



III-352 - AVALIAÇÃO DA REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA BIODEGRADÁVEL DE LIXIVIADO EM FILTROS BIOLÓGICOS ANAERÓBIOS

Elisa Kerber Schoenell⁽¹⁾

Graduanda em Gestão Ambiental pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Bolsista Iniciação Científica CNPq da Pós-Graduação de Engenharia Civil - UNISINOS.

Aldrim Vargas de Quadros

Biólogo formado pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

Marina Brenner Medtler

Graduanda em Gestão Ambiental pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Bolsista Iniciação Científica CNPq da Pós-Graduação de Engenharia Civil - UNISINOS.

Luciana Paulo Gomes

Engenheira Civil, Doutora em Engenharia Civil (Área de Hidráulica e Saneamento), professora titular da Universidade do Vale do Rio dos Sinos e Coordenadora do Sistema de Gestão Ambiental.

Endereço⁽¹⁾: Av. Unisinos, 950. São Leopoldo - RS - Brasil. CEP: 93022-000 - Tel: (51) 35908464 - e-mail: elisakorn@yahoo.com.br e lugomes@unisinos.br

RESUMO

O lixiviado gerado em aterros sanitários é tóxico e possui grande quantidade de matéria orgânica, devendo por isso receber um tratamento adequado antes de ser disposto no meio ambiente. O filtro biológico anaeróbio é um tipo de tratamento com o objetivo principal de remover matéria orgânica, a qual é degradada por microrganismos presentes no lixiviado que aderem ao meio suporte presentes nos filtros. Este trabalho visa avaliar e comparar o desempenho de quatro filtros biológicos anaeróbios com diferentes meios de suporte (rachão e bloco) e diferentes sentidos de fluxo de entrada (ascendente e descendente), operados com regime contínuo de 20L de lixiviado por dia e TDH de 10 dias. O comportamento do pH e Eh monitorados nos filtros corresponderam ao esperado para as condições de digestão anaeróbia descritas na bibliografia. A eficiência média de remoção de matéria orgânica para os filtros com bloco de concreto foi de 52% para o filtro B1 e 60% para o filtro B2, enquanto que com meio suporte rachão obteve-se uma eficiência média de remoção de matéria orgânica de 63% para o filtro R1 e 61% para o filtro R2. Os filtros anaeróbios promoveram uma remoção de matéria orgânica de 59% para fluxo de entrada de lixiviado ascendente e 51% para fluxo descendente. Os resultados foram similares, porém o filtro anaeróbio com meio suporte rachão e fluxo de entrada ascendente (R1) apresentou os melhores resultados em relação aos demais filtros. O comportamento de STV no tanque de equalização e nos filtros anaeróbios foi similar ao da DQO. Os filtros anaeróbios foram eficientes na remoção de SST, atendendo os padrões de emissão de efluentes. A concentração de DQO efluente ainda está acima da legislação. Porém a remoção obtida foi satisfatória, considerando-se o TDH e a pequena área utilizada pelos filtros, se comparado a outros sistemas, como as lagoas anaeróbias. O uso de filtros biológicos anaeróbios portanto deverá ser combinado com outros tipos de tratamento em escala real nas Estações de Tratamento de Lixiviado nos aterros sanitários.

PALAVRAS-CHAVE: Lixiviado, Filtro Biológico Anaeróbio, Meio suporte.

INTRODUÇÃO

Segundo Dillenburg (2006), a forma mais comum de destinação final de resíduos sólidos urbanos no Brasil é a disposição em aterros sanitários, onde processos biológicos, físicos e químicos acontecem, os quais estimulam a degradação dos resíduos e resultam na produção de lixiviado e gases.

Os lixiviados são líquidos gerados em depósitos de resíduos sólidos provenientes de três fontes principais: águas que entram no sistema, principalmente, água da chuva; umidade natural dos resíduos sólidos, e água gerada na degradação anaeróbia dos compostos biodegradáveis. Caracteriza-se por ser um líquido escuro, com alto potencial poluidor, geralmente tóxico, contendo alto teor de matéria orgânica, traços de metais dissolvidos e amônia. Por isso, deve ser tratado antes de ser disposto no meio ambiente.

Uma alternativa para tratamento de lixiviado é o filtro biológico anaeróbico, no qual a degradação da matéria orgânica ocorre sem a presença de oxigênio livre e é feita pela passagem do lixiviado por um leito de material inerte (meio suporte), no qual forma-se o biofilme bacteriano responsável pela degradação da matéria orgânica.

Neste trabalho foi realizada a avaliação do desempenho dos filtros biológicos anaeróbios na remoção de matéria orgânica construídos com diferentes tipos de meio suporte (blocos de concreto e rachão) e diferente sentido de fluxo de entrada de lixiviado (ascendente e descendente). A interferência das condições climáticas na região do estudo foi também considerada quando da avaliação dos resultados.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os filtros anaeróbios foram construídos com diferentes tipos de meio suporte: blocos de concreto e rachão (dois filtros para cada tipo). Todos os filtros possuíam fluxo de entrada ascendente até os 237 dias de operação, quando o fluxo de dois dos quatro filtros (B2 e R2) passou a ser descendente para que a eficiência em termos de sentido do fluxo de entrada do lixiviado também fosse avaliada. A nomenclatura dos filtros está descrita na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1: Nomenclatura dos filtros utilizados.

NOME	FLUXO DE ENTRADA DE LIXIVIADO	MEIO SUPORTE
R1	Ascendente	Brita n°5 (Rachão)
R2	Descendente	Brita n° 5 (Rachão)
B1	Ascendente	Bloco de Concreto
B2	Descendente	Bloco de Concreto

Para a montagem dos filtros foram utilizados reservatórios de fibra de vidro de 500L com volume útil de lixiviado de 200L. Um reservatório denominado tanque de equalização (TE), foi utilizado para armazenar o lixiviado coletado no aterro sanitário de São Leopoldo, o qual era distribuído a partir deste para os quatro filtros por meio de bomba dosadora. Cada filtro recebeu 20 L/dia de lixiviado, com tempo de detenção hidráulico de 10 dias. As Figuras 1 e 2 a seguir correspondem aos meios de suporte utilizados e ao esquema de operação dos filtros anaeróbios, respectivamente.

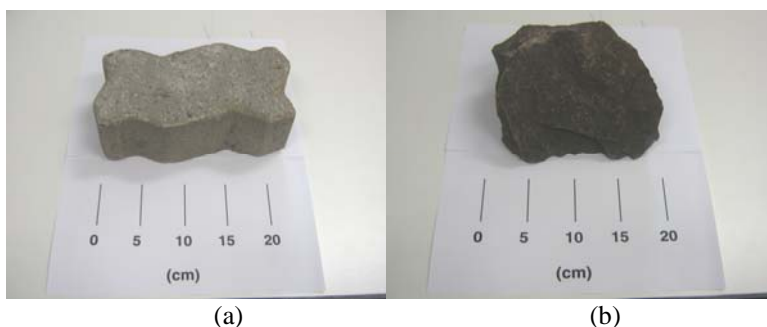


Figura 1: Identificação dos meios de suporte utilizados: blocos de concreto (a) e brita n° 5 (rachão) (b).

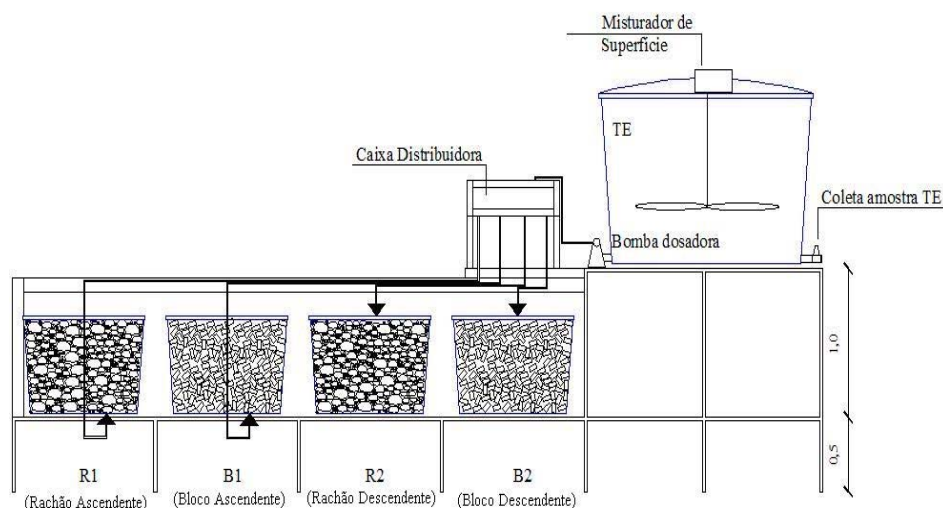


Figura 2: Esquema de operação dos filtros.

O lixiviado utilizado na pesquisa foi coletado e encaminhado para as unidades de tratamento no Aterro Sanitário de São Leopoldo – RS. As características médias trimestrais monitoradas pela empresa que opera o aterro e a estação de tratamento de lixiviados são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Características do lixiviado na entrada da ETLix em 2008.

Parâmetros	Dez/07	Mar/08	Jun/08	Set/08	Dez/08
pH	7,8	8,5	7,7	8,0	7,9
DBO (mg/L)	1.200	2.500	2.400	1.600	1.700
DQO (mg/L)	3.200	7.100	6.900	4.600	4.800
Fósforo Total (mg/L)	38	18	11	14	11
Nitrogênio Total (mg/L)	370	600	850	1.200	820
SST (mg/L)	110	280	330	400	260
SSed. (mL/L)	1,0	0,5	3,0	3,0	0,5
Col. Totais (NMP/100mL)	1,1E+05	2,0E+05	1,3E+06	1,4E+06	2,6E+05
Col. Termotolerantes (NMP/100mL)	8,0E+04	1,0E+05	6,8E+05	6,8E+05	8,0E+04
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	5,0	0,5	--	1,0	0,5

Fonte: SL Ambiental (2008).

Para o monitoramento do sistema foram realizadas semanalmente análises de DQO, sólidos e exames de pH e Eh, todos segundo APHA (1995). Para o parâmetro DQO analisado foi realizada análise de variância (ANOVA) a qual considera todos os grupos em uma única análise, mostrando se existe ou não uma variação significativa entre as médias de qualquer um dos filtros operados.

RESULTADOS

Nos quatro filtros estudados e durante todo o período monitorado (aproximadamente 600 dias), constatou-se valores de Eh na faixa de -300 mV a -600 mV, conferindo com observado em Farquhar & Rovers (1973) que indicam valores de -200 mV ou menos para condições anaeróbias. O valor de pH no efluente dos quatro filtros variou de 6,0 a 9,9, com média de 8,3. Com o decorrer da estabilização da matéria orgânica e o consumo dos ácidos, há uma tendência à elevação do pH dos lixiviados. Sendo assim os valores de pH medidos nos filtros indicaram boas condições para a digestão anaeróbia e estabilização da matéria orgânica.

A Figura 3 mostra o gráfico da média de DQO para os filtros com meio suporte rachão e bloco, e na Figura 4 é apresentado o mesmo parâmetro para a avaliação do fluxo de entrada de lixiviado: ascendente e descendente. Os resultados indicados nestes dois gráficos já são apresentados como média das duas unidades

porque a análise estatística de ANOVA resultou em similaridade para os filtros estudados, conforme as Tabelas 3 e 4.

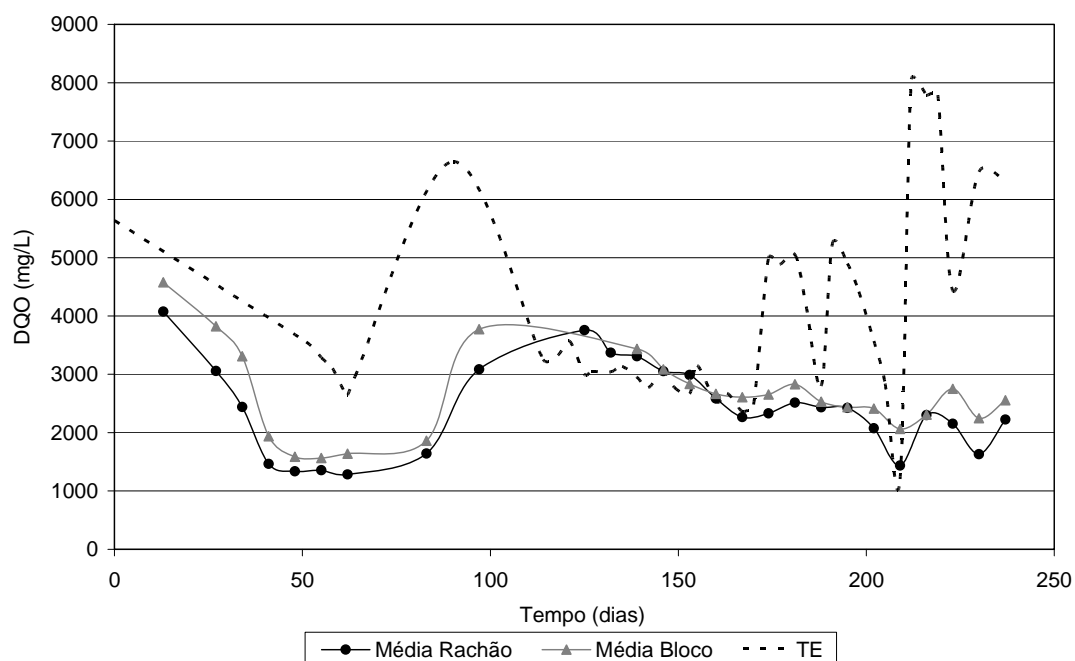


Figura 3: Comparativo entre diferentes tipos de meio suporte para os primeiros 237 dias.

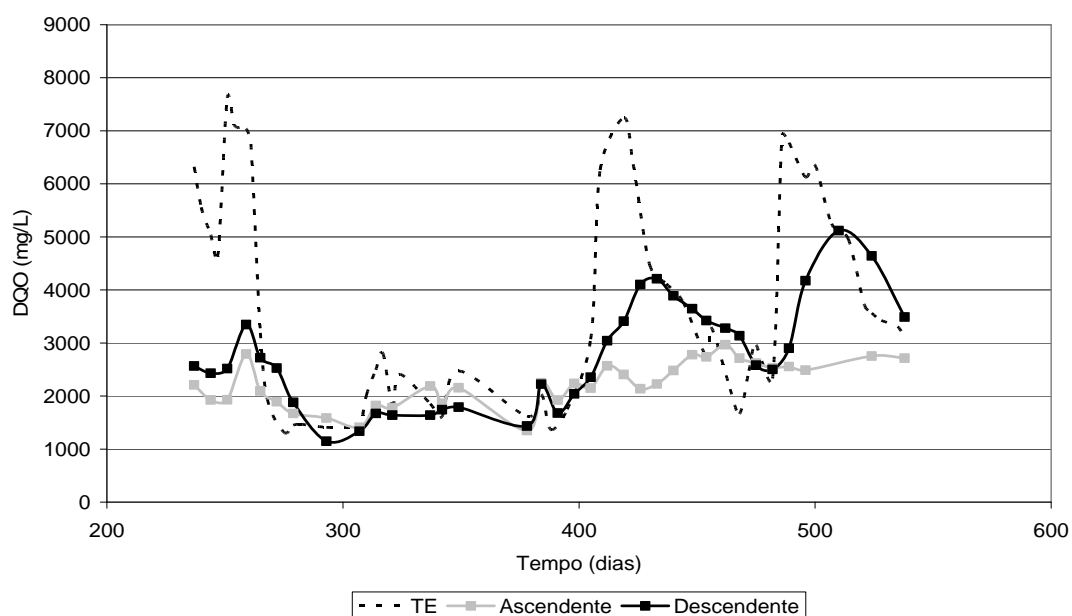


Figura 4: Comparativo entre diferentes fluxos de entrada entre 237 e 540 dias.



Tabela 3. Resultados da Análise estatística ANOVA, no período 0 a 237 dias para os pares de filtros R1 e R2 e B1 e B2, quando analisado o parâmetro DQO.

R1 e R2						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	Valor-P	F crítico
Entre grupos	60211112	30	2007037	5,5	1,23E-05	1,8
Dentro dos grupos	9814700	27	363507,4			
Total	70025812	57				
B1 e B2						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	69808456	30	2326949	11,5	7,68E-09	1,9
Dentro dos grupos	5259384	26	202284			
Total	75067840	56				

Tabela 4. Resultados da Análise estatística ANOVA, no período 237 a 540 dias para os pares de filtros R1 e B1 (ascendente) e R2 e B2 (descendente), quando analisado o parâmetro DQO.

R1 e B1 – Ascendente						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	11919705	34	350579,6	7,5	2,83E-08	1,8
Dentro dos grupos	1589516	34	46750,47			
Total	13509221	68				
R2 e B2 – Descendente						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	69240316	34	2036480	16,4	1,93E-13	1,8
Dentro dos grupos	4333738	35	123821,1			
Total	73574054	69				

O processo de tratamento entre 0 e 237 dias de monitoramento usando filtros anaeróbios com meio suporte blocos promoveu uma eficiência média de remoção de matéria orgânica de 52% para o filtro B1 e 60% para o filtro B2, enquanto que com meio suporte rachão obteve-se uma eficiência média de remoção de matéria orgânica de 63% para o filtro R1 e 61% para o filtro R2. Os resultados foram similares, porém o filtro anaeróbio com meio suporte rachão, mais especificamente, R1, apresentou melhores resultados em relação aos demais filtros para esse período de pesquisa.

No período de 237 a 540, onde já estavam sendo operados 2 filtros com fluxo ascendente e 2 com fluxo descendente, o processo de tratamento usando filtros anaeróbios promoveu uma remoção de matéria orgânica de 59% para fluxo de entrada de lixiviado ascendente e 51% para fluxo descendente. Os resultados apresentados demonstram uma similaridade quanto a remoção de matéria orgânica nas unidades estudadas, sendo os filtros operados com fluxo ascendente os que melhor apresentaram eficiência de remoção de matéria orgânica.

Em 540 dias de operação com fluxo ascendente a eficiência média de remoção de matéria orgânica em termos de DQO foi de 61% para o filtro R1 e 56% para o filtro B1. Analisando todo o período, concluiu-se a partir do desempenho verificado (análise da remoção de matéria orgânica) que o filtro operado com fluxo ascendente e meio suporte rachão foi o que apresentou o melhor desempenho.

Os resultados de DQO medidos no TE e na saída dos filtros foram plotados (Figura 5 e 6) para confirmar a variabilidade dos dados obtidos durante o tempo de monitoramento. Para esse tipo de apresentação é correto afirmar que quanto maior o comprimento do box maior será a heterogeneidade da amostra, ou melhor, maior será o desvio padrão. Além disso, demonstra a variação de dados na amostra e salienta pontos e/ou resultados muito acima ou abaixo da variação média.

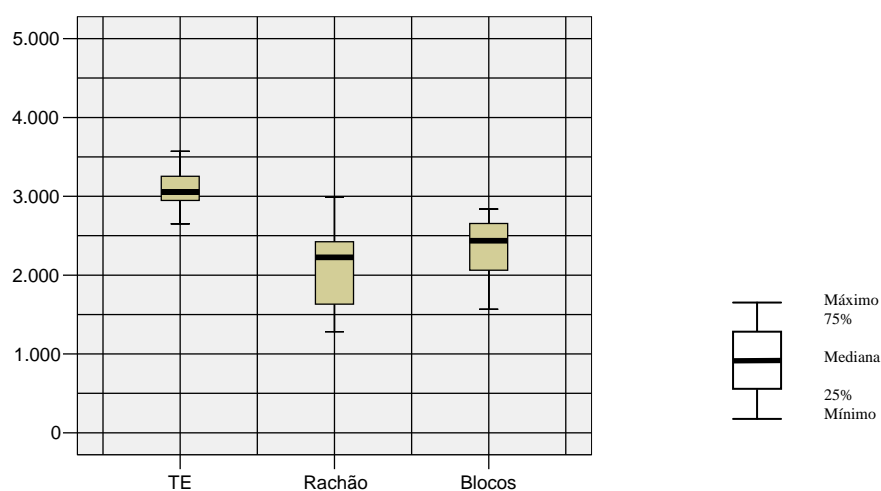


Figura 5: Análise do comportamento nos filtros biológicos anaeróbios comparando meio suporte bloco e rachão com o lixiviado de entrada no sistema (TE), durante os primeiros 237 dias.

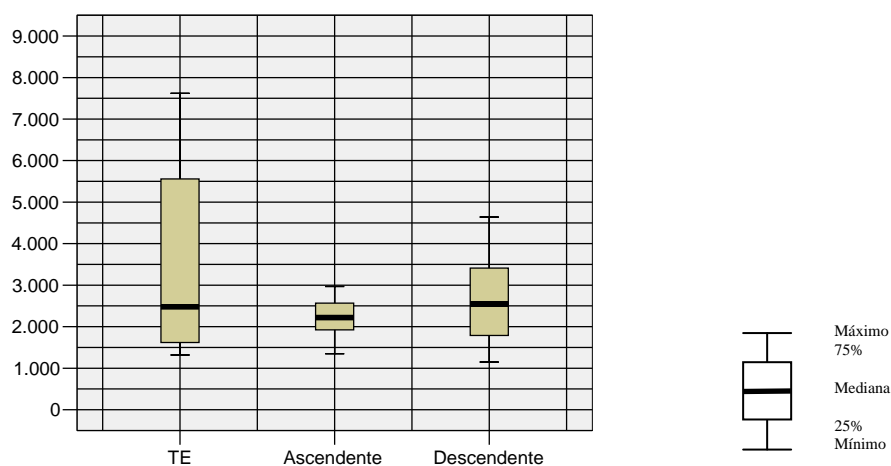


Figura 6: Análise do comportamento nos filtros biológicos anaeróbios comparando regimes de fluxo ascendente e descendente com o lixiviado de entrada no sistema (TE) durante 237 e 540 dias.

Na Figura 7, são apresentados os dados relativos a influência do tipo de material suporte na remoção de DQO durante o período de operação dos filtros.

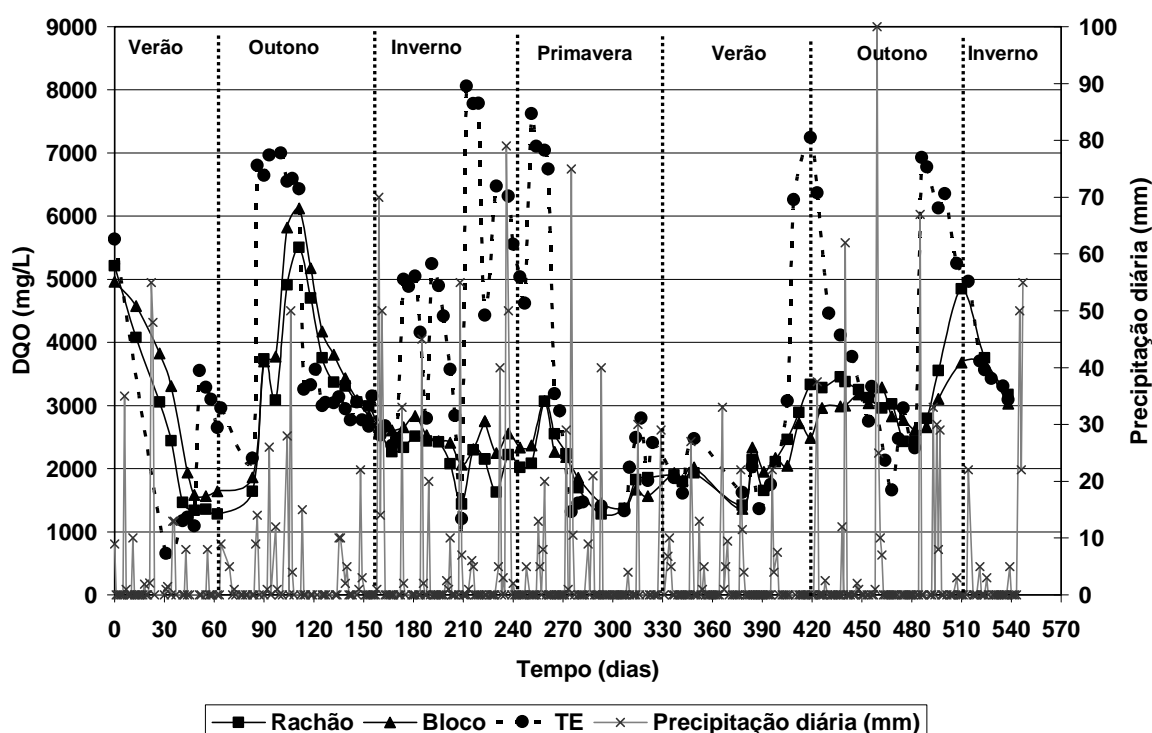


Figura 7: Remoção de DQO nos filtros anaeróbios utilizando diferentes tipos de meios suportes, durante o período experimental de 540 dias.

Conforme se observa na Figura 7, a eficiência de remoção de DQO nos filtros anaeróbios independe do tipo de material suporte. Verifica-se também que as variações na concentração de DQO observadas no tanque de equalização foram absorvidas pelo sistema. Analisando-se o desempenho do sistema ao longo das estações do ano, verificou-se que essas variações na carga orgânica não influenciaram na performance do sistema. Entretanto não é possível fazer a mesma observação com relação à concentração de DQO do lixiviado afluente, onde se observou uma nítida influência sazonal, principalmente no que diz respeito à precipitação pluviométrica na área do aterro. Verificou-se um aumento da carga orgânica devido as chuvas que lixiviam os compostos presentes nos resíduos dispostos no Aterro Sanitário. No período monitorado, a primavera foi a estação mais chuvosa na região do Aterro Sanitário.

Cabe salientar que a relação DBO/DQO do lixiviado bruto apresentou-se extremamente variável, com extremos entre 0,3 e 0,6, valores médios em torno de 0,4 e um desvio padrão de 0,11. Essa variação é característica dos lixiviados de aterro sanitário, a qual é decorrente da heterogeneidade dos resíduos sólidos domésticos descartados, além da variação climática local.

Embora os sistemas anaeróbios possam se sobressair em regiões de clima tropical, onde a temperatura normalmente não é inferior a 18°C é possível que estes sistemas possam trabalhar sob baixas temperaturas. Entretanto, a taxa de digestão pode se tornar mais lenta, diminuindo, assim, a eficiência do sistema (CHERNICHARO, 1997).

Os valores de Sólidos Suspensos Voláteis (SSV) no TE foram superiores aos valores do mesmo parâmetro nos filtros anaeróbios, indicando remoção biológica de SSV. Em seu trabalho, Fleck (2003) afirma que a remoção biológica de SSV pode ocorrer por mecanismos de solubilização, adsorção em filme biológico e metabolismo anaeróbio.

O comportamento da remoção de Sólidos Totais Voláteis (STV) também foi similar nos quatro filtros. Os filtros alcançaram os valores mais baixos de STV aproximadamente nos 350 dias de operação, período que ocorreu durante o verão, em que as temperaturas são mais elevadas no Estado do Rio Grande do Sul (em média de 25°C), o que facilita a digestão anaeróbia e consequentemente a remoção de matéria orgânica. A Figura 8 compara a concentração de DQO e STV no TE, ponto afluente no estudo.

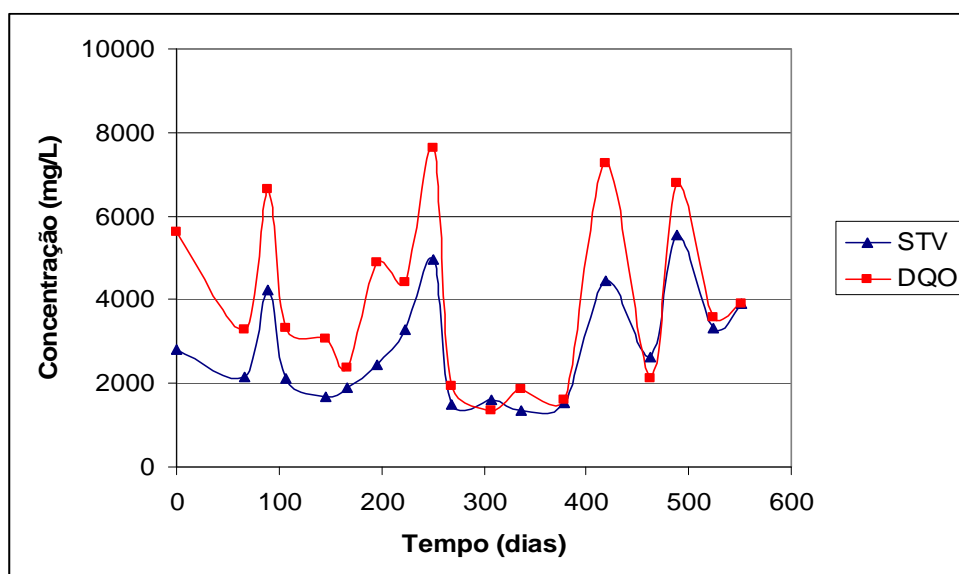


Figura 8: Concentrações de DQO e STV no Tanque de Equalização (TE).

O comportamento de STV no tanque de equalização e nos filtros anaeróbios foi similar ao da DQO. Dessa forma pode-se afirmar que os valores de STV confirmam a remoção de matéria orgânica apontada pelos valores de DQO nas unidades de tratamento.

CONCLUSÕES

Não houve diferença significativa entre as eficiências de remoção de matéria orgânica entre os 4 filtros, sendo o meio suporte rachão de fluxo ascendente o que obteve maior desempenho.

O limite de SST para descarte de efluente é de 160mg/L para vazões de 20 a 100m³/dia (CONSEMA nº 128/2006). A média dos valores de SST durante o período de monitoramento das unidades de tratamento foi de 113mg/L. Dessa forma, pode-se afirmar que os filtros anaeróbios foram eficientes na remoção de SST (no TE a média desse parâmetro foi 347,7), atendendo os padrões de emissão de efluentes.

A concentração de DQO efluente ainda está acima da legislação (360mg/L para vazões de 20 a 100m³/dia – CONSEMA nº128/2006). Porém a remoção obtida foi satisfatória, considerando-se o tempo de detenção hidráulica de 10 dias e a pequena área utilizada pelos filtros, se comparado a outros sistemas, como as lagoas anaeróbias. Desta forma, sugere-se o uso de filtros biológicos anaeróbios combinados com outros tipos de tratamento nas Estações de Tratamento de Lixiviado nos aterros sanitários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, 1995: AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER ENVIRONMENT FEDERATION (Ed.). Standard methods for examination of water and wastewater. 19. ed. Washington: Apha, 1995.
2. ANDRADE NETO, C. O.; MELO, H.N.S.; FILHO, M.L. Filtros anaeróbios com fluxo ascendente e fluxo descendente. In: CASTILHOS Jr., Armando Borges de; LANGE, Lisete C.; GOMES, Luciana Paulo; PESSIN, Neide. (Orgs.). Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios – Coletâneas de Trabalhos Técnicos. Vol. 2. Rio de Janeiro: RiMa, 2003. p. 19-57.
3. CHERNICHARO, A. L. 1997. Reatores Anaeróbios. Belo Horizonte: UFMG. 245 p.
4. CONSEMA – Conselho Estadual de meio Ambiente. Resolução CONSEMA Nº 128/2006. Estado do Rio Grande do Sul. Secretaria do Meio Ambiente. Conselho Estadual do Meio Ambiente – Porto Alegre, 24 de novembro de 2006.
5. DILLENBURG, M. E. Variação da taxa de recirculação de lixiviado determinada pela concentração de ácidos voláteis no tratamento da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos domésticos. 2006. 135 f.



- Dissertação (Mestrado) – Departamento de Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.
6. FARQUHAR, G.J. and ROVERS, F.A. Gas Production during Refuse Decomposition. *Water, Air and Soil Pollution*, v. 2 (1973) p. 483 – 495.
 7. FLECK, E. Sistema Integrado por Filtro Anaeróbio, Filtro Biológico de Baixa Taxa e Banhado Construído Aplicado ao Tratamento de Lixiviado de Aterro Sanitário. 323 f. Tese (Mestrado) - Departamento de IPH, Ufrgs, Porto Alegre, 2003.
 8. GULSEN, H.; TURAN, M. Anaerobic Treatability of Sanitary Landfill Leachate in a Fluidized Bed Reactor. *Turkish J. Eng. Env. Sci.* vol. 28, p. 297-305. Turquia. 2004.
 9. SARTI, A.; SAKAMOTO, I. K.; VARESCHE, M. B. A.; ZAIAT, M.; FORESTI, E. Tratamento de esgoto sanitário utilizando reatores anaeróbios operados em bateladas sequenciais (escala piloto). *Engenharia Sanitária e Ambiental*. v. 11, n. 1, p. 73-82, jan/mar. 2006.
 10. SL AMBIENTAL. Caracterização do lixiviado - Relatório de atividades. São Leopoldo (RS), 2008.