

**XI SILUBESA*****Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*****28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil**

II-123 - PÓS-TRATAMENTO CONJUGADO DE LIXIVIADO E ESGOTO DOMÉSTICO EM LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

Valderi Duarte Leite

Engenheiro Químico – DEQ/CCT/UEPB
Mestre em Engenharia Civil – DEC/CCT/UEPB
Doutor em Engenharia Civil – EESC/USP.
Prof. do DQ/CCT/UEPB.

Salomão Anselmo Silva

Engenheiro Civil – DEC/CCT/UEPB
Mestre em Engenharia Civil – DEC/CCT/UEPB
PhD – University of Dundee, UK.
Prof. Tit. do DEC/UFCG

José Tavares de Sousa

Engenheiro Químico – DEQ/CCT/UEPB
Mestre em Engenharia Civil – DEC/CCT/UEPB
Doutor em Engenharia Civil – EESC/USP.
Prof. do DQ/CCT/UEPB

Gilson B. Athayde Júnior

Engenheiro Civil - DEC/CCT/UEPB
PhD – University of Leeds, UK.
Prof. do DEC/Univalle

Wilton Silva Lopes

Químico Industrial – DQ/CCT/UEPB
Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA UEPB/UEPB
Prof. do DQ/CCT/UEPB.

Emerson Barboza Bezerra

Graduando em Química Industrial do DQ/CCT/UEPB
Bolsista de IC do PIBIC/CNPq/UEPB.

RESUMO.

Sistemas de tratamento de esgotos criteriosamente projetados e monitorados removem de maneira satisfatória, constituintes indesejáveis, tais como matéria orgânica biodegradável, sólidos em suspensão e organismos patogênicos. O tratamento de águas residuárias é possível graças a processos físicos, químicos e biológicos existentes para produzir água com padrões de qualidade desejável para uma disposição adequada ou para reuso, pois têm como base processos físicos, químicos e biológicos que reproduzem em curto tempo e espaço reduzido as etapas que ocorrem nos sistemas naturais de autodepuração nos ecossistemas aquáticos. Os microrganismos decompõem os esgotos em componentes químicos tais como: gás carbônico, sais de nitrogênio e de fósforo que, geralmente, são reutilizados pelos vegetais. Lagoas de estabilização constituem uma tecnologia já bastante consolidada para o tratamento de águas residuárias, sendo considerada pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 1989) como a forma de tratamento de esgotos mais apropriada quando da consideração do reuso dos efluentes na agricultura, especialmente em países em

desenvolvimento, em virtude dos seus reduzidos custos de implantação, manutenção e operação (Arthur, 1983). Pesquisas realizadas por (Silva, 1982) denotam o alto grau de polimento alcançado pelo efluente de lagoas de estabilização, tanto em termos de matéria orgânica como de microrganismos patogênicos. A idéia do reuso tem evoluído para se tornar um fator integrante da preservação e do uso racional dos recursos hídricos, além de ser uma prática importante para regiões áridas e semi-áridas como a do nordeste brasileiro, representando uma forma de suprimento de água para irrigação e fontes de nutrientes minerais e compostos orgânicos.

Palavras – chave: Pós – tratamento; Lagoas de Estabilização; Lixiviado.

INTRODUÇÃO

Lagoas de estabilização são sistemas de tratamento de águas residuárias domésticas e/ou industriais, nos quais a estabilização da matéria orgânica presente é levada a efeito por meio da ação de uma população bastante diversificada de organismos vivos, principalmente bactérias e algas. Esses sistemas são reservatórios com capacidade de receber águas servidas brutas ou efluentes de águas previamente tratadas por algum outro sistema de tratamento. São geralmente projetados com pequena profundidade e delimitados por diques de terra e pedras. Os sistemas de lagoas são muito eficientes na remoção de material orgânico e organismos patogênicos sendo considerados um dos principais métodos utilizados pelo homem para acelerar os processos de degradação e purificação de águas residuárias (Ellis, 1983). Lagoas têm-se constituído numa excelente alternativa de projeto para tratar uma grande variedade de águas servidas de pequenas e grandes comunidades, devidas não somente ao seu bom rendimento na remoção de material orgânico, mas também ao seu baixo custo de projeto, manutenção e operação.

As lagoas de estabilização são comumente classificadas em lagoas anaeróbias, lagoas facultativas e de maturação, podendo ser arranjadas em diferentes combinações, formando sistemas de lagoas em série.

Objetivos

- Verificar a tratabilidade do percolado conjugado com esgotos domésticos em lagoas de estabilização, sendo a mistura de líquidos pré-tratada em reatores UASB;
- Verificar os efeitos advindos da elevada carga orgânica devida ao percolado, na eficiência do reator UASB e das lagoas de estabilização, especialmente no que diz respeito à remoção de matéria orgânica e microrganismos indicadores;
- Avaliar os efluentes tratados de acordo com os padrões recomendados pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 1989) para reuso dos efluentes na agricultura.

Metodologia

A pesquisa foi realizada em um sistema experimental instalado e monitorado nas dependências da Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários (EXTRABES) na cidade de Campina Grande - PB. O sistema experimental é constituído de um reator de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB), seguido de um sistema em escala piloto de 04 lagoas de estabilização em série. A vazão do afluente da primeira lagoa é de 250L. dia⁻¹ e o tempo de detenção hidráulica da série de lagoas foi de 15 dias. O substrato utilizado para alimentação do reator UASB era constituído pela mistura de esgoto doméstico e lixiviado em proporções devidamente definidas. O substrato foi submetido a um pré-tratamento em reator UASB, objetivando reduzir a elevada concentração de DQO do substrato, frente à presença do lixiviado. A proporção esgoto doméstico lixiviado determinada para preparação rotineira do substrato foi delineada em função da carga orgânica aplicada ao reator UASB. Os parâmetros utilizados no processo de monitoração do sistema operacional foram: DQO, DBO₅, formas de sólidos, formas de nitrogênio, formas de fósforo, pH, temperatura, oxigênio dissolvido, clorofila *a*, coliformes fecais e demais outros parâmetros que se mostraram necessários para uma melhor compreensão do processo. As determinações analíticas dos parâmetros físico/químicos e microbiológicos obedeceram às recomendações de APHA *et al.* (1992).

Na Tabela 1, são apresentadas as características físicas e operacionais das lagoas de estabilização em escala piloto utilizadas como partes integrantes do sistema experimental.

Tabela 1. Características físicas e operacionais do sistema experimental.

	Largura (m)	Comprimento (m)	Profundidade (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)	TDH (dias)
LF	1,00	2,05	0,57	2,05	1,17	4,7
LM ₁	0,88	2,04	0,53	1,79	0,95	3,8
LM ₂	0,88	2,01	0,48	1,76	0,84	3,4
LM ₃	0,89	2,00	0,44	1,78	0,78	3,1

Resultados

Os dados obtidos durante o monitoramento de rotina para avaliar a eficiência do sistema experimental foram baseados na análise semanal do substrato e dos efluentes das lagoas LF, LM1, LM2 e LM3, coletados no período de 08/08/2002 à 12/12/2002. Os dados analisados foram: Ácidos graxos voláteis; Alcalinidade total; Amônia; Clorofila (A); Coliformes fecais; DBO; DQO; Fósforo total; Nitrato; Nitrito; Orto-fosfato; Oxigênio Dissolvido; pH; Sólidos (suspensos, suspensos fixos, suspensos voláteis, totais, totais fixos, totais voláteis) e temperatura. Na Tabela 2 são apresentados os dados advindos da caracterização físico e química do substrato (esgoto doméstico mais lixiviado) utilizado para alimentação da série de lagoas de estabilização.

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados de agosto de 2002 a dezembro de 2002 no substrato, com tamanho amostral, faixa de variação e valores médios.

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados de agosto de 2002 a dezembro de 2002 no substrato, com tamanho amostral, faixa de variação e valores médios.

Parâmetros	Unidade	Tamanho Amostral (n)	Faixa de Variação		Média
			Mínima	Máxima	
AGV	mgH _{AC} /L	18	34,0	110,0	72,3
AT	mgCaCO ₃ /L	18	282,0	900,0	642,9
Amônia	mgNH ₃ /L	18	29,1	117,4	77,1
Colif. Fecais	UFC/100mL	17	1,8 x 10 ⁶	2,4 x 10 ⁷	6,5 x 10 ⁶
DBO	mg/L	16	126,0	262,5	183,4
DQO	mg/L	17	303,8	661,5	445,1
Fósf. Total	mg/L	14	5,7	18,2	11,7
Nitrato	mgNO ₃ ⁻ /L	16	0,3	1,8	1,0
Nitrito	mgNO ₂ ⁻ /L	16	3,4	41,5	15,0
Orto-fosfato	mg/L	15	3,4	11,2	6,5
pH	-	16	7,4	8,1	7,8
Sólidos Suspensos	mg/L	16	92,0	196,0	136,3
Sól. Susp. Fixos	mg/L	16	8,0	103,0	22,2
Sól. Susp. Voláteis	mg/L	16	83,0	167,3	114,1
Sólidos Totais	mg/L	16	1007,3	2114,7	1377,2
Sól. Totais Fixos	mg/L	16	644,0	1294	977,7

A mistura de esgoto doméstico e lixiviado apresentava alcalinidade total média de 642,9mgCaCO₃.L⁻¹ favorecida, sobretudo pela presença de agentes tamponantes no esgoto doméstico, propiciando condições favoráveis aos mecanismos estabelecidos nos processos bioquímicos e microbiológicos naturais em lagoas de estabilização. A DQO e DBO₅ média do substrato esteve sempre abaixo do normalmente apresentado pelo esgoto sanitário produzido pela população da cidade de Campina Grande, haja vista, a boa eficiência de remoção de material carbonáceo acontecida no reator UASB. Quanto aos coliformes fecais a concentração média estimada foi de 6,5. 10⁶UFC. 100mL⁻¹, chegando ao

limite máximo de magnitude da ordem de 10^7 UFC.100mL⁻¹.

Na Tabela 3 são apresentados os parâmetros advindos da monitoração do efluente da lagoa facultativa.

Tabela 3. Dados dos parâmetros do efluente da lagoa facultativa.

Parâmetros	Unidade	Tamanho Amostral (n)	Faixa de Variação		Média
			Mínima	Máxima	
AGV	mgH _{AC} /L	18	23,0	40,0	33,0
AT	mgCaCO ₃ /L	18	294,0	900,0	545,1
Amônia	mgNH ₃ /L	18	20,4	114,5	55,9
Colif. Fecais	UFC/100mL	17	$7,0 \cdot 10^4$	$4,0 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^6$
DBO ₅	mg/L	16	32,0	128,0	87,4
DQO	mg/L	17	172,0	442,9	337,8
Fós. Total	mg/L	14	6,7	14,7	9,3
Nitrato	mgNO ₃ ⁻ /L	16	0,5	2,3	1,2
Nitrito	mgNO ₂ ⁻ /L	16	6,3	52,2	18,9
Orto-fosfato	mg/L	15	4,0	9,4	5,5
pH	-	16	7,4	8,1	7,8
Sólidos Suspensos	mg/L	16	60,0	202,7	140,8
Sólidos Totais	mg/L	16	920,0	1798,7	1286,9
Oxigênio dissolvido	mg/L	16	1,0	4,9	2,2
Clorofila <i>a</i>	µg/L	18	121,9	1033,8	404,3

Na lagoa facultativa com profundidade média de 57 cm e tempo de detenção hidráulica de 4,7 dias não foi constatada eficiência significativa quanto à remoção de coliformes fecais. Na massa líquida da lagoa já há predominância significativa da massa de algas, com concentração média de 404,3 µg/L, chegando a atingir o pico máximo de até 1,033g/L. Observa-se ainda um ligeiro acréscimo no valor do pH seguido conseqüentemente pela redução da concentração de amônia. A eficiência de remoção de DBO₅ chegou a atingir o patamar de 74,5% , enquanto a de DQO foi de apenas 25%. Em relação ao oxigênio dissolvido foi encontrada concentração e até 4,0mg/L, o que demonstra que a lagoa funcionou realmente com facultativa. Na Tabela 4 são apresentados os dados do efluente da lagoa de maturação LM1, isto é, a primeira lagoa de maturação da série de lagoas monitoradas.

Tabela 4. Dados dos parâmetros do efluente da lagoa de maturação LM1

Parâmetros	Unidade	Tamanho Amostral (n)	Faixa de Variação		Média
			Mínima	Máxima	
AGV	mgH _{AC} /L	18	13,0	38,0	28,0
AT	mgCaCO ₃ /L	18	284,0	696,0	495,8
Amônia	mgNH ₃ /L	18	14,8	60,9	37,1
Colif. Fecais	UFC/100mL	17	5,0.10 ³	1,2.10 ⁶	3,8.10 ⁵
DBO ₅	mg/L	16	14,4	78,0	46,3
DQO	mg/L	17	54,0	693,0	263,9
Fósf. Total	mg/L	14	5,0	12,7	8,3
Nitrato	mgNO ₃ ⁻ /L	16	0,6	2,0	1,2
Nitrito	mgNO ₂ ⁻ /L	16	9,3	63,2	21,7
Orto-fosfato	mg/L	15	1,3	7,9	5,0
pH	-	16	7,8	8,6	8,1
Sólidos Suspensos	mg/L	16	33,3	136,0	85,1
Sólidos Totais	mg/L	16	920,7	1896,7	1234,4
Oxigênio dissolvido	mg/L	16	0,6	4,8	2,4
Clorofila <i>a</i>	µg/L	18	121,0	817,2	402,3

Na lagoa de maturação LM1 já pode ser constatado decaimento da concentração de coliformes fecais, enquanto a DBO₅ e a DQO continuou sendo removida significativamente. Demais outros parâmetros permaneceram com pouca variação, como no caso, por exemplo, do pH, OD, as formas de fósforo e nitrogênio. Mesmo não tendo sido verificado mudança representativa no valor do pH da massa líquida da lagoa de maturação LM1, foi observado uma redução ainda bastante representativa da concentração de amônia, que deverá estar associada à elevação à temperatura da massa líquida e também ao valor do pH que estava em torno de 8,3. Os dados dos parâmetros físico/químicos e microbiológicos monitorados na lagoa de maturação LM2 estão contidos na Tabela 5.

Nesta lagoa já foi detectado em vários pontos da série amostral concentração de coliformes fecais em torno de 300UFC/100ml, o que caracteriza uma redução de coliformes fecais da ordem de 99,99%. O efluente já apresentava concentração de DBO₅ e DQO da ordem de 24,3 e 206,8mg/L respectivamente, além de uma baixa concentração de nitrogênio amoniacal, possibilitando favoravelmente a utilização deste efluente para irrigação. Os sólidos totais foram um dos parâmetros que mesmo na terceira lagoa da série ainda apresentava concentração média de 1228,0mg/L, o que limita a aplicação deste efluente em diversos tipos de atividade, ou por outro lado passa a gerar determinado tipo de problema quando da sua aplicação.

Tabela 5. Dados dos parâmetros do efluente da lagoa de maturação LM2

Parâmetros	Unidade	Tamanho Amostral (n)	Faixa de Variação		Média
			Mínima	Máxima	
AGV	mgH _{AC} /L	18	12,0	39,0	24,3
AT	mgCaCO ₃ /L	18	230,0	678,0	450,0
Amônia	mgNH ₃ /L	18	3,4	40,5	20,6
Colif. Fecais	UFC/100mL	17	256,0	8,9. 10 ⁵	5,1. 10 ⁴
DBO ₅	mg/L	16	2,6	37,5	24,3
DQO	mg/L	17	6,0	368,0	206,8
Fósf. Total	mg/L	14	2,2	11,7	6,2
Nitrato	mgNO ₃ ⁻ /L	16	0,7	2,1	1,2
Nitrito	mgNO ₂ ⁻ /L	16	5,0	63,5	21,9
Orto-fosfato	mg/L	15	1,0	7,5	4,9
pH	-	16	7,9	8,7	8,3
Sólidos Suspensos	mg/L	16	23,3	179,0	75,3
Sólidos Totais	mg/L	16	893,3	1600,7	1228,0
Oxigênio dissolvido	mg/L	16	1,3	13,1	4,3
Clorofila <i>a</i>	µg/L	18	81,9	1137,5	529,1

Na Tabela 6 estão presentes os dados advindos da monitoração da lagoa LM3, isto é, a última lagoa da série monitorada.

Tabela 6. Dados dos parâmetros do efluente da lagoa de maturação LM3

Parâmetros	Unidade	Tamanho Amostral (n)	Faixa de Variação		Média
			Mínima	Máxima	
AGV	mgH _{AC} /L	18	13,0	32,0	22,1
AT	mgCaCO ₃ /L	18	236,0	629,0	407,4
Amônia	mgNH ₃ /L	18	1,7	22,0	7,8
Colif. Fecais	UFC/100mL	17	130,0	6,6. 10 ³	1,0.10 ³
DBO ₅	mg/L	16	2,7	34,0	20,1
DQO	mg/L	17	61,8	615,0	208,4
Fósf. Total	mg/L	14	2,5	9,1	4,6
Nitrato	mgNO ₃ ⁻ /L	16	0,4	1,5	0,9
Nitrito	mgNO ₂ ⁻ /L	16	24,5	436,8	105,3
Orto-fosfato	mg/L	15	2,0	6,2	3,6
pH	-	16	7,8	9,4	8,6
Sólidos Suspensos	mg/L	16	20,0	109,3	49,1
Sólidos Totais	mg/L	16	788,7	1998,7	1207,9
Oxigênio dissolvido	mg/L	16	2,0	15,3	5,8
Clorofila <i>a</i>	µg/L	18	71,0	678,9	263,2

No efluente da lagoa LM3 o limite máximo de coliformes fecais detectados foi da ordem de 10³UFC/100mL, sendo na grande maioria das amostras examinadas encontrada concentração de coliformes fecais inferior a 300UFC/100mL, o que demonstra o bom desempenho da série de lagoas de estabilização para este tipo de substrato. Com exceção dos sólidos totais, os demais parâmetros do efluente da lagoa LM3 se enquadram dentro dos limites normais estabelecidos para lançamento e reuso.

CONCLUSÃO

Levando-se em consideração a análise dos dados deste trabalho, pode-se afirmar que o tratamento conjugado de águas residuárias elixiviado, sendo este último diluído com esgoto bruto e pré-tratado em reator UASB, é uma alternativa viável às pequenas cidades, cujos recursos são mínimos, visto que a implantação e o monitoramento desse tipo de sistema não requer grande investimento. As concentrações e as eficiências observadas nesse experimento estão semelhantes às de outros estudos já realizados, embora sem a adição de um pré-tratamento do lixivado e esgoto bruto, confirmando assim que lagoas de estabilização tratando e pós-tratando de forma conjugada águas residuárias elixiviado, podem ser utilizadas sem muita alteração em seu desempenho. Denota-se a necessidade de um monitoramento do sistema de lagoas de estabilização, com uma concentração maior de matéria orgânica no substrato e conseqüente maior carga orgânica aplicada, diminuindo assim o tempo de detenção hidráulica do sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

APHA, AWWF, WEF (1992) **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 18th edition. Public Health Association Inc., New York.

ARTHUR, J.P. (1983). *Notes on the design and operation of waste stabilization ponds in warm climates of developing countries*. Technical paper No 7. Washington DC: The World Bank.

ELLIS, K, V. (1983). Stabilisation ponds: Designs and operation. Critical Reviews in Environmental Control, 13(2), p. 69-102.

SILVA, S. A. (1982). *On the treatment of domestic sewage in waste stabilization ponds in Northeast Brazil*. Tese de doutorado. University of Dundee, Scotland.

WHO (1989). *Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture*. Technical report series No 778. Geneva: World Health Organization.