



### III-176 - AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO COMBINADO DE LIXIVIADOS DE ATERROS SANITÁRIOS COM ESGOTO DOMÉSTICO EM LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

**Ana Silvia Pereira dos Santos Viana<sup>(1)</sup>**

M.Sc. Engenharia Civil – Tecnologia de Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos – COPPE/UFRJ; Doutoranda COPPE/UFRJ, bolsista DTI do PROSAB/CNPq

**Álvaro Cantanhede**

M.Sc. em Engenharia de Meio Ambiente, Prof. Adjunto do Depto. de Recursos Hídricos e Meio Ambiente da Escola Politécnica - UFRJ

**Iene Christie Figueiredo**

M.Sc. em Engenharia Ambiental, Profª Assistente do Depto. de Recursos Hídricos e Meio Ambiente da Escola Politécnica – UFRJ

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Érico Veríssimo 315/101 – Barra da Tijuca - Rio de Janeiro - RJ - CEP: 22.621-180 - Brasil - Tel: (21) 2429-0079 / (21) 9447-9447 - e-mail: [anasilvia\\_santos@yahoo.com.br](mailto:anasilvia_santos@yahoo.com.br)

#### RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido no CETE/UFRJ – Centro Experimental de Tratamento de Esgotos da Universidade Federal do Rio de Janeiro, em parceria com a COMLURB – Companhia de Limpeza Urbana do Rio de Janeiro. Este tem como objetivo a avaliação em campo, em escala de demonstração, do tratamento combinado de lixiviado de aterro sanitário em Estação de Tratamento de Esgoto Doméstico. O trabalho foi dividido em duas linhas de operação, sendo a linha 01 composta por unidades de lagoa facultativa e lagoa de maturação e a linha 02 composta por lagoa aerada seguida de lagoa de sedimentação. Ambas receberam a mesma diluição de lixiviado, variando de 0,2% a 2% (relação vazão/vazão) caracterizando as 05 fases operacionais da pesquisa. A linha 02 apresentou resultados satisfatórios em relação à operação das unidades somente com esgoto doméstico, demonstrando viabilidade na aplicação do tratamento combinado, com diluições de 0,2% a 0,5%. Neste caso, as eficiências médias de DBO, variaram entre 65% e 78%, apresentando efluente com concentração média inferior a 60mg/L. A eficiência de DQO alcançou valores mais baixos (entre 62% e 68%), se distanciando da eficiência média alcançada, quando as unidades operaram somente com esgoto doméstico. Já a linha 01 não apresentou resultados satisfatórios na remoção de DBO e DQO. O mau desempenho desta linha de operação é função do elevado aporte de amônia e DQO, mesmo com diluições de lixiviado reduzidas. A redução de amônia por nitrificação somente pode ser observada na linha de tratamento 02, com eficiência de remoção variando de 51% a 89%. A fase operacional 01 de ambas as linhas não apresentou bons resultados, já que nesta fase utilizou-se relação de diluição de 2%. Em função das características dos lixiviado e do esgoto doméstico afluente, esta relação representou um aumento de 89% e 100% de carga de amônia nas linhas de tratamento 01 e 02, respectivamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** tratamento de esgoto, lixiviado, aterro sanitário, tratamento combinado, esgoto doméstico

#### INTRODUÇÃO

O tratamento biológico do lixiviado de aterros sanitários tem se mostrado pouco eficiente em função desses apresentarem elevadas concentrações de amônia, cloretos e de compostos recalcitrantes. Além disso, a carência de fósforo na composição desse resíduo, nutriente essencial para a atividade metabólica dos microrganismos, implica na adição deste elemento para facilitar a degradação biológica do chorume.

Nesse sentido, apresenta-se como uma solução conveniente para o tratamento do lixiviado de aterros sanitários, o seu tratamento combinado em unidades existentes de tratamento de esgoto doméstico. No tratamento combinado, é importante a avaliação da compatibilidade do processo convencional de tratamento já implantado com as características do lixiviado produzido. Esse processo é uma das alternativas adotadas em vários países como forma de reduzir os custos de operação dos aterros. Nestas unidades, o custo de tratamento do lixiviado pode atingir valores bastante elevados, sobretudo por continuar a se fazer necessário mesmo após



décadas de encerramento do aterro (DIAMADOPOULOS *et al*, 1997; EHRIG, 1998; MARTTINEN *et al*, 2003).

No Brasil, a operação de alguns aterros sanitários já utiliza o tratamento combinado para disposição final dos seus lixiviados. Segundo BOCCHIGLIERI (2005), os dados operacionais da SABESP indicam que no período compreendido entre os anos de 1998 e 2003, o volume de chorume recebido para tratamento nas estações de esgoto do sistema integrado da Região Metropolitana de São Paulo sofreu um aumento de aproximadamente 93%.

No estado do Rio de Janeiro, a empresa Águas de Niterói, que opera os sistemas de água e esgoto do município, recebe lixiviado do aterro do Morro do Céu na ETE Icaraí, para tratamento primário combinado e posterior lançamento no emissário submarino. A COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais também aplica o tratamento combinado de lixiviado de aterro sanitário em unidades de tratamento de esgoto. A ETE Arrudas recebe lixiviado do Aterro Sanitário de Contagem com contribuição direta na rede coletora de esgotos e recebe ainda, através de caminhão, lixiviado do Aterro Sanitário do Município de Sabará e do Aterro Sanitário da BR-040 (Belo Horizonte). No município de Ipatinga/MG, a ETE também recebe lixiviado do Aterro Sanitário Municipal.

No município do Rio de Janeiro/Brasil, dois grandes aterros sanitários são responsáveis pelo recebimento de aproximadamente 10.000 toneladas de resíduos sólidos por dia. O aterro sanitário de Gramacho recebe, atualmente, 7.200 toneladas de lixo por dia e produz um volume de lixiviado de 1500 m<sup>3</sup>/dia. O aterro sanitário de Gericinó recebe 2.600 toneladas de lixo por dia e é responsável por uma produção diária de 500 m<sup>3</sup> de lixiviado. Este panorama demonstrou a necessidade do desenvolvimento do presente trabalho de pesquisa, realizado no âmbito do Programa de Pesquisa em Saneamento Básico - PROSAB Edital 05 - tema III (Resíduos Sólidos), em parceria com a COMLURB, responsável pela operação dos aterros sanitários de Gramacho e Gericinó.

Diante desse cenário, o objetivo do presente trabalho é avaliar a interferência do tratamento combinado dos lixiviados dos aterros sanitários de Gramacho e Gericinó no desempenho das lagoas de estabilização do CETE/UFRJ – Centro Experimental de Tratamento de Esgotos da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Esse desempenho é avaliado segundo imposição de cargas referentes à diferentes diluições impostas ao tratamento.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido de abril de 2007 a agosto de 2008, em unidades de tratamento localizadas no Centro Experimental de Tratamento de Esgotos – CETE (Figura 01). As 05 fases operacionais da pesquisa, foram realizadas em duas linhas distintas de tratamento conforme descrito a seguir:

- **Linha 01**

A configuração operacional proposta nesta linha contempla a utilização do conjunto de lagoas facultativa e de maturação instaladas no CETE. O lixiviado adicionado à esta linha de tratamento é produzido no aterro de Gramacho. Suas características são típicas de um aterro antigo, cujos parâmetros médios de qualidade para DQO, DBO e Amônia são de respectivamente: 2.628mg/L, 222mg/L e 1181mg/L.

- **Linha 02**

A linha de tratamento 02 é composta por lagoa aerada seguida de lagoa de sedimentação. O lixiviado aplicado, menos recalcitrante, foi coletado em uma célula instalada e encerrada no ano de 2005 no aterro de Gericinó. Seus parâmetros médios de qualidade para DQO, DBO e Amônia são de respectivamente: 2.291mg/L, 538mg/L e 877mg/L.

As duas linhas de tratamento, que podem ser observadas na Figura 01, foram operadas segundo as 05 fases operacionais, determinadas por características específicas de vazão afluente e relação de diluição de lixiviado em esgoto doméstico e/ou diferentes configurações hidráulicas resultando em distintos tempos de detenção hidráulica e taxa de aplicação superficial.



**Figura 01 – Aparato experimental em operação**

Na Fase 01 utilizou-se dosagem de 2% de vazão de lixiviado em relação à vazão de esgoto bruto e durante a Fase 02, a dosagem utilizada foi de 0,5%. A Fase 03, também com dosagem de 0,5% se caracterizou pela modificação das vazões afluentes às Linhas 01 e 02, com o objetivo de alterar tempo de detenção hidráulica e carga orgânica superficial, conforme apresentado na Tabela 01. Na Fase 04, foram mantidas as condições de operação da Linha 01. Para a Linha 02, optou-se por aumentar o tempo de detenção na lagoa aerada reduzindo-se a vazão afluente.

A Fase 05 foi operada de maneira diferenciada, fazendo-se o ajuste da vazão de lixiviado em função da detecção da sua concentração de amônia, cuja frequência de abastecimento era semanal. Essa adequação utilizou como referência a razão entre a carga de amônia do lixiviado (produto entre a vazão de mistura e concentração no lixiviado) e a carga de amônia no esgoto bruto (produto entre a vazão de esgoto bruto afluente ao sistema e sua concentração). A diluição adotada, ou a vazão aplicada de lixiviado foi aquela que determinou uma relação máxima entre cargas de 5%.

As Tabelas 01 e 02 resumem as condições operacionais impostas às linhas de tratamento em cada uma das fases da pesquisa.

**Tabela 01 – Condições operacionais: tempo de detenção hidráulica e carga orgânica superficial aplicados nas lagoas em cada fase de operação**

Fase	Td Lagoa Facultativa (dias)		Td Lagoa Aerada (dias)		COS Lagoa Facultativa (KgDBO/ha.dia)	
	Aplicado*	Literatura**	Aplicado	Literatura	Aplicado	Literatura
01	6,61		4,8		334	
02	6,61		4,8		334	
03	15,2	15-45	3,6	2-4	134	100-350
04	15,2		7,1		134	
05	15,2		7,1		134	

Obs.: Td → Tempo de detenção

COS → Carga Orgânica Superficial

\* Valor aplicado no período

\*\* Faixa recomendada pela bibliografia (JORDÃO & PESSOA, 2005)


**Tabela 02 – Vazões de lixiviado e esgoto doméstico e respectivas porcentagens de diluição**

Fase	Linha Operacional 01			Linha Operacional 02		
	Vazão afluente (l/s)	Vazão Gramacho (l/h)	Diluição (%)	Vazão afluente (l/s)	Vazão Gericinó (l/h)	Diluição (%)
01	0,10	7,20	2,0	0,15	10,8	2,0
02	0,10	1,80	0,5	0,15	2,70	0,5
03	0,04	0,72	0,5	0,20	3,60	0,5
04	0,04	0,72	0,5	0,10	1,80	0,5
05	0,04	Variável	± 0,2	0,10	Variável	± 0,2

Obs.: Linha 01 → Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação  
Linha 02 → Lagoa Aerada + Lagoa de Sedimentação

Durante o período de operação, foram coletadas amostras semanais de afluente e efluente de cada uma das linhas operacionais, bem como do esgoto e dos lixiviados brutos. As amostras foram analisadas segundo os parâmetros DQO, DBO e Amônia.

## RESULTADOS OBTIDOS

### Linha 01 – lagoa facultativa + lagoa de maturação (lixiviado de Gramacho)

Na Tabela 03 observam-se as concentrações afluente e efluente dos parâmetros DBO, DQO e amônia, para a Linha 01. Na Tabela 04 são apresentadas as eficiências médias de remoção para estes mesmos parâmetros.

**Tabela 03 – Concentrações afluente e efluente para a Linha 01**

Fase	DBO (mg/l)		DQO (mg/l)		Amônia (mg/l)	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Fase 01	181 (11)	75 (9)	315 (12)	173 (12)	40 (8)	45 (8)
Fase 02	128 (12)	58 (11)	236 (13)	141 (13)	56 (6)	58 (6)
Fase 03	142 (10)	42 (12)	238 (14)	119 (15)	46 (7)	22 (7)
Fase 04	137 (8)	51 (9)	248 (8)	132 (9)	37 (8)	29 (9)
Fase 05	138 (6)	52 (6)	296 (7)	258 (7)	37 (7)	24 (7)
Esgoto *	163 (30)	45 (30)	469 (43)	130 (43)	-	-

Obs.: Os valores entre parênteses significam o número de dados

\* resultados de operação da linha tratando somente esgoto doméstico

**Tabela 04 – Eficiências de remoção de DQO, DBO e SST para a Linha 01**

Fase	DBO (%)	DQO (%)	Amônia (%)
Fase 01	54	44	33
Fase 02	51	44	37
Fase 03	68	50	41
Fase 04	59	42	43
Fase 05	53	47	54
Esgoto *	70	71	-

Obs.: \* resultados de operação da linha tratando somente esgoto doméstico

No gráfico Boxplot encontrado na Figuras 02, pode-se observar o desempenho das unidades componentes da Linha 01, em cada fase operacional da pesquisa, em relação à concentração afluente e à concentração efluente de DBO. De modo a permitir uma melhor visualização do desempenho dessas unidades, observa-se na Figura 03, as eficiências de remoção de DBO para cada fase operacional da Linha 01.

As mesmas informações podem ser observadas nos gráficos Boxplot apresentados nas Figuras 04 e 05, para o parâmetro DQO, no desempenho da Linha 01 de tratamento.

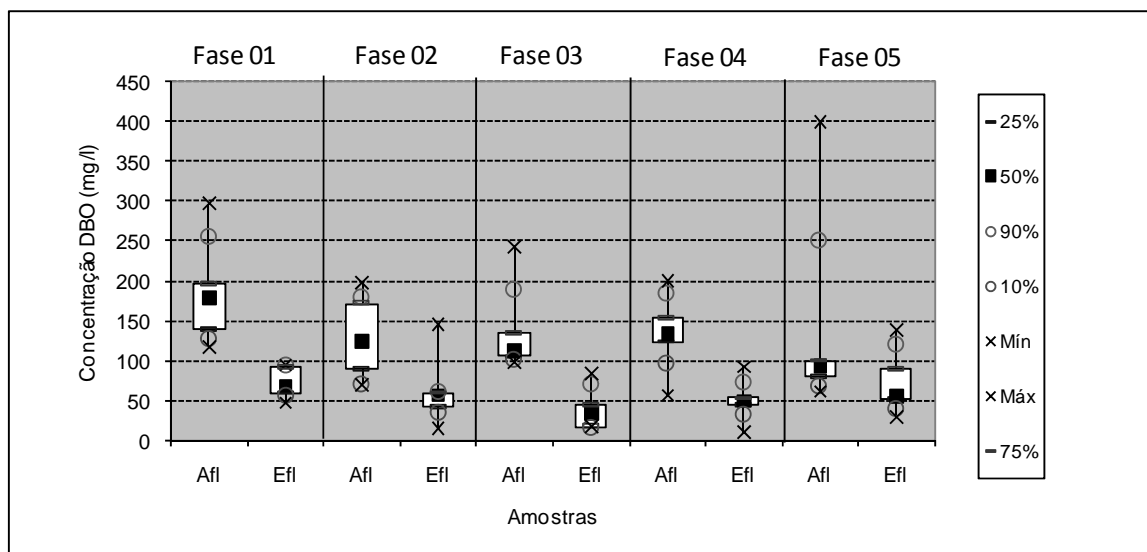


Figura 02 – Desempenho de DBO – Linha 01

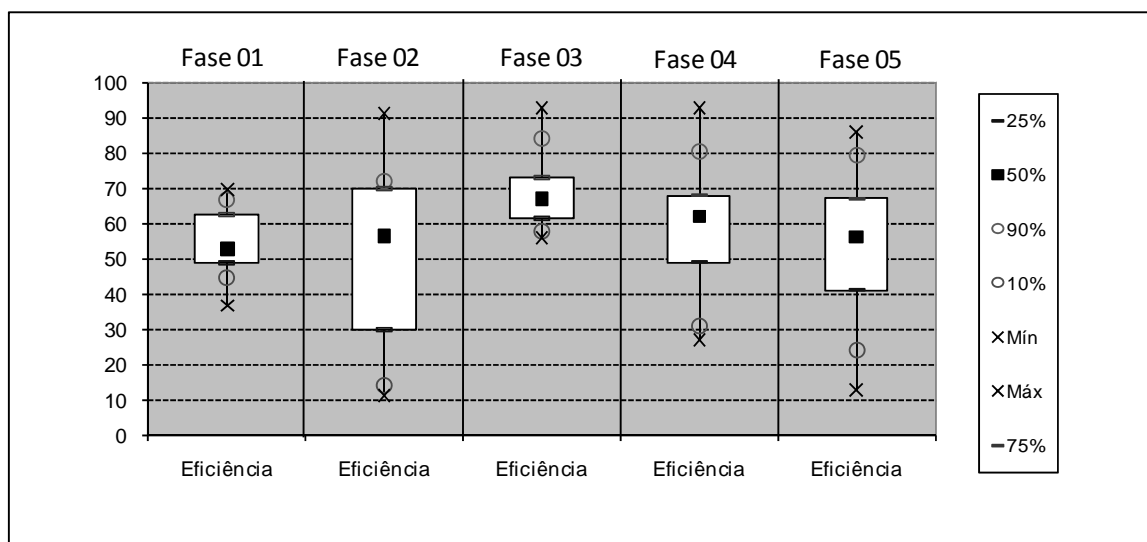


Figura 03 – Eficiência de remoção DBO – Linha 01

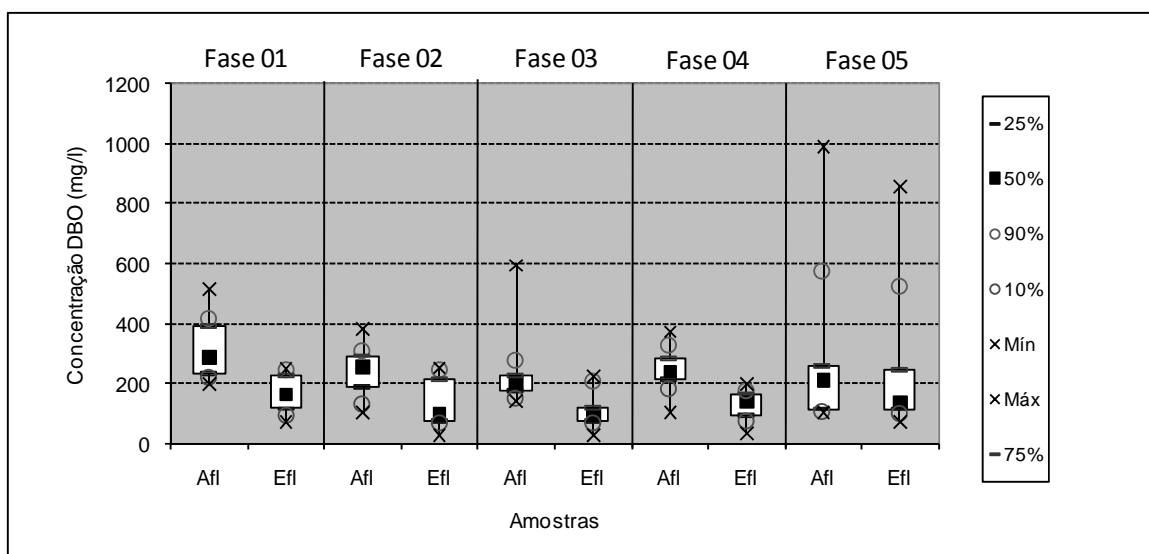


Figura 04 – Desempenho de DQO – Linha 01

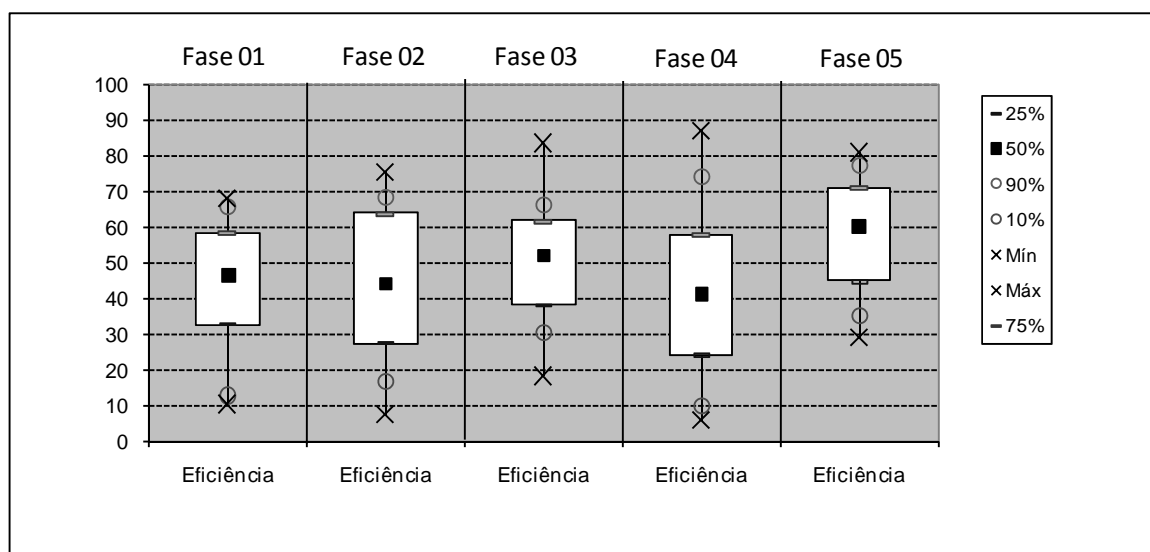


Figura 05 – Eficiência de remoção DQO – Linha 01

#### Linha 02 – lagoa aerada + lagoa de sedimentação (lixiviado de Gericinó)

Para a linha 02, as concentrações afluente e efluente dos parâmetros DBO, DQO e amônia estão apresentadas na Tabela 05 e as eficiências médias de remoção para estes mesmos parâmetros estão apresentadas da Tabela 06.

Tabela 05 – Concentrações afluente e efluente para a Linha 02

Fase	DBO (mg/l)		DQO (mg/l)		Amônia (mg/l)	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Fase 01	165 (13)	49 (11)	258 (13)	110 (13)	115 (7)	15 (7)
Fase 02	170 (10)	32 (9)	337 (12)	84 (12)	66 (5)	28 (5)
Fase 03	165 (13)	27 (12)	275 (15)	92 (15)	35 (8)	15 (7)
Fase 04	135 (10)	33 (9)	222 (11)	72 (11)	42 (11)	13 (11)
Fase 05	127 (6)	33 (5)	295 (6)	90 (6)	40 (6)	10 (6)
Esgoto *	156 (35)	27 (35)	442 (45)	72 (45)	-	-

Obs.: Os valores entre parênteses significam o número de dados

\* resultados de operação da linha tratando somente esgoto doméstico

Tabela 06 – Eficiências de remoção de DQO, DBO e SST para a Linha 02

Fase	DBO (%)	DQO (%)	Amônia (%)
Fase 01	65	56	84
Fase 02	78	66	51
Fase 03	78	62	60
Fase 04	95	62	89
Fase 05	71	68	77
Esgoto *	81	82	-

Obs.: \* resultados de operação da linha tratando somente esgoto doméstico

As Figuras 06 e 07 apresentam gráficos Boxplot onde pode-se observar o desempenho das unidades componentes da Linha 02, em cada fase operacional da pesquisa, com relação ao parâmetro DBO. A Figura 06 apresenta resultados de concentração afluente e efluente e a Figura 07 apresenta resultados de eficiência média de remoção do mesmo parâmetro.

De maneira análoga, os gráficos das Figuras 08 e 09 apresentam resultado de desempenho da linha de tratamento 02 para o parâmetro DQO.



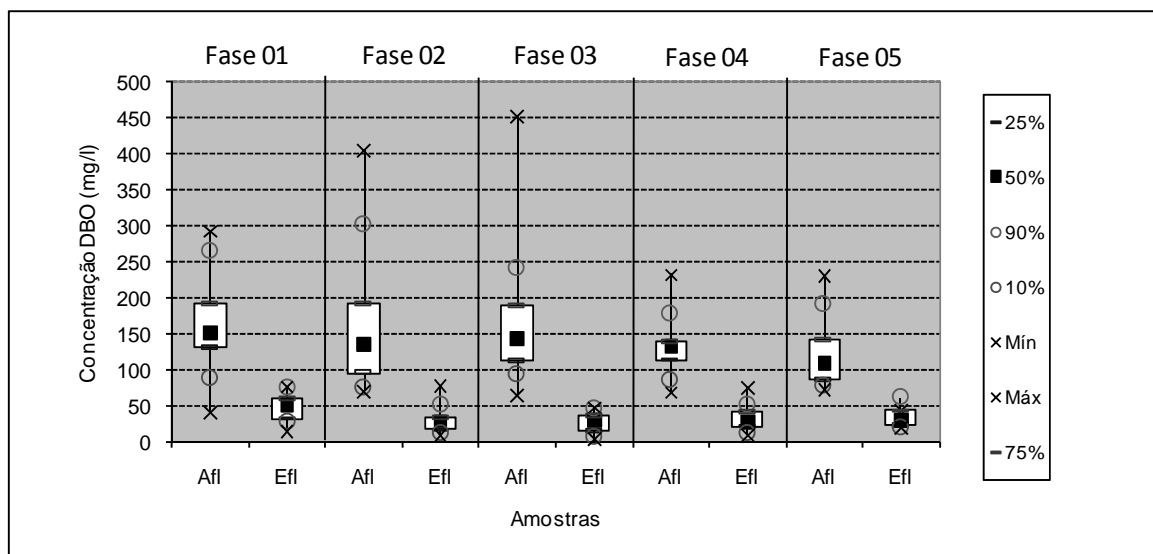


Figura 06 – Desempenho de DBO – Linha 02

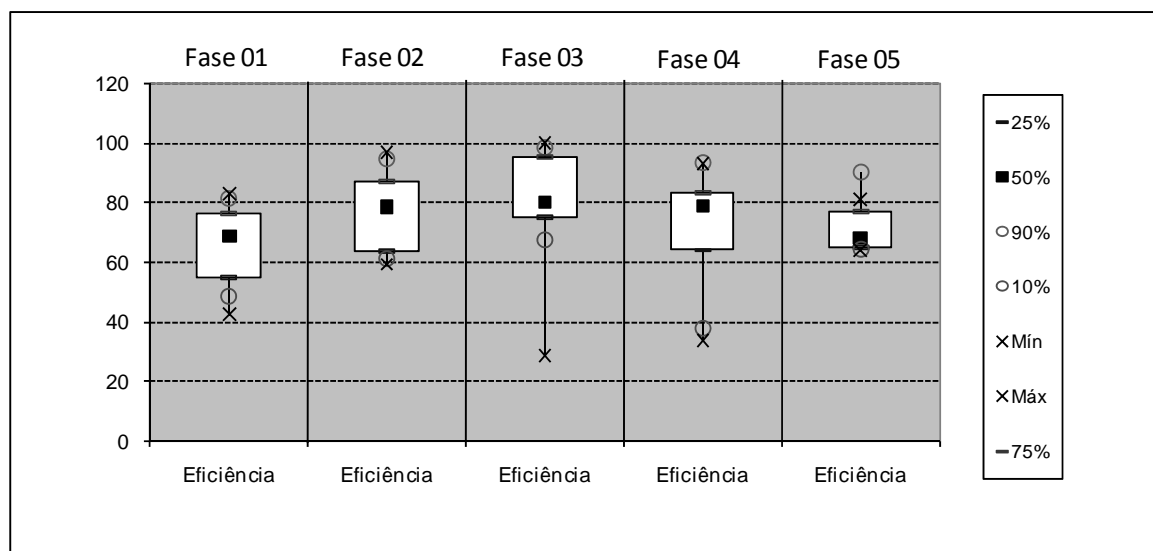


Figura 07 – Eficiência de remoção DBO – Linha 02

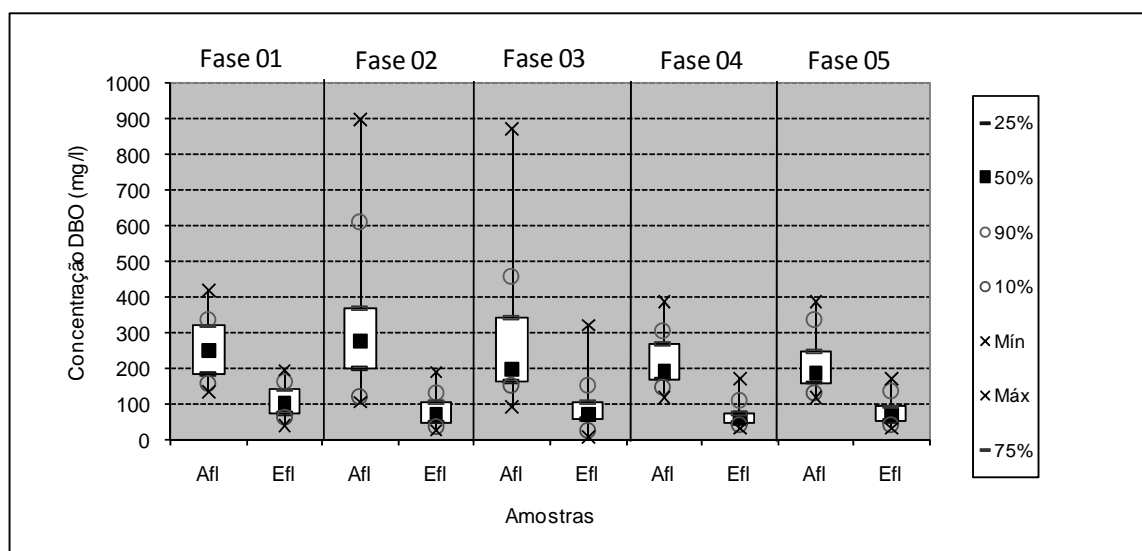
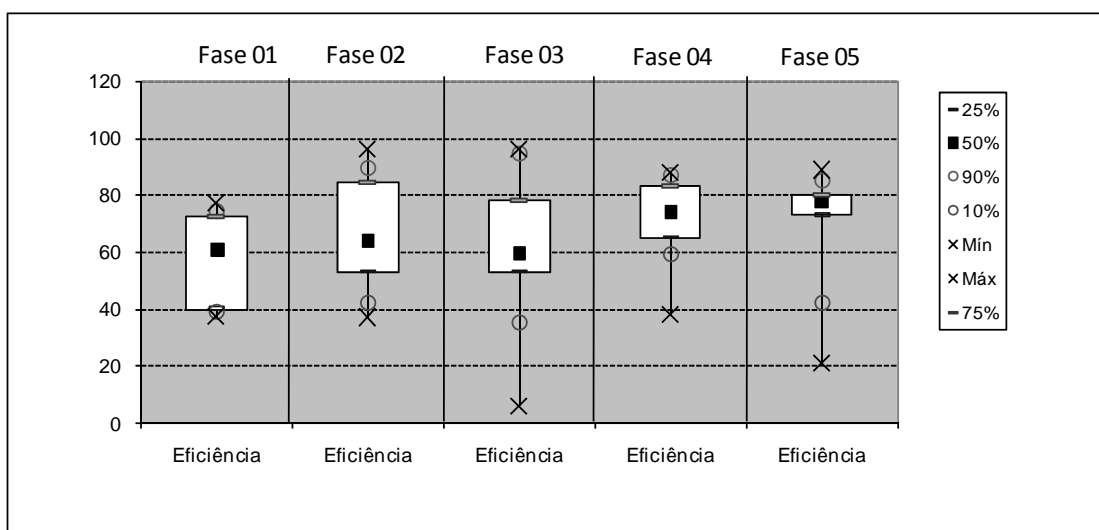


Figura 08 – Desempenho de DQO – Linha 02



**Figura 09 – Eficiência de remoção DQO – Linha 02**

## CONCLUSÕES

A operação da Linha 01 (lagoa facultativa + lagoa de maturação) mostrou aumento efetivo na eficiência de remoção de DBO somente na Fase 03 (68%). No caso do parâmetro DQO, nenhuma melhora de eficiência de remoção foi observada, nem mesmo na Fase 03. Esta linha, quando operada somente com esgoto doméstico, apresentou eficiência média de remoção de DBO de 70%. Conclui-se portanto que a lagoa facultativa não respondeu bem ao processo de tratamento combinado, nem mesmo quando se reduziu a carga afluenta de amônia, reduzindo-se a diluição de lixiviado.

Destaca-se ainda que o aumento do tempo de detenção com a conseqüente redução da carga orgânica superficial da lagoa facultativa não conferiu melhoria significativa na remoção de DQO. Quando o parâmetro avaliado é a DBO, a adequação hidráulica da linha de tratamento (proposta na Fase 03) promove uma melhoria de desempenho, mas ainda aquém do esperado.

O sistema de lagoa aerada seguida de lagoa de sedimentação alcançou melhores resultados, apresentando-se como uma alternativa viável para o tratamento combinado. Eficiências de remoção de DBO acima de 65%, alcançando até 78%, resultaram em concentração média efluente abaixo de 60 mg/L. A eficiência de remoção de DQO foi menos satisfatória, porém ainda se manteve entre 62% e 68%, exceto na Fase 01, onde a carga de amônia foi bastante elevada.

Os gráficos boxplot demonstram também maior estabilidade do conjunto de lagoa aerada e sedimentação (Figuras 02 a 05), em relação ao conjunto de lagoa facultativa e lagoa de maturação (Figuras 06 a 09). A lagoa facultativa, por ser o processo mais natural de tratamento de esgotos, não suportou bem a elevação de concentração de matéria orgânica, principalmente pouco biodegradável, nem a toxicidade representada pela concentração de amônia afluenta.

Somente a lagoa aerada apresentou boa redução de amônia em algumas fases operacionais, variando de 51 a 89%. No caso das lagoas aeradas, o processo de redução de amônia se dá por nitrificação. Ao se elevar a concentração de oxigênio dissolvido no meio líquido por aeração artificial, os microrganismos o utilizam para síntese. Assim, observa-se elevação na concentração de nitrato em todas as fases e a conseqüente redução de concentração de amônia.

Considera-se que o desempenho alcançado na Fase 01 (diluição de 2%) não foi satisfatório devido prioritariamente, à elevada carga de amônia do lixiviado em relação à carga de esgoto doméstico bruto (em torno de 100%). A melhoria de desempenho nas fases subseqüentes podem ser avaliadas também em função da sensível redução na relação entre as cargas de amônia dos dois resíduos.





## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BOCCHIGLIERI, M.M (2005). A Influência do Recebimento de Chorume dos Aterros Sanitários da Região Metropolitana de São Paulo nas Estações de Tratamento de Esgotos do Sistema Integrado. Dissertação de Mestrado – USP – São Paulo – 190p.
2. DIAMADOPOULOS, E. et al. Combined Treatment of Landfill Leachate and Domestic Sewage in a Sequencing Batch Reactor. *Water Science & Technology*, v. 36, p. 61-68, 1997
3. EHRIG, H. J. Co-treatment in Domestic Sewage Facilities. In: *Proceedings of International Training Seminar: Management and Treatment of MSW Landfill Leachate*, 1998, Venice, p. XI-1 a XI-10. Cagliari (Italy): CISA – Sanitary Environmental Engineering Centre, 1998.
4. FACCHIN, J.M.J. et al (2000). Avaliação do Tratamento Combinado de Esgoto e Lixiviado de Aterro Sanitário na ETE Lami (Porto Alegre) Após o Primeiro Ano de Operação. In: XXVII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Porto Alegre-RS.
5. FACCHIN, J. M. J.; COLOMBO, M. C. R.; REICHERT, G. A. Avaliação Preliminar do Tratamento Combinado de Esgoto e de Lixiviado de Aterro Sanitário nas Lagoas de Estabilização da ETE LAMI, em Porto Alegre. In: II Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental - Gerenciamento de Resíduos e Certificação Ambiental. Porto Alegre, 1998.
6. GIORDANO, G. Tratamento do Chorume Metropolitano de Gramacho. XXVII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ambiental. Cancun, México, 27 a 31 de octubre, 2002.
7. JORDÃO, E.P & PESSÔA, C.A. (2005). Tratamento de Esgotos Domésticos. 4ª ed. ABES-RJ, 932p.
8. MARTTINEN, S. K., KETTUNEN, R. H., RINTALA, J. A. Occurrence and Removal of Organic Pollutants in Sewages and Landfill Leachates. *The Science of the Total Environment*, p. 1-12, v. 301, 2003.
9. ORTA DE VELÁSQUEZ, M.T., MONJE RAMÍREZ, I., YÁNEZN.I., ROJAS, V.N. Landfill Leachate Treatment in a Municipal Wastewaters Stabilization Lagoon Plant. IWA 4º World Water Congress. Marrakech, Morocco. 19\*24 Septiembre. 2004.