



XI SILUBESA

Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

II-048 - INDICADORES BIOLÓGICOS DA QUALIDADE DO LODO DE SISTEMA DE LODOS ATIVADOS TRATANDO EFLUENTE DE REATOR

Luciana Coêlho Mendonça ⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP).

Doutora em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP).

Pesquisadora da Universidade Federal de Sergipe (UFS).

Eloisa Pozzi Gianotti

Ecóloga pela UNESP de Rio Claro, SP.

Doutora em Ecologia e Recursos Naturais pela UFSCar.

Pesquisadora do Departamento de Hidráulica e Saneamento (EESC-USP).

André Luís de Oliva Campos

Engenheiro Químico pela Universidade Federal de Sergipe (UFS).

Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP).

Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP).

Pesquisador DCR da Universidade Tiradentes (UNIT).

José Roberto Campos

Prof. Titular do Departamento de Hidráulica e Saneamento (EESC-USP).

Endereço⁽¹⁾: R. Sílvio César Leite, 105 – Apt.501 – Salgado Filho – CEP:49.020-060 – Aracaju – SE – Brasil

 lumendon@uol.com.br

RESUMO

Exames microscópicos do lodo de sistemas de lodos ativados podem ajudar a avaliar a condição da biomassa e da sedimentabilidade do lodo do tanque de aeração. Esses exames colaboram para a identificação de bactérias filamentosas – que podem causar problemas na estação de tratamento – e de indicadores do desempenho de sistemas de lodos ativados e fornecem também informações úteis sobre a atividade biológica no lodo, baseadas nos microrganismos presentes, podendo avaliar a qualidade do efluente e o desempenho da estação. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade do lodo no sistema de lodos ativados que alimentado por efluente de reator anaeróbio, por meio da identificação, qualificação e caracterização de indicadores biológicos. Foi verificado que a estimativa da quantidade de bactérias filamentosas, de células livres e de protozoários aliada à verificação das características dos flocos presentes no licor misto permitiu a avaliação da qualidade do lodo do sistema de pós-tratamento (lodos ativados).

Palavras-chave: indicadores biológicos, qualidade do lodo, lodos ativados, reator anaeróbio, sistema combinado.

INTRODUÇÃO

Na microbiota de sistemas de lodos ativados, são encontrados diversos tipos de bactérias, fungos, protozoários e micrometazoários, cada qual com um objetivo no processo de degradação.

As bactérias são os microrganismos mais importantes do sistema de lodos ativados, pois são responsáveis pela

decomposição da matéria orgânica presente no esgoto e pela formação do floco. No tanque de aeração, as bactérias aeróbias e facultativas oxidam a matéria orgânica a compostos de baixa energia, como nitratos, sulfatos e gás carbônico, e sintetizam o material orgânico remanescente em novas células (Braile & Cavalcanti, 1993).

Quando bactérias filamentosas dominam a competição entre as espécies, é formada uma microestrutura filamentosa, que reduz a sedimentabilidade dos flocos, mas também pode causar formação de espuma em sistemas biológicos. Este fenômeno, conhecido como intumescimento ou *bulking* do lodo, é um problema complexo que atinge de 20 a 40% das estações de tratamento (Pujol & Canler, 1992). Os principais motivos para o aparecimento de filamentos em sistemas aeróbios são escassez de nutrientes, baixa concentração de oxigênio dissolvido, baixa carga orgânica, elevada concentração de compostos de baixo peso molecular e presença de compostos reduzidos de enxofre (Jenkins *et al.*, 1993; Eikelboom, 2000). Em sistemas combinados anaeróbio/aeróbio, é provável a presença de alguns tipos de filamentos, devido à baixa carga orgânica e escassez de nutrientes, visto que a maior parcela dos compostos orgânicos e inorgânicos é degradado no reator anaeróbio.

A identificação dos filamentos é de grande utilidade ao operador de uma ETE (Estação de Tratamento de Esgoto), pois sugere, por exemplo, a ocorrência de excesso ou escassez de nutrientes e/ou oxigênio dissolvido. Portanto, de posse do resultado do exame microbiológico, o operador poderá alterar as condições de operação do processo, tentando evitar a ocorrência de intumescimento do lodo.

Os protozoários são protistas microscópicos móveis, geralmente unicelulares e aeróbios heterótrofos, embora poucos sejam anaeróbios. Geralmente são maiores que as bactérias e atuam como polidores dos efluentes dos processos biológicos de tratamento de águas residuárias, pois consomem bactérias e matéria orgânica particulada (Metcalf & Eddy, 1991). A presença e/ou predominância de determinados protozoários são consideradas indicadoras das condições de depuração do sistema de tratamento de esgoto sanitário pelo processo de lodos ativados. Desta maneira, a identificação do grupo dominante de microrganismos presentes na microbiota do lodo é necessária para avaliação do funcionamento do processo de tratamento.

Exames microscópicos do lodo de sistemas de lodos ativados podem ajudar a avaliar a condição da biomassa e da sedimentabilidade do lodo do tanque de aeração. Esses exames também colaboram para a identificação de bactérias filamentosas que podem causar problemas na estação de tratamento (Wisconsin, 1997). Análises rotineiras da microbiota como indicadoras do desempenho de sistemas de lodos ativados têm-se tornado comuns. Essas análises fornecem informações úteis sobre a atividade biológica no lodo, baseadas nos microrganismos presentes, podendo avaliar a qualidade do efluente e o desempenho da estação (Madoni, 1994).

A caracterização da comunidade microbiana presente no tanque de aeração do sistema de lodos ativados é uma ferramenta bastante útil para monitoramento do tratamento biológico de esgoto (Nicolau *et al.*, 2001). Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade do lodo no sistema de lodos ativados que tratava efluente de reator anaeróbio, por meio da identificação, qualificação e caracterização de indicadores biológicos.

MATERIAL E MÉTODOS

A instalação experimental deste trabalho, situada na Universidade de São Paulo, no Campus de São Carlos, foi constituída pelo tratamento biológico de esgoto sanitário pré-gradeado e desarenado, utilizando sistema combinado de reator anaeróbio seguido por reator aeróbio: reator anaeróbio de leito expandido - Ralex (escala piloto) e sistema de lodos ativados (escala de laboratório), respectivamente. O Ralex de 32m³ foi operado com TDH médio de 3,2h e o sistema de lodos ativados de 95L, com TDH médio de 6,0h. Na Figura 1, está apresentado o desenho esquemático desses reatores.

O monitoramento microbiológico deste trabalho consistiu em microscopias mensais, examinando as características do floco e a diversidade de bactérias (filamentosas e células livres) e de protozoários no licor misto do sistema de lodos ativados, durante seis meses.

Os procedimentos de caracterização de bactérias filamentosas nos flocos incluíram as seguintes etapas, segundo Jenkins *et al.* (1993): coloração de Gram; coloração de Neisser; teste de oxidação do enxofre ou presença intracelular de grânulos de enxofre; coloração de polibetahidroxibutirato (PHB); dimensões, forma e localização do filamento em relação ao floco; mobilidade; observação de septos entre as células; presença de bainha (estrutura que envolve uma cadeia de células); presença de crescimento de microrganismos aderidos à superfície do filamento; forma e tamanho da célula. Os exames microscópicos foram realizados com iluminação direta e contraste de fase, com aumento de 1000 vezes.

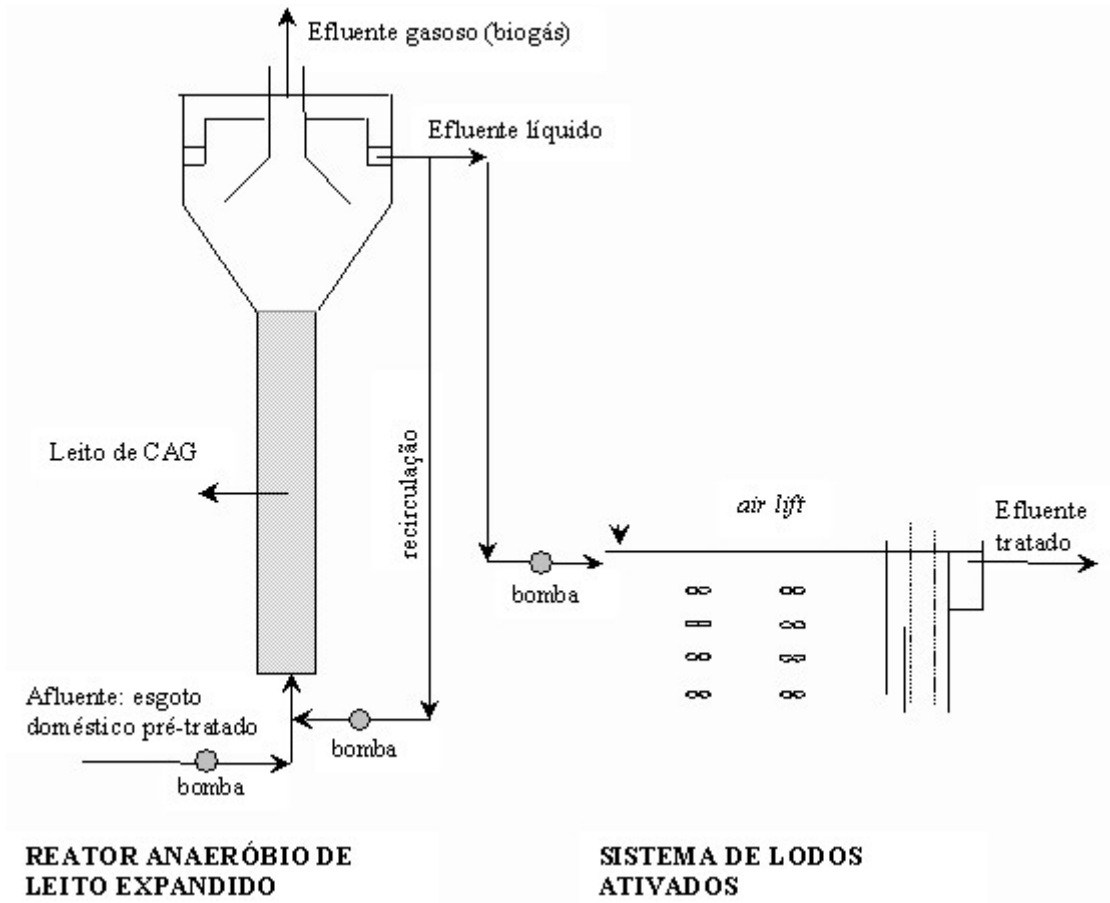


Figura 1- Desenho esquemático da instalação experimental

Os protozoários foram observados em microscópico com iluminação direta, com aumento de 40 a 200 vezes. As referências Eikelboom (2000), APHA (1998), WEF (1995), CETESB (1989) e Curds (1969) foram consultadas para comparação e identificação desses microrganismos.

A estimativa das bactérias filamentosas, das células livres e dos protozoários foi realizada pela observação em microscópico com iluminação direta, com aumento de 40 a 200 vezes. E, para caracterização da qualidade dos flocos, foram observados estrutura, forma, consistência e tamanho, em microscópico com iluminação direta.

De posse dessas verificações, a qualidade do lodo foi classificada como boa, moderada ou pobre, de acordo com os critérios de qualidade estabelecidos por Eikelboom (2000), com base nas características do lodo do licor misto, mas também na quantidade de microrganismos encontrados. Esses critérios para estabelecimento da qualidade do lodo são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Critérios para estabelecimento da qualidade do lodo

Critério	Boa	Moderada	Pobre
Filamentos	< 2	2 – 3	4
Células livres	0 – 1	2 – 3	≥ 3
Ciliados / tecamebas	≥ 2	1	0
Flagelados / amebas	0	1 – 2	≥ 3
% flocos > 25µ m	> 80 – 90	> 50 – 70	< 50
Estrutura do floco	compacto	aberto	-
Consistência do floco	robusto	fraco	-
Forma do floco	arredondado	irregular	-

Escala qualitativa de frequência: (0) nenhuma; (1) rara; (2) comum; (3) muito comum; (4) abundante

Fonte: Adaptado de Eikelboom (2000)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Bactérias

Diferentes tipos de filamentos foram observados no licor misto, porém seu número aparentemente não foi elevado a ponto de causar o intumescimento do lodo no sistema de lodos ativados. A diversidade dos filamentos identificados foi pequena e todos os tipos encontrados, quando em abundância, são causadores de bulking. Nenhum tipo característico de formação de espuma foi encontrado.

As células livres apareceram raramente nas lâminas examinadas, pois a maior parte das células microbianas estava agregada aos flocos. Foram observados vibrios, bacilos, cocos e espirilos.

Protozoários

A diversidade foi restrita e sua frequência de aparecimento oscilou consideravelmente durante a investigação experimental, de acordo com as mudanças nas características de operação do sistema.

Características do floco

O aspecto do floco foi diferente de um mês para outro, conforme pode ser observado na Tabela 2, em que são apresentados os aspectos dos flocos e a frequência de aparecimento dos indicadores biológicos em cada mês de monitoramento.

Tabela 2- Frequência e características dos indicadores biológicos da qualidade do lodo no sistema de lodos ativados

Parâmetro	Amostra/Tempo de operação do sistema de lodos ativados					
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6
	29º dia	58º dia	94º dia	127º dia	157º dia	204º dia
FREQUÊNCIA DE MICRORGANISMOS INDICADORES						
Filamentos	(1)	(3)	(3)	(2)	(2)	(2)
Células livres	(1)	(0)	(2)	(0)	(1)	(1)
Ciliados/tecamebas	(2)	(3)	(4)	(3)	(2)	(3)
Flagelados/amebas	(4)	(1)	(1)	(2)	(3)	(1)
CARACTERÍSTICAS DO FLOCO						
Estrutura	compacto	aberto	aberto	aberto	compacto	compacto
Forma	arredondado	irregular	irregular	irregular	arredondado	arredondado
Consistência	robusto	robusto	robusto	intermediária	robusto	intermediária
Tamanho: % > 25 µm	> 80%	> 80%	> 80%	> 80%	> 80%	> 80%

Escala qualitativa de frequência: (0) nenhuma; (1) rara; (2) comum; (3) muito comum; (4) abundante

Qualidade do lodo

A qualidade do lodo do licor misto foi avaliada pelos indicadores biológicos (características do floco e quantidade de filamentos, de células livres e de protozoários), fazendo-se comparação com critérios estabelecidos em Eikelboom (2000). Na Tabela 3, é apresentada a avaliação da qualidade do lodo durante o monitoramento microbiológico, de acordo com os critérios para seu estabelecimento.

Os flocos das amostras coletadas apresentaram boas ou moderadas condições de sedimentabilidade, enquanto a qualidade do lodo, após avaliados todos os indicadores biológicos, foi considerada boa em apenas uma amostra, moderada em duas e pobre nas três demais. Essa comparação indicou que as características dos flocos não garantem conclusão a respeito da qualidade final do lodo do sistema de tratamento, visto que os demais indicadores biológicos (bactérias e protozoários) são também influenciados pelas condições de operação do sistema.

Tabela 3- Qualidade do lodo do sistema de lodos ativados, de acordo com os indicadores biológicos

Indicador biológico	Qualidade do lodo					
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6
	29º dia	58º dia	94º dia	127º dia	157º dia	204º dia
Filamentos	boa	moderada	moderada	moderada	moderada	moderada
Células livres	boa	boa	moderada	boa	boa	boa
Ciliados/tecamebas	boa	boa	boa	boa	boa	boa
Flagelados/amebas	pobre	moderada	moderada	moderada	pobre	moderada
Tamanho:%flocos>25µm	boa	boa	boa	boa	boa	boa
Estrutura do floco	boa	moderada	moderada	moderada	boa	boa
Consistência do floco	boa	boa	boa	boa	boa	boa
Forma do floco	boa	moderada	moderada	moderada	boa	boa
Resultado	boa	pobre	pobre	pobre	moderada	moderada

Caso a estrutura e forma do floco tivessem mantido as características compacto e arredondado, respectivamente, nas amostras 2, 4 e 5, como nas demais, é possível que houvesse modificação na avaliação das amostras 2 e 4, sendo então consideradas de qualidade moderada.

A qualidade das amostras 2 e 4, avaliadas como pobre, tem influência negativa tanto das características da estrutura e forma do floco, quanto das características da microbiota. Enquanto que a qualidade da amostra 5, avaliada como moderada, foi atribuída principalmente à parada no sistema de lodos ativados durante o 130º e o 144º dia de operação. Essa mudança nas condições de operação do sistema acarretou na abundância de flagelados, que caracteriza sistema biológico em início de operação (CETESB, 1989). Caso o sistema tivesse sido operado sem interrupção, a qualidade do lodo seria considerada boa.

CONCLUSÕES

Apenas a avaliação da qualidade do floco (tamanho, estrutura, consistência e forma) quanto às características de sedimentação, não foi suficiente para caracterizar a qualidade do lodo do sistema de lodos ativados, demonstrando a importância da avaliação dos outros indicadores biológicos estudados neste trabalho (filamentos, células livres, ciliados, tecamebas, amebas e flagelados).

A estimativa da quantidade de bactérias filamentosas, de células livres e de protozoários aliada à verificação das características dos flocos presentes no licor misto permitiu a avaliação da qualidade do lodo do sistema de pós-tratamento (lodos ativados).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th ed., American Public Health Association, Washington, D.C., Estados Unidos
2. BRAILE, P. M. & CAVALCANTI, J. E. W. A. (1993). *Manual de Tratamento de Águas Residuárias*, CETESB, 764p., São Paulo, SP
3. CETESB (1989). *Microbiologia de Lodos Ativados*, Série Manuais, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 23p., São Paulo, SP
4. CURDS, C. R. (1969). *An Illustrated Key to the British Freshwater Ciliated Protozoa Commonly Found in Activated Sludge*, Water Pollution Research Technical Paper No. 12, Her Majesty's Stationery Office, 89p.,

Londres, Inglaterra

5. EIKELBOOM, D. H. (2000). *Process Control of Activated Sludge Plants by Microscopic Investigation*, Manual, Asis/IWA, 156p., Londres, Inglaterra
6. JENKINS, D.; RICHARD, M. G. & DAIGGER, G. T. (1993). *Manual on the Causes and Control of Activated Sludge Bulking and Foaming*, 2ª ed., Lewis Publishers, Inc., 193p., Estados Unidos
7. MADONI, P. (1994). A Sludge Biotic Index (SBI) for the Evaluation of the Biological Performance of Activated Sludge Plants Based on the Microfauna Analysis, *Water Research*, **28** (1), p.67-75
8. METCALF & EDDY (1991). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*, 3ª ed., McGraw-Hill, 1.334p., Nova York, Estados Unidos
9. NICOLAU, A.; DIAS, N.; MOTA, M. & LIMA, N. (2001). Trends in the Use of Protozoa in the Assessment of Wastewater Treatment, *Res. Microbiol.*, 152, p.621-630
10. PUJOL, R. & CANLER, J. P. (1992). Biosorption and Dynamics of Bacterial Populations in Activated Sludge, *Water Research*, 26 (2), p.209-212
11. WEF (1995). *Wastewater Biology: The Microlife*, A Special Publication, Water Environment Federation, Virginia, Estados Unidos
12. WISCONSIN (1997). *Activated Sludge – Microbiology and Process Control*, Department of Natural Resources, 5p., (30/07/1999), www.dnr.state.wi.us/org/water/wm/ww/tech/asludge.htm