influência. O tratamento de lixiviado de aterro sanitário tem-se tornado cada vez mais importante à medida que novos aterros sanitários são construídos de acordo com a legislação vigente (CAMPOS, 1999).

O Processo físico-químico apresenta elevada eficiência na remoção da matéria orgânica, porem, possuem algumas desvantagens como a grande quantidade de lodo produzido, necessitando ainda de maiores recursos para seu manejo (IWAI, 2005).

Para atender os padrões de lançamentos de despejos os processos biológicos são os mais empregados no tratamento de lixiviado devido à remoção da carga poluidora, menor custo de operação e manutenção (JUCÁ, 2003). O tratamento biológico utilizando reator anaeróbio de fluxo ascendente e leito fixo é uma ótima alternativa para promover o tratamento do lixiviado á níveis que se possa dispô-los de forma controlada nos corpos receptores, logo, sem causarmos impactos no meio natural como: contaminação dos solos, dos aquíferos freáticos e outros.

Neste contexto, o objetivo geral da pesquisa foi desenvolver e operar um reator anaeróbio de fluxo ascendentes e leito fixo para o tratamento de lixiviado no que se refere a remoção da carga orgânica (DBO<sub>5</sub> e DQO) em reator anaeróbio de fluxo ascendente e leito fixo utilizando carvão ativado proveniente de Babaçu como meio suporte. Bem como objetivos específicos: caracterizar o lixiviado do Aterro de Manaus; determinar o Tempo de Detenção Hidráulica no reator; determinar a Carga Hidráulica Volumétrica do reator; determinar a Carga Orgânica Volumétrica do reator; monitorar todo o sistema de tratamento biológico de lixiviado por meio de análises físico-químicas; e comparar os resultados obtidos nas análises físico-químicas com os valores máximos da Resolução CONAMA n° 357/05.

## 2 MATERIAL E METODOS

O experimento foi desenvolvido na Universidade Federal do Amazonas - UFAM no município de Humaitá/AM, utilizando lixiviado do Aterro de Manaus-AM localizado nas coordenadas geográficas 3°08'07" S e 60°01'34" W. Foram realizadas três coletas de lixiviado do aterro de Manaus, no período de abril a outubro de 2010. O transporte foi realizado em recipientes de 15 e 60 litros.

O reator anaeróbico foi montado utilizando-se tubo de PVC de 100 mm de diâmetro interno, 1,28m de altura e volume de 10 litros conforme a Figura 1. O mesmo foi inoculado com um litro de lodo anaeróbico da Estação de Tratamento de Esgoto da UFAM do Campus de Humaitá. Dentro do tubo adicionou-se carvão ativado oriundo de babaçu como meio suporte.



Figura 1 - Reator anaeróbico de fluxo ascendente e leito fixo.

Legenda:

- 1- Entrada do afluente no sistema.
- 2- Bomba utilizada para recirculação do lixiviado.
- 3- Conduto que leva o lixiviado para a recirculação, da bomba ao reator, pela parte inferior do mesmo.
- 4- Reator anaeróbico de fluxo ascendente e leito fixo.
- 5- Conduto que leva o lixiviado para a recirculação, do reator a bomba, pela parte superior do mesmo.
- 6- Saída do efluente tratado.
- 7- Conduto que realiza a captação do biogás e leva até o medidor.
- 8- Medidor de gás.
- 9- Recipiente que expressa a quantidade de biogás gerado.
- 10- Reservatório de biogás.
- 11- Saída do biogás excedente.
- 12- Torneiras utilizadas para a coleta do lixiviado.
- 13- Caixa de força.

O TDH é o intervalo de tempo em que o fluido (lixiviado) fica recirculando dentro do reator. Buscou-se o TDH com melhor eficiência na remoção da carga orgânica (DQO e DBO<sub>5</sub>), levando em consideração as limitações do aparato experimental.

A Tabela 1 apresenta o TDH e vazão de lixiviado testados no reator por dia.

Tabela 1. Tempo de Detenção Hidráulica e vazão diária de lixiviado

TDH		Vazão (Litros)
Hora	Dia	
6	0,25	40
8	0,33	30
12	0,5	20

O material utilizado como meio suporte foi o carvão ativado oriundo do babaçu. A utilização desse material como meio suporte de reatores anaeróbios é uma inovação, principalmente pelo fato de se utilizar plantas como o Babaçu para a produção do mesmo que é uma palmeira abundante na região amazônica e possui um valor agregado relativamente baixo para a produção de carvão ativado.

Tabela 2. Características do carvão ativado utilizado.

ANÁLISE	ESPECIFICAÇÕES	RESULTADOS
Cinzas (% , ASTM D 2866/83)	Máx. 10,0	7,69
Densidade Aparente (g/cm <sup>3</sup> , ASTM 2854/70)	0,45 – 0,55	0,48
Granulometria (ASTM, D 2862/70)	12 x 40	12 x 40
Número de Iodo (mgI <sub>2</sub> /Gca, AWWA B 600/78)	Mín. 850	929
Unidade ao Embalar (% , ASTM D 2867/70)	Máx. 10,0	6,61

A função do carvão ativado é a de meio suporte para a produção biofilme para remoção da carga orgânica e de adsorver os traços de metais pesados presentes no lixiviado, para que isso ocorra, é fundamental que o carvão seja de boa qualidade. O carvão utilizado no experimento foi submetido a análises laboratoriais e comparado com os parâmetros como expressos na Tabela 2.

Os resultados expressos acima demonstram a alta qualidade do carvão ativado proveniente do babaçu, em relação às especificações paramétricas exigidas para determinação da qualidade de um tipo de carvão ativado.

O período de monitoramento foi de Abril a Outubro de 2010 por meio de 3 ciclos experimentais, para cada ciclo utilizou-se vazões de: 0,040, 0,030 e 0,020 m<sup>3</sup>/d com TDH de 6, 8 e 12 horas como citado na tabela 2.

As coletas das amostras foram realizadas utilizando frascos de polietileno de 500 ml para análises físico-químicas e para coleta bacteriológica foram utilizados frascos de polietileno de 250 ml esterilizados. As amostras coletadas no sistema de tratamento proposto foram conservadas em temperatura de 4°C até a fase de análises em laboratório. O mesmo procedimento foi realizado para as três etapas do experimento.

Os parâmetros físico-químicos, bem como os exames microbiológicos de coliformes totais e termotolerantes, foram analisados conforme (APHA *et al.*, 1995). As metodologias empregadas no trabalho estão expressas na Tabela 4.

Algumas análises, como a de sólidos e pH, foram realizadas na Universidade Federal do Amazonas Campus de Humaitá. O restante das análises nos laboratórios Laboratório Analítica e Laboratório Sanelab - Análise de Águas e Monitoramento Ambiental, ambos em Cuiabá-MT.

Tabela 4. Metodologias empregadas nas análises do lixiviado.

<b>Parâmetros</b>	<b>Método</b>	<b>Equipamentos</b>
DBO <sub>5</sub>	Iodométrico	Incubadora Marca Velpe
DQO	Titulométrico – Refluxo fechado	Digestor hach
Nitrogênio amoniacal	Titulométrico com destilação preliminar	Digestor BUCHI
Nitrogênio Total	Semi-micro Kjeldahl	Destilador de Nitrogênio
Sólidos Suspensos Totais (SST)	Gravimétrico	Estufa 1.2 FANEM
Sólidos Suspensos Voláteis (SSV)	Gravimétrico	Estufa 1.2 FANEM
pH	Eletrométrico	pHmeter Tec-2 Marca Tecnal
Fósforo	Perbufato de Potássio	Digestor VELPE ECO 8
Alcalinidade	Titulométrico	Bureta Automática LBT HUAOU
Cor	Colorimétrico	HI 83200 BENCH

Turbidez	Turbidímetro	HI 88703 - HANNA
Condutividade	Condutimétrico	TEXTO 240
Coliformes Totais	Colilert	Colilert
Coliformes Termotolerantes	Colilert	Colilert

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Caracterização do Lixiviado do Aterro de Manaus

A caracterização do lixiviado do Aterro de Manaus foi realizada utilizando-se a primeira coleta realizada devido ao acondicionamento e o transporte das amostras. Os resultados das análises das demais coletas se tivessem sido realizadas na mesma época da primeira, poderiam ter resultados diferentes, em virtude de que as coletas não foram realizadas em um mesmo dia e fatores ambientais poderiam ter contribuído para elevação dos níveis de dissolução, sólidos, cor, turbidez dentre outros parâmetros. Sendo assim os resultados da primeira coleta são apresentados a seguir na Tabela 5.

Tabela 5. Composição dos principais constituintes do Lixiviado do Aterro de Manaus.

PARÂMETROS	UNIDADE	RESULTADO
pH	-	7,3
Cor	*mg Pt/L	1.860,00
Turbidez	**NTU	216,00
DQO	mgO <sub>2</sub> /L	2.630,00
DBO <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /L	1.190,00
Nitrogênio Total	mg/L	1.680,00
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	50,60
Fósforo	mg/L	7,60
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	15.358,00
Condutividade	μS/cm	21,940,00
Coliformes totais	***N.M.P./100 ml	1,5x10 <sup>5</sup>
Coliformes Termotolerantes	***N.M.P./100 ml	1,5x10 <sup>5</sup>

\* Unidade de escala Pt – Co; \*\*Unidade Nefalométrica de Turbidez;\*\*\*Número Mais Provável.

Os resultados de DBO<sub>5</sub> e DQO estão de acordo com Bidone (2007), que afirma que os lixiviados dos aterros brasileiros que recebem resíduos de origem doméstica tem mostrado com características de aterros jovens, com concentração de matéria orgânica em termos de DQO na faixa entre 800 mg/L e 10.000 mg/L. As concentrações de Nitrogênio Total, por sua vez, frequentemente variam entre 1.500 mg/L e 3.000 mg/L, para aterros de mesma idade.

### **Tempo de Detenção Hidráulica (TDH) e Eficiência de Remoção de DBO<sub>5</sub> E DQO**

No período de monitoramento foram testadas as vazões afluentes no reator anaeróbio de: 0,040, 0,030 e 0,020 m<sup>3</sup>/d juntamente com os respectivos TDH de 6, 8 e 12 horas no mesmo. Com isso foi comparado o TDH com os resultados de remoção de DQO e DBO<sub>5</sub> afluente e efluente por três vezes, de acordo com as diferentes coletas do lixiviado bruto do Aterro de Manaus.

Neste sentido, verificou-se que durante o monitoramento do reator anaeróbio a melhor eficiência do Tempo de Detenção Hidráulica foi de 12 horas com eficiência na remoção de DQO de 61,7% de acordo com a Tabela 6.

Este valor encontra-se dentro da faixa de 40 a 75% de remoção de DQO de acordo com Campos (1999) que também estudou a eficiência da remoção de DQO em relação ao TDH.

**Tabela 6. Eficiência na remoção de DQO (Demanda Química de Oxigênio)**

Tempo de Detenção Hidráulica (h)	DQO (mgO <sub>2</sub> /L)
6	57%
8	60%
12	61,7%

O melhor resultado na remoção de DBO<sub>5</sub> também foi constatado com TDH de 12 horas, sendo sua eficiência de 78,3 % de acordo com a Tabela 7.

**Tabela 7. Eficiência na remoção de DBO<sub>5</sub> (Demanda Bioquímica de Oxigênio)**

Tempo de Detenção Hidráulica (h)	DBO (mgO <sub>2</sub> /L)
-------------------------------------	---------------------------

6	69%
8	75%
12	78,3%

Como se pode observar, os resultados obtidos no presente trabalho estão de acordo com Campos (1999), que encontrou em sua pesquisa eficiência remoção de DBO<sub>5</sub> percentuais de 45 a 85%.

A Figura 8 faz um comparativo dos valores de DBO<sub>5</sub> e DQO afluente e efluente e o TDH da primeira, segunda e terceira coleta.

Pode-se observar que o melhor TDH obtido foi de 12 horas para a maioria das etapas com exceção apenas da remoção de DQO do resultado da primeira coleta (Figura 8. a) que se obteve o melhor resultado com TDH de 10h, o que não foi possível em virtude da capacidade limite do volume do reator e, DBO<sub>5</sub> desta mesma coleta que se obteve o melhor resultado com TDH de 6h (Figura 8. b).

Nas Figuras 8. a, b, e, e f podemos observar que os valores de DBO<sub>5</sub> e DQO afluente, apresentam-se de forma linear. Isso acontece pelo fato de que as análises foram realizadas em amostras de um mesmo dia, por isso não ocorre variação nas amostras afluente. Ocorrendo o contrário com a DBO<sub>5</sub> e DQO efluentes, que podemos observar as variações em relação aos TDH's aplicados no reator.

Podemos observar as notórias variações nas Figuras 8. c e d, tanto na DBO<sub>5</sub> e DQO afluente e efluente. Isso ocorreu pelo fato de que o lixiviado da segunda coleta utilizado no experimento foi coletado em dias diferentes e armazenado em recipientes de 15 litros, justificando assim tais variações afluente.

Segundo Campos (1999), o TDH para reator anaeróbio foi verificado entre 8 a 10 horas com temperatura de 20°C para esgoto doméstico. De acordo com Stanford (2002), O tempo de detenção hidráulico para reator anaeróbio foi verificado de 8,5 horas com eficiência de 68,4% de DQO em reator UASB. O valor obtido no presente trabalho mostrou-se um pouco mais elevado provavelmente devido aos ciclos adotados com as vazões de 0,040, 0,030, 0,020 m<sup>3</sup>/dia fixas, presença do carvão ativado como meio suporte que dificultava a recirculação do lixiviado e as elevadas temperaturas características da região amazônica.



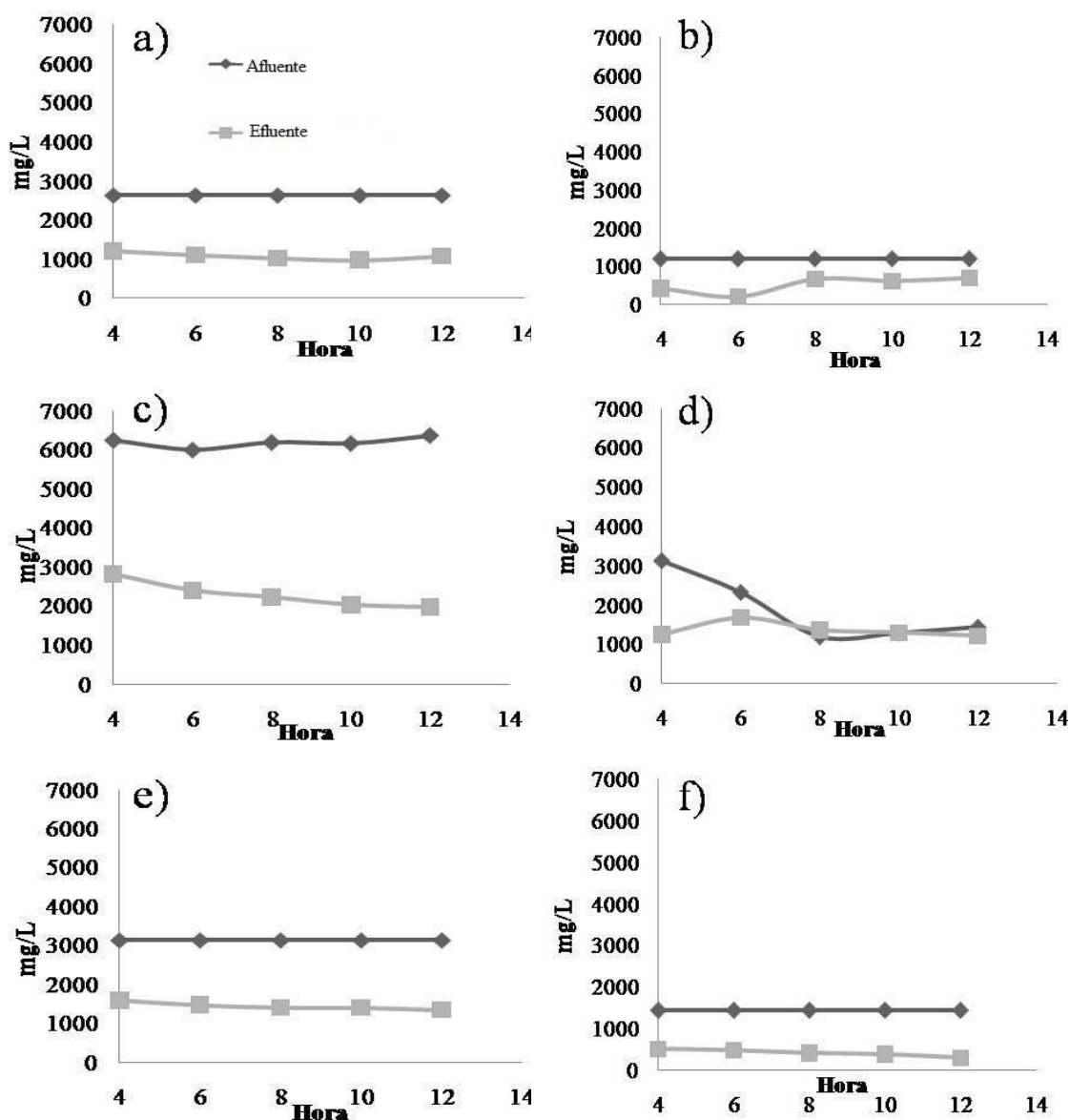


Figura 8. Valores de DBO<sub>5</sub> e DQO afluente e efluente em relação ao TDH e as coletas realizadas. a) DQO Coleta I; b) DBO<sub>5</sub> Coleta I; c) DQO Coleta II; d) DBO<sub>5</sub> Coleta II; e) DQO Coleta III e; f) DBO<sub>5</sub> Coleta III.

### Resultados da DQO e DBO<sub>5</sub> afluentes do Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Leito Fixo

- DQO do lixiviado afluyente do Aterro de Manaus em relação às demais coletas utilizadas no tratamento

As análises do lixiviado bruto do aterro de Manaus revelaram diferentes resultados de DQO considerando as três coletas utilizadas no experimento, o valor máximo encontrado para a DQO do lixiviado afluyente foi de 6.362 mgO<sub>2</sub>/L, o valor médio foi de 3.982 mgO<sub>2</sub>/L e o valor mínimo foi de 2.630 mgO<sub>2</sub>/L.

Verificou-se que os resultados de DQO na coleta I e III foram inferiores que a concentração da coleta II. Provavelmente devido precipitações que conseqüentemente possam ter proporcionado a diluição do lixiviado.

- DBO<sub>5</sub> do lixiviado afluyente do Aterro de Manaus em relação às etapas do tratamento

As análises do lixiviado bruto do Aterro de Manaus revelaram também diferentes resultados de DBO<sub>5</sub> considerando as três etapas do experimento, o valor máximo encontrado para a DBO<sub>5</sub> do efluente foi de 3.115 mgO<sub>2</sub>/L, o valor médio foi de 1.569,27 mgO<sub>2</sub>/L e o valor mínimo foi de 1.190 mgO<sub>2</sub>/L.

### **Resultados da DQO e DBO<sub>5</sub> efluentes do Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Leito Fixo**

- DQO efluente do reator anaeróbio em relação às coletas utilizadas no tratamento

As análises do lixiviado tratado no reator revelaram também diferentes resultados de DQO efluente considerando as três coletas do experimento.

De acordo com os resultados obtidos o valor máximo encontrado para a DQO do efluente foi de 2.808 mgO<sub>2</sub>/L obtido na coleta II, o valor médio foi de 1.648,27 mgO<sub>2</sub>/L e o valor mínimo foi de 973 mgO<sub>2</sub>/L obtido na coleta I do experimento.

- DBO<sub>5</sub> efluente do Reator Anaeróbio de Leito Fixo em relação às coletas utilizadas no tratamento

As análises do lixiviado tratado no reator revelaram também diferentes resultados de DBO<sub>5</sub> após o tratamento. Considerando as três coletas utilizadas no experimento, o valor máximo encontrado para a DBO<sub>5</sub> do efluente foi de 1.678 mgO<sub>2</sub>/L obtido na coleta

II, o valor médio foi de 786,71 mgO<sub>2</sub>/L e o valor mínimo foi de 193 mgO<sub>2</sub>/L obtido na coleta I do experimento.

Em alguns estados brasileiros existem legislações específicas sobre os limites máximos para o lançamento de efluentes nos corpos receptores. No Estado de São Paulo, o Decreto Estadual N° 8.468 de 08/09/1976 que dispõe sobre a prevenção e o controle da Poluição Ambiental estabelece que, os efluentes líquido de estação de águas residuárias, somente poderão ser lançados, diretamente ou indiretamente, nos corpos receptores com um teor de DBO<sub>5</sub> de no máximo 60 mgO<sub>2</sub>/L.

Segundo a Resolução CONAMA N° 357 de 17 de Março de 2005, que dispõe sobre os padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, que é Lei maior, apresenta-se ainda mais rígida com o valor máximo para lançamento de 5 mgO<sub>2</sub>/L.

Como podemos observar o valor médio de DBO<sub>5</sub> encontrado foi de 786,71 mgO<sub>2</sub>/L apresentando-se superior às resoluções citadas anteriormente não atendendo os padrões de lançamento.

Por isso, mesmo que o efluente de Reator Anaeróbio de Fluxo ascendente e Leito fixo, para que ele seja despejado em corpos receptores, faz-se necessário um polimento final para que este atinja os padrões de lançamento exigidos pela legislação vigente. No entanto o presente reator mostrou uma excelente eficiência na remoção da alta carga orgânica presente no lixiviados em estudo.

### **Determinação dos sólidos totais, dissolvidos e suspensos da terceira coleta utilizadas no experimento**

Esta análise ocorreu somente na terceira coleta utilizada no experimento, devido à falta de equipamentos para a determinação dos parâmetros de sólidos anteriormente. A Tabela 8 demonstra os resultados obtidos na análise da coleta III em relação cada ponto de coleta de amostragem do reator como indica a Figura 13.

De acordo com os resultados obtidos, podemos observar que o perfil de sólidos no reator apresenta maior concentração de biomassa na parte inferior do reator, podemos observar na Figura 13, as posições dos pontos de coletas no reator.

Isso se justifica pelo fato de que as partículas maiores, por serem mais pesadas, e sofrerem mais a ação da gravidade tendem a se depositar nas partes mais baixas do reator mesmo a ação recirculante promovida pela bomba, ou seja, no ponto de coleta 01.

Tabela 8. Sólidos totais, dissolvidos e suspensos da coleta III.

Amostra Bruta				
	M.I. (g)	M.F. (g)	M.S. (g)	C.S. (mg/L)
Sólidos totais	141	141,8	0,8	8000
Sólidos dissolvidos	227,32	228,07	0,75	7500
Sólidos suspensos			0,05	500
Ponto de Coleta I				
	M.I. (g)	M.F. (g)	M.S. (g)	C.S. (mg/L)
Sólidos totais	106,37	107,09	0,72	7200
Sólidos dissolvidos	106,35	106,6	0,25	2500
Sólidos suspensos			0,47	4700
Ponto de Coleta II				
	M.I. (g)	M.F. (g)	M.S. (g)	C.S. (mg/L)
Sólidos totais	103,83	104,53	0,7	7000
Sólidos dissolvidos	106,06	106,32	0,26	2600
Sólidos suspensos			0,44	4400
Ponto de Coleta III				
	M.I. (g)	M.F. (g)	M.S. (g)	C.S. (mg/L)
Sólidos totais	102,38	102,82	0,44	4400
Sólidos dissolvidos	105,27	105,43	0,16	1600
Sólidos suspensos			0,28	2800

Legenda: M.I.: Massa Inicial; M.F.: Massa Final; M.S.: Massa de Sólidos; C.S.: Concentração de Sólidos.



Figura 9 - Pontos de coletas do Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Leito Fixo.

### Carga Hidráulica Volumétrica

A carga hidráulica volumétrica (vazão/volume) aplicada diariamente ao reator foram de 0,6, 0,8 e 1,2 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.dia para todas as coletas, não ultrapassando o valor de 5,0 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.dia para projeto pilotos como estabelecido por CAMPOS (1999).

### Carga Orgânica Volumétrica

A carga orgânica volumétrica aplicada máxima, média e mínima de DQO e DBO<sub>5</sub> afluente e efluente em relação às coletas do experimento, com vazão de 0,040 m<sup>3</sup>/dia das etapas estão expressas na Tabela 9.

Tabela 9. COV de DQO e DBO<sub>5</sub> afluente e efluente com vazão de 0,040 m<sup>3</sup>/dia.

DQO						
	COV Afluente (Kg/dia)			COV Efluente (Kg/dia)		
	Coleta I	Coleta II	Coleta III	Coleta I	Coleta II	Coleta III
Máx	10,5	25,4	12,5	4,8	11,2	6,4
Méd	10,5	24,9	12,5	4,4	9,5	5,9
Mín	10,5	24,0	12,5	3,9	7,9	5,4
DBO <sub>5</sub>						
	COV Afluente (Kg/dia)			COV Efluente (Kg/dia)		
	Coleta I	Coleta II	Coleta III	Coleta I	Coleta II	Coleta III
Máx	4,8	12,5	5,8	2,7	6,7	2,0
Méd	4,8	8,3	5,8	2,2	5,6	1,7
Mín	4,8	4,8	5,8	0,8	4,8	1,4

Pode-se observar que as máximas COV com vazão de 0,040 m<sup>3</sup>/dia, de DQO e DBO<sub>5</sub> tanto afluente como efluentes, foram encontradas na segunda coleta de lixiviado utilizada no experimento.

A carga orgânica volumétrica aplicada máxima, média e mínima de DQO e DBO<sub>5</sub> afluente e efluente em relação às coletas do experimento, com vazão de 0,030 m<sup>3</sup>/dia das etapas estão expressas na Tabela 10.

Tabela 10. COV de DQO e DBO<sub>5</sub> afluente e efluente com vazão de 0,030 m<sup>3</sup>/dia.

DQO						
	COV Afluente (Kg/dia)			COV Efluente (Kg/dia)		
	Coleta I	Coleta II	Coleta III	Coleta I	Coleta II	Coleta III
Máx	7,9	19,1	12,5	3,6	8,4	4,8
Méd	7,9	18,7	12,0	3,3	7,1	4,4
Mín	7,9	18,0	9,4	2,9	5,9	4,0

DBO <sub>5</sub>						
	COV Afluente (Kg/dia)			COV Efluente (Kg/dia)		
	Coleta I	Coleta II	Coleta III	Coleta I	Coleta II	Coleta III
Máx	3,6	9,3	4,3	2,1	5,0	1,5
Méd	3,6	6,2	4,3	1,6	4,2	1,3
Mín	3,6	3,6	4,3	0,6	3,6	1,1

A carga orgânica volumétrica aplicada máxima, média e mínima de DQO e DBO<sub>5</sub> afluente e efluente em relação à etapas do experimento, com vazão de 0,020 m<sup>3</sup>/dia das etapas estão expressas na Tabela 11.

Tabela 11. COV de DQO e DBO<sub>5</sub> afluente e efluente com vazão de 0,020 m<sup>3</sup>/dia.

DQO						
	COV Afluente (Kg/dia)			COV Efluente (Kg/dia)		
	Coleta I	Coleta II	Coleta III	Coleta I	Coleta II	Coleta III
Máx	5,3	12,7	12,5	2,4	5,6	3,2
Méd	5,3	12,4	11,5	2,2	4,7	2,9
Min	5,3	12,0	6,3	1,9	3,9	2,7

DBO <sub>5</sub>						
	COV Afluente (Kg/dia)			COV Efluente (Kg/dia)		
	Coleta I	Coleta II	Coleta III	Coleta I	Coleta II	Coleta III
Máx	2,4	6,2	2,9	1,4	3,4	1,0
Méd	2,4	4,2	2,9	1,1	2,8	0,9
Min	2,4	2,4	2,9	0,4	2,4	0,7

De acordo com os resultados de Carga Orgânica Volumétrica de DQO e DBO<sub>5</sub> afluente e efluente com as vazões de 0,040, 0,030, 0,020 m<sup>3</sup>/dia, obteve-se resultados máximos, médios e mínimos inferiores a 45 KgDQO/m<sup>3</sup>.dia, aplicada no reator. Sendo assim esta quantidade (massa) de carga orgânica volumétrica aplicada ao reator por unidade de volume está de acordo com o que foi verificado por CHERNICHARO (1997).

## Determinação da Carga Orgânica Aplicada (COA) de DBO<sub>5</sub> e DQO em Relação às coletas do tratamento do lixiviado afluente e efluente

Pode-se observar os valores obtidos de COA na tabela 12, onde verificou-se que a máxima COA de DQO e DBO<sub>5</sub> do lixiviado afluente e efluente na coleta II, bem como a maior média e, a mínima na coleta I.

Tabela 12. Carga Orgânica Aplicada afluente e efluente de DBO<sub>5</sub> e DQO do reator.

DQO						
	COA Afluente (Kg/dia)			COA Efluente(Kg/dia)		
	Coleta I	Coleta II	Coleta III	Coleta I	Coleta II	Coleta III
Máx	0,01578	0,03817	0,01878	0,00725	0,01684	0,00957
Méd	0,01578	0,03713	0,01878	0,00660	0,01424	0,00882
Mín	0,01578	0,03595	0,01878	0,00583	0,01183	0,00807
DBO <sub>5</sub>						
	COA Afluente (Kg/dia)			COA Efluente (Kg/dia)		
	Coleta I	Coleta II	Coleta III	Coleta I	Coleta II	Coleta III
Máx	0,00714	0,01869	0,00863	0,00411	0,01006	0,00200
Méd	0,00714	0,01247	0,00863	0,00324	0,00846	0,00244
Mín	0,00714	0,00717	0,00863	0,00115	0,00725	0,00175

Observa-se a relação com a máxima eficiência de remoção de DQO de 61,7%, como citado anteriormente, e as máximas de Carga Orgânica Aplicada por dia. Logo pode afirmar que quanto maior a carga orgânica aplicada, maior remoção de DQO.

Da mesma forma, a eficiência máxima de remoção de DBO<sub>5</sub> ocorreu nas etapas onde se observou maior Carga Orgânica Aplicada, o que confirma as afirmações de CHERNICHARO (1997). Segundo o mesmo, quanto maior a Carga Orgânica Aplicada maior a eficiência na remoção de DBO<sub>5</sub> e DQO.

## CONCLUSÕES

Com base nos estudos realizados concluiu-se que, o reator anaeróbio de fluxo ascendente e leito fixo utilizando meio suporte de carvão ativado oriundo de babaçu, apresentou grande eficiência na remoção de carga orgânica. O melhor tempo de detenção hidráulica foi de 12 horas, apresentando uma eficiência na remoção de DQO de 61,7% e desvio padrão de  $\pm 6$ , e de 78,3 % de eficiência para a DBO<sub>5</sub> e desvio padrão de  $\pm 3,8$ .

O estudo comprovou a viabilidade do uso do reator anaeróbio de fluxo ascendente e leito fixo tendo o carvão ativado como meio suporte, para o tratamento de lixiviado com alta concentração de carga orgânica (DBO<sub>5</sub> e DQO), entretanto, o efluente, ainda não fica em condições de ser lançado em um corpo receptor por não atender os padrões máximos estabelecidos pela resolução CONAMA n° 357/05 que define os padrões de lançamentos em corpos receptores.

As vantagens que observamos nesse estudo foi relativo a grande capacidade de suportar altas cargas orgânicas com boa eficiência de remoção das mesmas e suas facilidades operacionais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA, AWWA, WPCFC. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Eds. L.S. CLERCERI, A.E. GREENBERG, R.R. TRUSSEL, 17<sup>th</sup> edition, Washington, USA, Ed. APHA. (1995).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR-884-9*. Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos, 1985.

BIDONE, F. R. *Tratamento de lixiviado de aterro sanitário por um sistema composto por filtros anaeróbios seguidos de banhados construídos: Estudo de caso – Central de Resíduos do Recreio, em Minas do Leão/RS*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de Sao Carlos, Universidade de Sao Paulo, Sao Carlos, 2007.

BRAGA, Benedito. *Introdução à engenharia ambiental – o desafio do desenvolvimento sustentável*. 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n° 357, de 17 março de 2005. *Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento bem como estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes*. Diário Oficial [da] União, 18 mar. 2005. 23 p.



CAMPOS, José Roberto *et al.* ***Tratamento de esgoto sanitário por processo anaeróbio e disposição controlada no solo.*** Rio de Janeiro: ABES, 1999.

CAMPOS, José Roberto *et al.* ***Tratamento de esgoto sanitário por processo anaeróbio e disposição controlada no solo.*** Rio de Janeiro: ABES, 1999.

CASSINI, Sérgio Túlio *et al.* ***Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás.*** Rio de Janeiro: ABES, 2003.

CASTILHOS JR., A. B. de. ***Estimativa da distribuição e dos teores dos metais pesados nas diversas frações dos resíduos urbanos no Brasil.*** BIO - Rev. Bras. De San. e Meio Amb., p.57-60, 1988.

CHAVES, Edson Valente. ***Absorção de metais pesados de solos contaminados do aterro sanitário e pólo industrial de Manaus pelas espécies de plantas Senna multijega, Schizolobium amazonicum e Caesalpinia echinata***-Manaus: UFAM, 2008. Dissertação de Mestrado.

CHERNICHARO, C. A. L.; ***Reatores anaeróbios.*** Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, p. 246, 1997.

CMMAD - ***Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento.*** Nosso Futuro Comum. Rio de Janeiro, Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1988. 430p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. ***Manual de instruções básicas para a execução de aterro sanitário.*** São Paulo, 1979. Anexo 3.

CONTRERA *et al.* ***Tratamento biológico de lixiviados de aterros sanitários utilizando reator anaeróbio horizontal de leito fixo (RAHLF).*** Revista Minerva, 2(1): p. 65-74. 2004. Disponível em: <[www.schol.google.com.br](http://www.schol.google.com.br)>. Acesso em: 15 de Agosto de 2010.

DAMASCENO, S. ***Remoção de metais pesados em sistemas de tratamento de esgoto sanitário por processo de lodo ativado e por um reator compartimentado anaeróbio.***

São Carlos, 1996. 141p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

IWAI, C.K.; HAMADA, J.; FILHO, G.S.C. *Remoção da DQO do chorume através da percolação em solos empregados como material de cobertura de aterros*. In: XXIII CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Mato Grosso do Sul. Anais. ABES, Ref. III-224. 2005.

JUCÁ, J. F. T. *Disposição Final dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil*. In: 5º Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental – REGEO, Porto Alegre, RS, 2003.

KJELDSEN, P. *et al. Present and long-term composition of MSW landfill leachate: a review critical reviews in environmental science and technology*, periódico, v. 4, n. 32, p. 297-336, 2002.

**Recebido: 31/011/2017. Aceito 30/06/2017.**

#### **Sobre os autores e contatos:**

**Amazonino Lemos de Castro**- Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal do Amazonas, Mestre em Ciências Florestais e Ambientais, Professor do Curso de Engenharia Ambiental do IEAA/UFAM. E-mail:alcastro.ufam@gmail.com

**Aldecy de Almeida Santos** -Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, Mestre Em Física e Meio Ambiente pela UFMT e, Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Professor da Universidade Federal do Mato Grosso – UFMT, E-mail: aldecy\_allmeida@yahoo.com.br

**Keith Soares Valente** - Engenheira Ambiental pela Universidade Federal do Amazonas, Mestra em Ciências Florestais e Ambientais, Professora do Curso de Engenharia Ambiental do IEAA/UFAM. E-mail: keith.ufam@gmail.com