

## **III-166 - COTRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO E ESGOTO DOMÉSTICO: ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS DO REATOR DE LODO ATIVADO**

**Alexandre Lioi Nascentes<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil e Sanitarista pela UERJ. Mestre em Saneamento Ambiental pela ENSP/FIOCRUZ. Doutorando em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela EQ/UFRJ. Professor Assistente do Departamento de Engenharia da UFRJ.

**Cláudia Giannini Ferreira**

Bióloga pela UCB. Bolsista Iniciação Científica CNPq. Estagiária LABTARE/EQ/UFRJ.

**Mariana Mattos Pereira do Nascimento**

Graduanda em Química Industrial pela EQ/UFRJ. Bolsista Iniciação Científica CNPq. Estagiária LABTARE/EQ/UFRJ.

**Carla Sant'Anna de Oliveira**

Bióloga pela UFF. Mestranda em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela EQ/UFRJ.

**Juacyara Carbonelli Campos**

Engenheira Química pela EQ/UFRJ. Doutora em Engenharia Química / Tecnologia Ambiental pela COPPE/UFRJ. Professora Adjunta do Departamento de Processos Inorgânicos da EQ/UFRJ.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** UFRJ. Instituto de Tecnologia / Departamento de Engenharia. Rodovia BR 465, km 7 - Seropédica - RJ - Brasil - e-mail: lioi@ufrj.br

### **RESUMO**

Dentre as alternativas para destinação final de resíduos sólidos, uma das mais utilizadas é disposição em aterro sanitário, onde ocorre a geração dos lixiviados. Recentemente, têm sido observadas experiências bem sucedidas do tratamento combinado de lixiviados e esgotos domésticos, embora pouco se conheça sobre as características microbiológicas da biomassa presente nestes sistemas. Diante do exposto, esse trabalho objetivou avaliar a influência da presença de lixiviado na microbiota do sistema de lodo ativado tratando esgoto doméstico sintético. Para a realização deste trabalho foram utilizados dois reatores contínuos em escala de bancada com compartimentos de aeração e sedimentação, sendo um controle (apenas esgoto doméstico sintético) e outro alimentado com misturas de lixiviado e esgoto sintético a 0,5% e 5,0%. A alimentação se deu por meio de uma bomba dosadora e o fornecimento de ar foi realizado por bombas de aquário. Os reatores foram operados com TRH de 15,8 e 22,6 horas e as misturas lixiviado/esgoto foram de 0,5% e 5,0%. Foram registradas micrografias para identificação dos microrganismos de importância no processo. Não foi observada correlação clara da presença de lixiviado ao aumento ou diminuição da quantidade de cada organismo. Ao longo do experimento foi possível observar que logo após a introdução ou aumento da concentração de lixiviado houve queda significativa de biodiversidade e redução na atividade dos microrganismos e que após alguns dias a diversidade e a atividade se reestabeleciam no sistema, mostrando que apesar da introdução de uma matriz mais complexa, os microrganismos foram capazes de se adaptar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Microbiologia, Lodos Ativados, Lixiviado, Tratamento Combinado.

### **INTRODUÇÃO**

A poluição dos corpos hídricos tem aumentado significativamente, tornando o recurso água, cada vez mais escasso, provocando impactos ambientais, problemas de saúde pública e, conseqüentemente, prejuízo à qualidade de vida da população.

A gestão dos resíduos sólidos é um problema de proporção mundial, devendo-se buscar formas de redução de geração destes resíduos, bem como técnicas adequadas para seu tratamento e deposição final. Dentre as alternativas finais para resíduos sólidos, a mais utilizada é disposição dos mesmos em aterros sanitários.

Nos aterros sanitários ocorre a geração de lixiviado, também conhecido como chorume, que é o efluente resultante da ação enzimática dos microrganismos sobre a matéria orgânica e inorgânica, além dos produtos resultantes da biodegradação e da água da chuva infiltrada nos resíduos sólidos ali dispostos.

Segundo El Fadel et al. (2002), o lixiviado contém elevada concentração de matéria orgânica e substâncias inorgânicas. A composição química e microbiológica do lixiviado é bastante complexa e variável, uma vez que, além de depender das características dos resíduos depositados, é influenciada pelas condições ambientais, pela forma de operação do aterro e, principalmente, pela dinâmica dos processos de decomposição que ocorrem no interior das células. Carreado pela água de chuva e pela própria umidade contida nos resíduos, o lixiviado se transforma em uma matriz aquosa de extrema complexidade, apresentando em sua composição altos teores de compostos orgânicos e inorgânicos, na forma dissolvida e coloidal.

A escassez de dados e informações a respeito do tratamento de lixiviados dificulta os projetos para os sistemas de tratamento, que se baseiam, na maioria dos casos, em parâmetros de projetos definidos para esgotos sanitários, aos quais não incorporam as peculiaridades do lixiviado (CASTILHOS JUNIOR et al., 2006).

O lixiviado gerado nos aterros sanitários deve ser tratado antes de seu lançamento no ambiente, no entanto, Ferreira et al. (2001) afirmam que os tratamentos biológicos têm se mostrado pouco eficientes quando utilizados para tratar lixiviado, em função do mesmo apresentar compostos com elevada resistência à biodegradação, especialmente em aterros mais antigos.

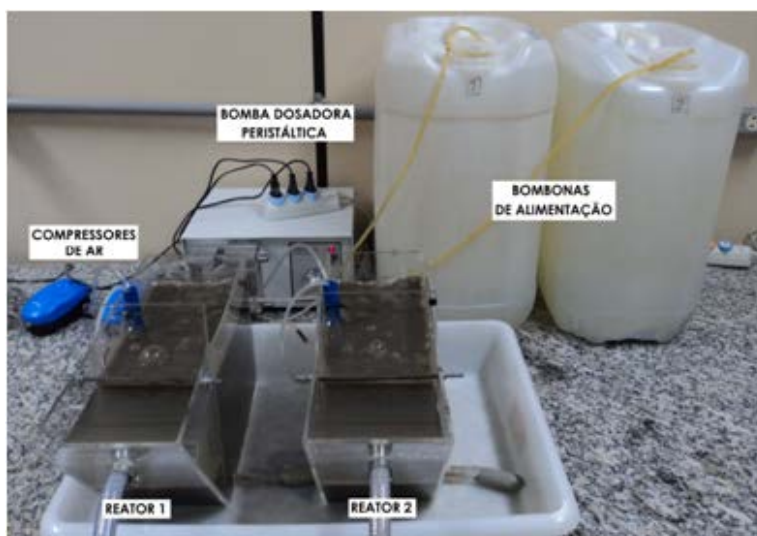
Recentemente, têm sido observadas experiências bem sucedidas de cotratamento (tratamento conjunto de lixiviado em estações de tratamento de esgotos domésticos) em diversas localidades, demonstrando que essa técnica surge como uma alternativa promissora. Apesar disso, pouco se conhece sobre suas características microbiológicas da biomassa quando se dá esse tratamento combinado de lixiviado e esgoto doméstico.

As análises microscópicas em sistemas de tratamento não são comumente empregadas no Brasil. Porém, nos últimos anos, muitas pesquisas têm sido desenvolvidas, objetivando o entendimento das relações entre os organismos presentes e as condições do processo e, também, buscando a padronização de métodos para a utilização dessas análises (Bento, 2011).

Diante do exposto, esse trabalho objetivou avaliar a influência da presença de lixiviado de aterro sanitário sobre a microbiota de um sistema de lodo ativado no tratamento de esgoto doméstico.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Para a realização deste trabalho foram utilizados reatores em escala de bancada com compartimentos de aeração (4,7 L) e sedimentação (1,0 L), sendo um controle (apenas esgoto doméstico sintético – Reator 2) e outro alimentado com misturas de lixiviado e esgoto sintético a 0,5% e 5,0% (Reator 1). A alimentação se deu por meio de uma bomba dosadora peristáltica de duas vias com regulagem de vazão e o fornecimento de ar foi realizado por bombas de aquário com vazão de ar de 1 L/min, medida através de rotâmetro. A Figura 1 apresenta o aparato experimental utilizado neste trabalho.



**Figura 1: Aparato experimental.**

Foi feita amostragem diária na entrada, no tanque de aeração e na saída dos reatores para realização das análises físico-químicas. A microscopia do lodo do tanque de aeração foi realizada duas vezes na semana, sendo capturadas imagens dos microrganismos em atividade.

O lixiviado utilizado neste trabalho foi coletado no Aterro Sanitário Dois Arcos, município de São Pedro da Aldeia/RJ. O aterro sanitário possui uma área de aproximadamente 140 hectares e está em operação desde 2008, recebendo cerca de 300 toneladas diárias de resíduos sólidos urbanos.

O esgoto sintético foi produzido no laboratório, com base nas recomendações de Reis (2007) e Holler & Trösch (2001). Para a realização deste trabalho, as quantidades de cada reagente foram definidas de modo a se obter características físico-químicas próximas ao esgoto doméstico típico. A Tabela 1 apresenta a composição do esgoto sintético utilizado neste trabalho.

**Tabela 1: Composição do esgoto sintético.**

Reagente	Concentração (mg/L)
Peptonas de caseína	360
Extrato de carne	250
Uréia	100
Fosfato monobásico de potássio	26
Cloreto de sódio	14
Cloreto de cálcio di-hidratado	8
Sulfato de magnésio hepta-hidratado	4

Fonte: adaptado de Reis (2007) e Holler & Trösch (2001)

O esgoto sintético era preparado com água da rede pública e os valores médios de seus parâmetros físico-químicos são apresentados na Tabela 2.

Para a partida dos reatores, os mesmos foram inoculados com lodo da ETE São Pedro, também localizada em São Pedro da Aldeia/RJ. O lodo foi coletado da linha de recirculação, armazenado em bombonas e levado ao laboratório. Ao chegar ao laboratório, o lodo, que inicialmente possuía uma concentração de 15.000 mgSSV/L, foi diluído a 2.000 mgSSV/L, valor usual em sistemas de lodos ativados.

O sistema funcionou com TRH's (Tempos de Retenção Hidráulica) de 15,8 e 22,6 horas e as concentrações lixiviado/esgoto utilizadas foram de 0,5% e 5,0%. No reator 2 (controle), foi introduzido apenas o esgoto sintético durante todo o procedimento, enquanto no reator 1 foram introduzidas as misturas lixiviado/esgoto, sempre garantidas vazões iguais em ambos os reatores.

O planejamento experimental seguiu as etapas descritas na Tabela 3.

**Tabela 2: Caracterização do esgoto sintético e faixas usuais de para esgoto doméstico**

Parâmetro	Unidade	Esgoto sintético preparado	Faixas usuais para esgoto doméstico**
DQO	mg/L	672	450 - 800
COT	mg/L	235	-
pH	-	7,2	6,7 - 8,0
Cloreto	mg/L	21,5	-
N-NH <sub>3</sub>	mg/L	30,5	20 - 35
Fósforo Total	mg/L	9,9	4 - 15
Microtox® CE50	%	ND*	-
ABS254nm	Abs	1,2202	-
DQO/COT	-	2,9	-

\*ND: Não detectado efeito Tóxico

\*\*Fonte: Von Sperling (1996).

**Tabela 3: Etapas do experimento**

Etapas	Reatores	Mistura (%)	TRH (h)
1.1	R1	0,5	22,6
	R2	0	22,6
1.2	R1	0,5	15,8
	R2	0	15,8
2.1	R1	5,0	22,6
	R2	0	22,6
2.2	R1	5,0	15,8
	R2	0	15,8

A ordem das etapas seguiu conforme apresentado. Antes do início da etapa 1.1 se deu a aclimação dos reatores, durante a qual os dois reatores foram alimentados somente com o esgoto sintético, ou seja, a mistura a 0%. Dando-se início à etapa 1.1, foram avaliadas as misturas 0% e 0,5% com a alimentação dos reatores a uma vazão de 3,5 mL/min, correspondente a um TRH de 22,6 h e na etapa 1.2, mantiveram-se as misturas dos reatores e a vazão foi aumentada para 5,0 mL/min (TRH de 15,8 h). Na etapa 2.1 o reator 1 passou a ser alimentado com uma mistura de 5,0% enquanto o reator 2 (controle) permaneceu com 0% e o TRH voltou a ser ajustado para 22,6 h. Por fim, na etapa 2.2, a vazão foi aumentada, impondo-se um TRH de 15,8 h.

Foi realizada a caracterização do lixiviado, quanto aos parâmetros DQO, COT (carbono orgânico total), pH, Cloreto, N-NH<sub>3</sub> (nitrogênio amoniacal), Microtox<sup>®</sup> CE50, Turbidez e ABS254 (Absorvância a 254 nm).

O teste Microtox<sup>®</sup> CE50 avalia a toxicidade aguda à bactéria marinha bioluminescente *Vibrio fischeri* pela determinação da concentração da amostra que causa uma redução de 50% na quantidade de luz emitida pelo organismo-teste após 30 minutos de exposição (HERNANDO et al., 2006). Os testes de Microtox<sup>®</sup> foram realizados no LES - Laboratório de Engenharia Sanitária da UERJ.

A absorvância em 254 nm pode ser utilizada como indicador da presença de duplas e triplas ligações, características de compostos aromáticos (ALATON, 2007). Esta análise foi utilizada no presente trabalho por refletir a presença substâncias orgânicas complexas, substâncias aromáticas e substâncias húmicas, comumente presentes em lixiviados. Além disso, a redução da ABS254 pode indicar a ruptura dessas ligações e degradação deste tipo de compostos. A determinação da absorvância foi realizada de acordo com o método AWWA 5910B (APHA, 1998).

Foram registradas micrografias realizadas por máquina fotográfica acoplada ao Microscópio Trinocular Plan Quimis. As imagens foram obtidas sob iluminação de campo claro e aumentos na magnitude de 100X, 200X e 400X. As lâminas foram levadas ao microscópio, analisadas, fotografadas para identificação dos microrganismos de importância no processo.

As bibliografias utilizadas para a identificação dos microrganismos foram Vazollér (1989) e Jenkins et al (1993), tendo-se utilizado uma ficha de avaliação microbiológica baseada na escala de identificação e quantificação de Jenkins et al. (1995). Essa escala varia de (A) a (F), da seguinte forma: (A) nenhum; (B) poucos; (C) comum; (D) muito comum; (E) abundante e (F) excessivo.

Para cada etapa do experimento foi atribuído um valor, de acordo com a escala adotada, referente à quantificação dos microrganismos avaliados. As observações no microscópio eram realizadas diariamente, mas o valor somente era definido após se notar a estabilização do sistema.

## CARACTERIZAÇÃO DO LIXIVIADO E DAS MISTURAS ESGOTO/LIXIVIADO

Na Tabela 4 são apresentados os resultados analíticos da caracterização do lixiviado utilizado no experimento.

É possível observar nos resultados de caracterização do lixiviado um pH mais alcalino que a faixa relatada por Tchobanoglous (1993), uma concentração bastante elevada de cloretos e uma DQO dentro da faixa usual para a idade do aterro (4 anos).

**Tabela 4: Caracterização do lixiviado**

Parâmetro	Unidade	Resultado
DQO	mg/L	2435
COT	mg/L	667
pH	-	8,15
Cloreto	mg/L	4028
N-NH <sub>3</sub>	mg/L	203,5
Microtox® CE50	%	6,24
Turbidez	uT	86,4
ABS254nm	Abs	16,88
DQO/COT	-	3,65

A Tabela 5 apresenta valores de DQO, pH, amônia, Microtox® CE50 e ABS254 das misturas lixiviado/esgoto de 0% (somente esgoto), 0,5% e 5,0%. Como de se esperar, à medida que se aumenta a quantidade de lixiviado na mistura, a DQO e a ABS254 aumentam e o pH tende a se tornar mais alcalino.

Nota-se, ainda, que somente foi detectado efeito tóxico ao organismo *Vibrio fischeri* no lixiviado e na mistura 5,0% (lixiviado/esgoto).

**Tabela 5: Caracterização das misturas lixiviado/esgoto**

Parâmetro	Unidade	0%	0,5%	5,0%
DQO	mg/L	672	680	722
pH	-	7,23	6,87	7,79
N-NH <sub>3</sub>	mg/L	1,6	10,5	89,9
Microtox® CE50	%	ND*	ND*	96,6
ABS254 nm	Abs.	1,2202	1,4064	1,9084

\*ND: Não detectado efeito Tóxico

## FICHA DE AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

Durante as observações da biomassa no microscópio foi possível verificar que no primeiro dia de avaliação de cada etapa em que ocorria introdução ou aumento da concentração de lixiviado, a quantidade, a diversidade e a mobilidade dos microrganismos foram reduzidas.

As observações no microscópio eram realizadas diariamente, e pôde-se constatar que, em média, no terceiro dia de cada etapa a microfauna alcançava estabilidade quanto à quantidade, diversidade e mobilidade dos microrganismos avaliados. Após esta estabilização que se atribua o valor referente à quantificação dos microrganismos.

A Tabela 6 consolida as observações realizadas durante o experimento, que se basearam na ficha de avaliação microbiológica proposta por Jenkins et al. (1995) para identificação e quantificação de microrganismos de interesse para o processo de lodos ativados.

**Tabela 6: Identificação e quantificação da microfauna presente nos reatores**

TRH (h)	Organismos	Presença de Organismos		
		0%	0,5%	5,0%
22,6	Bactérias Livres	B	C	C
	Bactérias Filamentosas	B	C	C
	Protozoários Amebóides	A	B	B
	Protozoários Ciliados Livres	D	C	B
	Protozoários Ciliados Pedunculados	C	D	C
	Protozoários Ciliados Suctórias	B	A	A
	Fungos	A	A	C
	Metazoários Rotíferos	D	A	D
	Metazoários Nematóides	B	A	A
15,8	Bactérias Livres	C	C	C
	Bactérias Filamentosas	D	C	D
	Protozoários Amebóides	B	B	B
	Protozoários Ciliados Livres	D	C	D
	Protozoários Ciliados Pedunculados	D	D	B
	Protozoários Ciliados Suctórias	B	A	B
	Fungos	D	B	D
	Metazoários Rotíferos	C	C	B
	Metazoários Nematóides	A	A	A

Legenda: (A) nenhum (B) poucos (C) comum (D) muito comum (E) abundante (F) excessivo

Para o TRH de 22,6 h, o aumento da concentração de lixiviado teve relação com uma leve tendência de aumento de bactérias livres, bactérias filamentosas e protozoários amebóides, embora esta tendência não tenha sido observada para TRH de 15,8 h.

Da mesma forma, a tendência de diminuição dos protozoários ciliados livres, relacionado a menores concentrações de lixiviado, para um TRH de 22,6 h, não foi seguida no TRH de 15,8 h.

No TRH 22,6 h, merece destaque a ocorrência de fungos apenas na maior concentração de lixiviado, o que coincidiu com uma tendência de acidificação do líquido no interior do reator, sendo que valores de pH inferiores a 7,0 eram diariamente ajustados para a faixa 7,5 a 8,0. Nesta etapa, os ajustes de pH se tornaram mais frequentes e os valores de pH medidos no início do dia (antes do ajuste) tiveram seus menores valores.

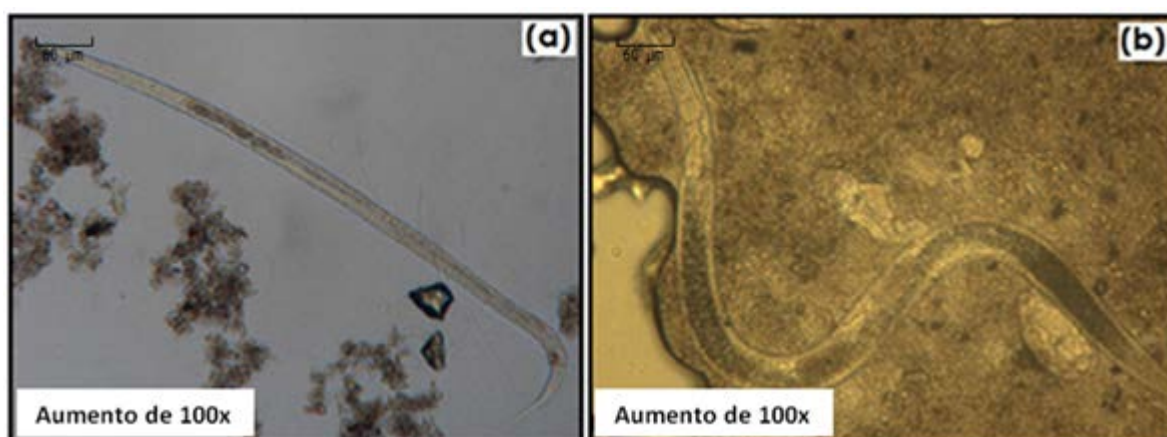
Já no TRH 15,8 h, houve a ocorrência de fungos em todas as concentrações de lixiviado avaliadas e ajuste de pH diário. Ainda assim não foram observados prejuízos operacionais ao sistema quanto à eficiência e à sedimentabilidade do lodo neste período.

Somente foram observados metazoários nematóides no reator controle operando com TRH 22,6 h. Segundo Jenkins et al. (1995), estes metazoários costumam ser abundantes em filtros biológicos mas raros em lodos ativados, onde sua presença pode estar associada a baixas cargas orgânicas e elevada idade do lodo.

## MICROGRAFIAS

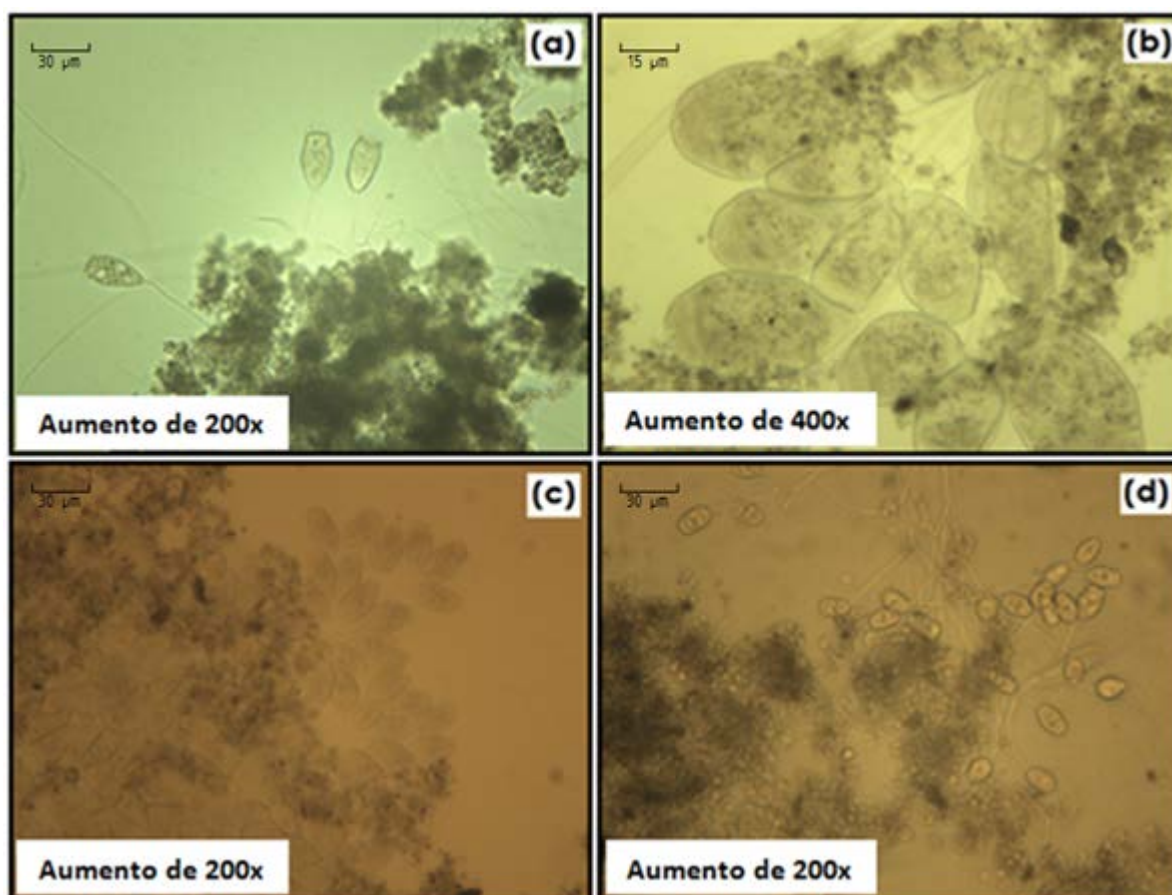
Na Figura 2 podem ser observados metazoários nematóides encontrados no reator 2 (controle) durante a etapa 1.1. A presença destes organismos em reatores de lodos ativados não está associada à eficiência do sistema, mas indica boas condições de operação e ausência de substâncias tóxicas (JENKINS et al., 1995).





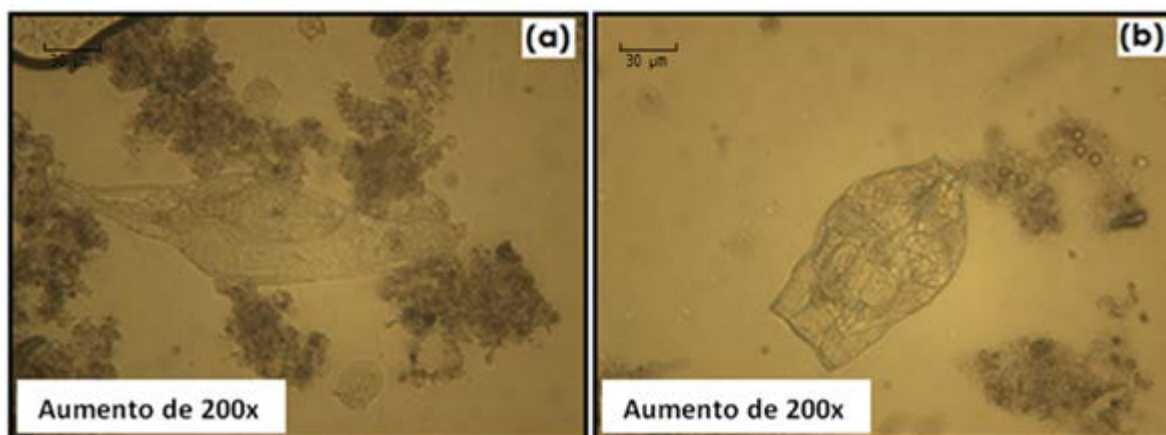
**Figura 2: Metazoários nematóides observados durante a etapa 1.1: (a) e (b) gênero *Rhabditid* sp em R2 (controle).**

A Figura 3 apresenta protozoários ciliados pedunculados observados durante a etapa 1.2 do experimento. No reator 2 (controle) foram registrados organismos dos gêneros *Opercularia* sp e *Vorticella* sp. Já no reator 1, podem ser observados o gênero *Vorticella* sp e exemplares da espécie *Opercularia coarctata*.



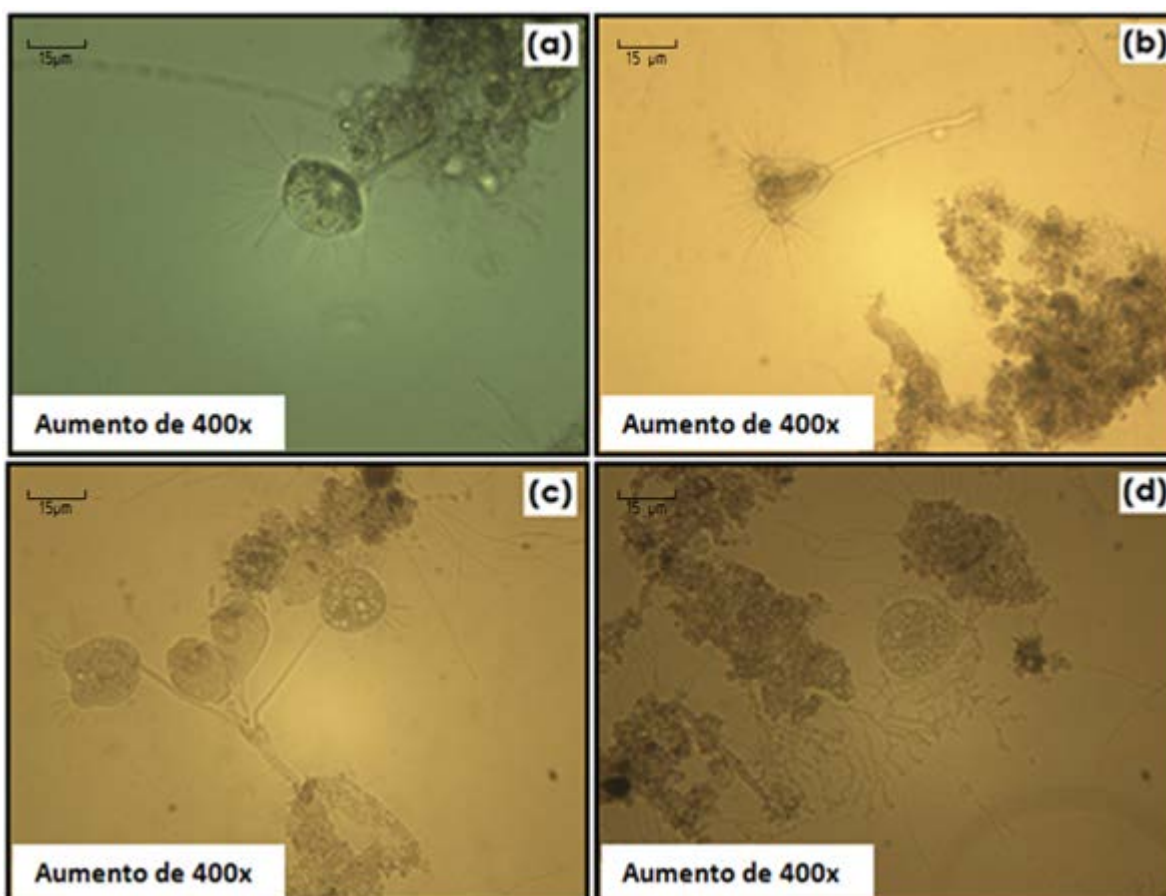
**Figura 3: Protozoários ciliados pedunculados observados durante a etapa 1.2: (a) gêneros *Opercularia* sp e *Vorticella* sp em R2; (b) gênero *Vorticella* sp em R2; (c) gênero *Vorticella* sp em R1; (d) espécie *Opercularia coarctata* em R1.**

Na Figura 4, pode-se verificar a presença de metazoários rotíferos, encontrados durante a etapa 2.1, tendo-se registrado um exemplar do gênero *Rotaria* no reator 2 e um do gênero *Epiphanes* no reator 1.



**Figura 4: Metazoários rotíferos observados durante a etapa 2.1: (a) gênero *Rotaria* em R2; (b) gênero *Epiphanes* em R1.**

A Figura 5 apresenta micrografias de protozoários ciliados suctória observados durante a etapa 2.2. No reator 2 foram fotografados microrganismos das espécies *Podophrya fixa* e *Podophrya mollis*. No reator 1 é possível observar colônias de protozoários suctórias, bactérias filamentosas, *Podophrya fixa* e alguns fungos.



**Figura 5: Protozoários ciliados suctória observados durante a etapa 2.2: (a) espécie *Podophrya fixa* em R2; (b) espécie *Podophrya mollis* em R2; (c) Colônia de protozoários suctórias e algumas bactérias filamentosas em R1; (d) espécie *Podophrya fixa* e alguns fungos em R1.**



## CONCLUSÕES

A ficha de avaliação microbiológica utilizada neste trabalho permitiu a quantificação dos microrganismos de interesse ao processo em cada etapa do procedimento experimental, tendo-se mostrado uma ferramenta útil na caracterização das condições microbiológicas dos reatores.

Apesar disto, não foi possível estabelecer correlações entre a quantidade de lixiviado introduzida nos reatores e o aumento ou diminuição da ocorrência dos organismos avaliados.

Ao longo do experimento foi possível observar que nas mudanças de etapas, logo após a introdução ou aumento da concentração de lixiviado, houve queda significativa de biodiversidade e redução na atividade dos microrganismos e que após alguns dias a diversidade e a atividade se reestabeleciam no sistema, mostrando que apesar da introdução de uma matriz mais complexa, os microrganismos foram capazes de se adaptar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALATON, I. A. Degradation of a commercial textile biocide with advanced oxidation processes and ozone, *Journal of Environmental Management*, v. 82, n. 2, p. 145-154, 2007.
2. APHA. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 18th Ed., Washington, DC 2005: American Public Healths Association, 1992.
3. BENTO, A.; PHILIPPI, L.; BARBOSA, T.; SEZERINO, P. Monitoramento microscópico do sistema insular de tratamento de esgotos de Florianópolis/SC. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011.
4. CASTILHOS JUNIOR, A.B. (Coord.) et al. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários. PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2006.
5. EL FADEL, M.; DOUSEID, E.; CHAHINE, W.; ALAYLIC, B. Factors influencing solid waste generation and management. *Waste Management*. v.22, p. 269-276, 2002.
6. FERREIRA, J.A. Uma revisão das técnicas de tratamento de chorume e a realidade do estado do Rio de Janeiro. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001.
7. HOLLER, S.; TROSCH, W. Treatment of urban wastewater in a membrane bioreactor at high organic loading rates. *Journal of Biotechnology*, 2001.
8. JENKINS, D.; RICHARD, M. G.; DAIGGER, G.T. *Manual on the Causes and Control of Activated Sludge Bulking and Foaming*. 2nd edition, Michigan, Lewis Publishers, 1993.
9. HERNANDO, M.D.; MALATO, O.; FARRÉ, M.; FERNANDEZ-ALBA, A.R.; BARCELÓ, D. Application of ring study: Water toxicity determinations by bioluminescence assay with *Vibrio fischeri*, *Talanta*, Volume 69, Issue 2, p.370-376, 2006.
10. REIS, G. G. dos. Influência da carga orgânica no desempenho de reatores de leito móvel com biofilme (MBBR). Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.
11. TCHOBANOGLOUS, G. et al. *Integrated solid waste management: engineering principles and management issues*. New York: McGraw-Hill International Editions, 1993.
12. VAZOLLÉR, R. F. *Microbiologia de lodos ativados*. Série Manuais – CETESB, São Paulo, 1989.
13. VON SPERLING, M. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. Vol.1. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, DESA-UFMG, 1996.