

II-292 - AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DOS LODOS ATIVADOS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE TACAIMBÓ – PE

Heloisa Fernanda Salgado Mendonça ⁽¹⁾

Graduanda em Ciências Biológicas pela Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP).

Valderice Pereira Alves Baydum

Analista de Saneamento da Companhia Pernambucana Saneamento (COMPESA). Professora Assistente Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP).

Endereço⁽¹⁾: Av. Cruz Cabugá, 1387, Santo Amaro – Recife/PE - CEP: 50040-905 - Brasil - Tel: (81) 34129728 – e-mail: heloisafsm@hotmail.com

RESUMO

O sistema de lodos ativados constituiu uma revolução tecnológica para tratamento de águas residuárias. Os microrganismos são confinados e efetuam a degradação da matéria orgânica em reatores biológicos, de maneira a tentar aperfeiçoar os processos e minimizar custos, para que se consiga a maior eficiência possível. O mecanismo mais importante para a remoção de matéria orgânica em sistemas biológicos de tratamento é o metabolismo bacteriano. As bactérias presentes realizam a decomposição da matéria orgânica presente no esgoto e se aglomeram sob a forma de flocos bacterianos. O estudo dos flocos consiste em sua observação, contagem e classificação. As bactérias se agregam formando flocos e os ciliados fixos se aderem à superfície desses flocos, enquanto ciliados livres, flagelados e amebas movem-se entre os flocos e ocasionalmente organismos superiores estão presentes nos arredores. A identificação do grupo dominante de microrganismos presentes na microbiota do lodo permite diagnosticar o estado de funcionamento do processo de lodos. 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. O lodo biológico e microfauna presente na ETE de Tacaimbó – PE foram caracterizados qualitativamente e classificados através de análise microscópica em amostras de efluente coletadas do tanque de aeração, seguido de identificação das espécies dominantes utilizada em modelos existentes de avaliação de sistemas, para caracterização das condições depurativas do sistema de tratamento. As características do processo, presumidas pelos organismos dominantes nos reatores, revelaram que em termos gerais o sistema indica boas condições de depuração.

PALAVRAS-CHAVE: Microbiologia, flocos biológicos, águas residuárias.

INTRODUÇÃO

O tratamento de águas residuárias tem como função a remoção de sólidos coloidais não sedimentáveis e estabilização da matéria orgânica. Para esgoto sanitário, o principal objetivo é a redução da quantidade de matéria orgânica e, em muitos casos, de nutrientes, como nitrogênio e fósforo. Esses objetivos são alcançados pela atividade de diversos microrganismos, principalmente bactérias (MENDONÇA, 2002; METCALF e EDDY, 1991).

Há muitas alternativas para se tratar o esgoto sanitário empregando-se processos biológicos ou físico-químicos. A escolha entre o processo leva em conta o tipo de efluente a tratar, sua biodegradabilidade, e presença de toxinas, a produção de lodos, etc. (DA MOTTA, et al., 2003; MENDONÇA, 2002).

O sistema de lodos ativados é o mais utilizado no tratamento biológico aeróbio de esgoto sanitário no mundo todo, principalmente pela alta eficiência alcançada associada à pequena área de implantação requerida, quando comparado a outros sistemas de tratamento (BENTO, et al., 2005). Os tratamentos baseados em processos biológicos permitem tratar grandes volumes de efluente, apresentam menor custo de funcionamento e simplicidade operacional (DA MOTTA et al., 2003; FREIRE et al., 2000), sendo que para efluentes complexos, o processo biológico mais amplamente usado é o tratamento por lodos ativados, cujo nível de eficiência é elevado (OLIVEIRA et al., 2009), consiste em uma complexa associação de micro-organismos que oxidam os

compostos orgânicos e inorgânicos presentes nos efluentes (BENTO et al., 2005; DAVIES, 2005). A comunidade estabelecida neste sistema é dinâmica e fundamental ao tratamento, sendo que cada espécie tem sua importância para o bom funcionamento do sistema (AMMAN et al., 1997). A estrutura dessa comunidade apresenta forte relação com as condições operacionais e com a qualidade e quantidade de efluente que alimenta o processo (VAZOLLÉR et al., 1989), de modo que a avaliação microbiológica do lodo é capaz de fornecer informações sobre o desempenho da estação de tratamento de esgoto (ETE) (POOLE, 1984) e também qualidade do efluente.

Os flocos biológicos constituem um microssistema complexo formado por bactérias, fungos, protozoários e micrometazoários. As bactérias são as principais responsáveis pela depuração da matéria carbonácea e pela estruturação dos flocos. Entretanto, os componentes da microfauna (protozoários e micrometazoários) também têm importante papel na manutenção de uma comunidade bacteriana equilibrada, na remoção de *Escherichia coli*, na redução da DBO₅ e na floculação. Por serem extremamente sensíveis às alterações no processo, os componentes da microfauna alternam-se no sistema em resposta às mudanças nas condições físico-químicas e ambientais. Desse modo, a composição da microfauna do lodo ativado revela tendências do processo, quanto a eficiência da remoção da demanda bioquímica de oxigênio – DBO₅; a eficiência da remoção de sólidos suspensos – SS; as condições de sedimentação do lodo; o nível de aeração empregado no sistema; a presença de compostos tóxicos, tais como metais pesados e amônia; além de poder indicar a ocorrência de sobrecargas orgânicas e de nitrificação (GERARDI, 1986; HOFFMANN e PLATZER, 2000). A natureza da microfauna presente na ETE é característica da idade do lodo, da sapropiedade, do nível de qualidade do efluente vindo do despejo industrial, da quantidade de matéria orgânica biodegradável, da toxicidade do efluente e etc. (CETESB, 1992; JENKINS et al., 2003).

Em alguns países, como por exemplo, na Alemanha, a análise microscópica do lodo é prescrita legalmente para sistemas de lodos ativados que atendem mais de 10.000 habitantes. O diagnóstico obtido pela microscopia do lodo ativado é utilizado para alterar as características operacionais do sistema, tais como a idade do lodo e a concentração de oxigênio dissolvido no reator (HOFFMANN e PLATZER, 2000). No Brasil, a maioria dos sistemas de tratamento de esgotos é monitorada e controlada pelas análises físico-químicas. A observação microscópica ainda é um instrumento raro, geralmente realizado em curto período de tempo e seu resultado são, na grande maioria, subutilizados (BENTO et al., 2005).

Sistema de Esgotamento Sanitário de Tacaimbó foi inaugurado em janeiro de 2018, é formado por uma ETE que opera com reator anaeróbico de fluxo ascendente seguido de lodo ativado, com capacidade para tratar 37 L/s (COMPESA, 2017). Como se trata de uma estrutura nova, a ETE não possui estudos sobre a composição da microfauna do local, portanto, a apuração desses dados é de extrema importância para o bom funcionamento e qualidade do efluente tratado

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram coletadas o total de três amostragens na Estação de Tratamento de Efluente de Tacaimbó entre os meses de abril e maio de 2018. As amostras foram coletadas no tanque de aeração, encaminhadas para o laboratório e preservadas a 4°C até utilização. Foram examinadas no Núcleo de Pesquisa em Ciências Ambientais – NPCIAMB da Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP).

A análise microscópica foi realizada com amostras do licor misto do tanque de aeração do sistema de lodos ativados. A amostra foi deixada sedimentar, onde foi coletado 1ml do subnadante, depositando-se uma gota da amostra sobre uma lâmina de vidro, a qual é posteriormente recoberta por uma lamínula. Em seguida, coloca-se a lâmina sobre o microscópio ótico. Para cada amostra foram feitas triplicatas onde identificaram-se e quantificaram-se os microorganismos encontrados em nível de gênero. Os resultados microscópicos obtidos foram expressos pela frequência relativa, utilizados de acordo com Figueiredo et al (1997), conforme relações descritas na Tabela 1. O lodo foi observado qualitativamente pela avaliação da estrutura dos flocos.

Madoni (1994) correlacionou condições operacionais e os protozoários encontrados nos tanques de aeração de 44 ETEs por lodos ativados, após 20 anos de estudos, definindo grupos positivos e negativos relacionados à eficiência depurativa dos sistemas. O autor agrupou os ciliados predadores de flocos (CPFs), ciliados fixos (CFs) e tecamebas (TAMBs) como positivos e os pequenos flagelados, os ciliados livre natantes (CLNs),

Vorticella microstoma e *Opercularia spp* como negativos. A partir deste estudo, o mesmo autor desenvolveu uma matriz de correlação para obtenção do Índice Biótico do Lodo – IBL relacionado às características do sistema. A determinação do IBL baseia-se em relações entre os grupos positivos e os negativos, considerando-se a densidade e o número de unidades taxonômicas presentes no reator. A concentração de pequenos flagelados constitui um parâmetro de grande interferência no cálculo do índice. De acordo com Figueiredo et al. (1997), um bom desempenho do sistema está diretamente relacionado às espécies dominantes no processo, conforme relações descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Microrganismos indicadores das condições de depuração.

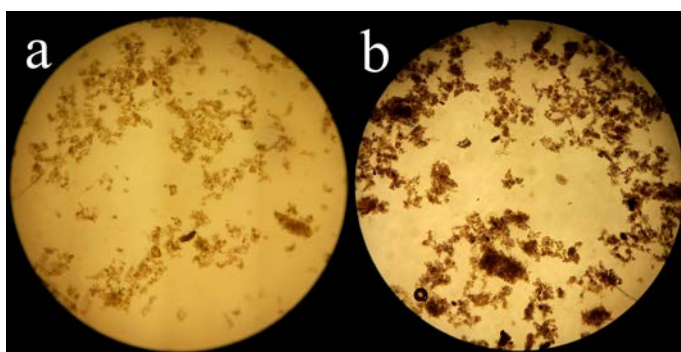
Microorganismos	Característica do processo
Predominância de flagelados e amebas	Lodo jovem, característica de início de operação ou baixa idade do lodo
Predominância de flagelados	Deficiência de aeração, má depuração e sobrecarga orgânica
Predominância de ciliados pedunculados e livres	Boas condições de depuração
Predominância de <i>Arcella</i> (tecameba)	Boa depuração
Predominância de <i>Aspidisca costata</i>	Nitrificação
Predominância de <i>Trachelophyllum</i>	Alta idade do lodo
Predominância de <i>Vorticella microstomata</i> (ciliado pedunculado) e baixa concentração de ciliados livres	Efluente de má qualidade
Predominância de anelídeo do gênero <i>Aeolosoma</i>	Excesso de oxigênio dissolvido
Predominância de filamentos	Intumescimento do lodo

Fonte: Figueiredo et al., (1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

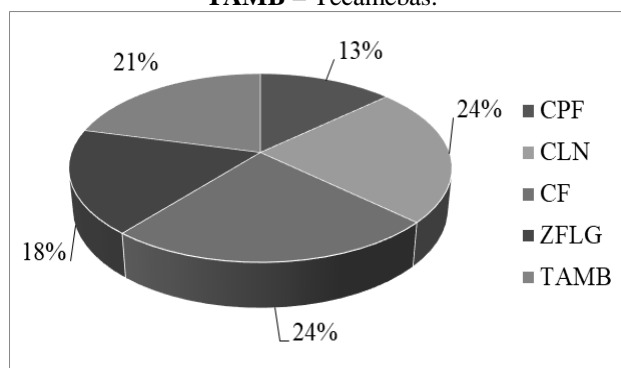
As características estruturais dos flocos biológicos tiveram seu diâmetro variando de médio e grande, sendo esses mais dispersos na primeira amostragem (Figura 1a) e de maior densidade na última amostragem (Figura 1b). Quanto a presença de filamentos não houve variação significativa, sendo esses sempre poucos e curtos. A microfauna foi composta predominantemente por CFs e CLNs em número de indivíduos na comunidade, ambos com 24% de frequência média da microfauna (Gráfico 1), além do terceiro grupo mais frequente, o TAMB, com 21%, onde, em termos gerais, indica boas condições de depuração.

Figura 1 - Flocos biológicos da amostra 1 (a) e amostra 3



Fonte: H. Mendonça (2018)

Gráfico 1 – Frequência média dos grupos da microfauna da ETE Tacaimbó. Legenda: CPF – Ciliados Predadores de Flocos; CLN – Ciliados Livre-Natantes; CF – Ciliados Fixos; ZFLG – Zooflagelados; TAMB – Tecamebas.



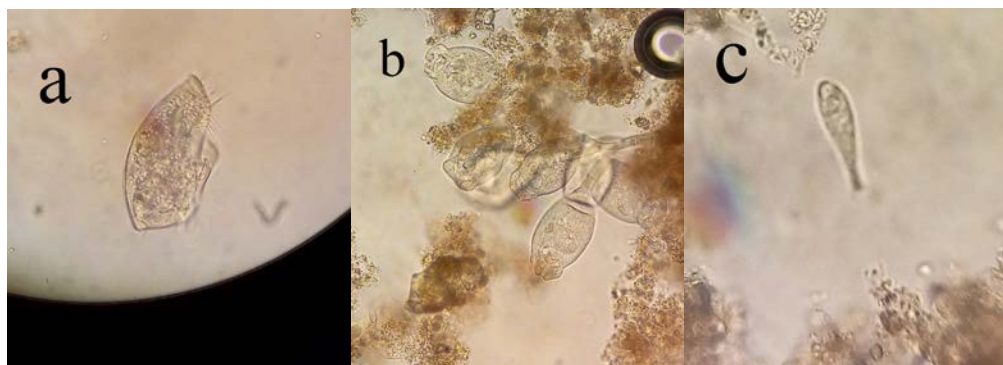
A frequência relativa (Tabela 3) mostra que os gêneros *Aspidisca* e *Opercularia* (Figura 3 a e b) estiveram presentes em todas as amostras em densidade média de 16 e 20 indivíduos, respectivamente. O ciliado *Trachelophyllum* (Figura 3c) foi o terceiro gênero mais frequente, apresentando uma densidade média de 17 indivíduos, principalmente na amostra 1, com 31% de frequência relativa. Nessa mesma amostra o segundo mais frequente foram os ZFLGs, com 20% de frequência, sugerindo sobrecarga orgânica pela alta idade do lodo.

Tabela 3 – Frequência relativa e densidade média dos gêneros da microfauna encontrados no sistema. Legenda: CPF – Ciliados Predadores de Flocos; CLN – Ciliados Livre-Natantes; CF – Ciliados Fixos; ZFLG – Zooflagelados; TAMB – Tecamebas; MTZ – Metazoários; NI = Não identificado

Grupos	Gêneros	Frequência			Densidade
		Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Média
CPF	<i>Aspidisca</i>	5%	3%	18%	16
	<i>Euplotes</i>	0%	8%	0%	1
CLN	<i>Trachelophyllum</i>	31%	6%	5%	17,6
	<i>Paramecium</i>	0%	28%	3%	5,3
	NI	13%	14%	0%	7,3
CF	<i>Vorticella</i>	16%	0%	6%	11
	<i>Opercularia</i>	7%	3%	23%	20
ZFLG	NI	20%	36%	14%	22,6
TAMB	<i>Arcella</i>	8%	3%	32%	27
MTZ	<i>Aelossoma</i>	0%	0%	0%	0,3

A amostra 2 apresentou alta frequência relativa (36%) do grupo ZFLG, indicando a possível deficiência de aeração, má depuração e sobrecarga orgânica, porém houve um significativo decaimento em 19% do gênero *Trachelophyllum* e aumento de CLN sugerindo uma provável descarga de lodo. Segundo o estudo de Bento et al. (2005) em uma ETE de lodos ativados as concentrações de SS e a turbidez no efluente apresentaram relação diretamente proporcional com a densidade total da microfauna. Quanto maior a densidade de organismos nos reatores, maior também a concentração de sólidos no efluente. Provavelmente, os ZFLGs são os responsáveis por essa condição, pois estes organismos não se agregam aos flocos e por isso, saem do sistema junto com o efluente final.

Figura 2 - Protozoários presentes em maior frequência na ETE Tacaimbó. (a) *Aspidisca*, (b) *Opercularia sp* e (c) *Trachelophyllum* (aumento de 400 vezes)



Fonte: H. Mendonça (2018)

A amostra 2 apresentou alta frequência relativa (36%) do grupo ZFLG, indicando a possível deficiência de aeração, má depuração e sobrecarga orgânica, porém houve um significativo decaimento em 19% do gênero *Trachelophyllum* e aumento de CLN sugerindo uma provável descarga de lodo. Segundo o estudo de Bento et al. (2005) em uma ETE de lodos ativados as concentrações de SS e a turbidez no efluente apresentaram relação diretamente proporcional com a densidade total da microfauna. Quanto maior a densidade de organismos nos reatores, maior também a concentração de sólidos no efluente. Provavelmente, os ZFGLs são os responsáveis por essa condição, pois estes organismos não se agregam aos flocos e por isso, saem do sistema junto com o efluente final.

As tecamebas do gênero *Arcella* (Figura 4), juntamente com os CLN e CF, apresentaram frequência relativa maior na terceira amostra (Gráfico 2), indicando boas condições de depuração do efluente. Bento et al. (2005) afirma que a uma relação direta entre os grupos CPFs, CFs e ZFLGs e as remoções de DQO e DBO5, sendo maior a remoção quando os organismos pertencentes a esses 3 grupos são mais abundantes. Cita também a ocorrência em abundância de *Arcella sp*, *Euglypha sp* e *Aspidisca sp* relacionados com alto grau de estabilidade biológica do sistema, alta idade do lodo, boas remoções de DBO5 e condições de oxigenação favoráveis à nitrificação.

Figura 3 - *Arcella sp* (aumento de 400 vezes)

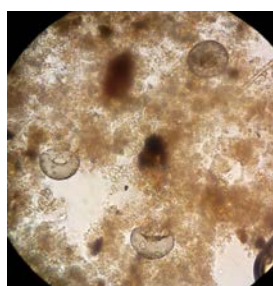
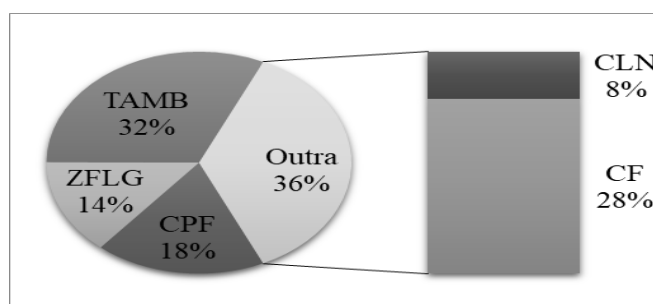


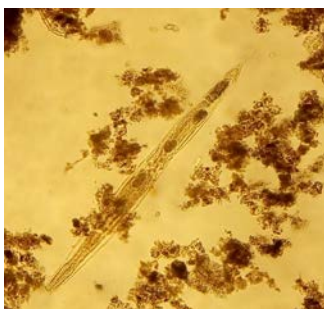
Gráfico 2 – Frequência relativa dos grupos da microfauna da amostra 3.



Fonte: H. Mendonça (2018)

Na amostra 3 foi identificado indivíduo do gênero *Aelossoma* (Figura 5), mas esse não apresentou frequência relativa suficiente para influenciar nos resultados. Jenkins et al (1993) relacionaram a presença de nematóides e tardígrados com a ocorrência de nitrificação no sistema, pois esses organismos apresentam extrema sensibilidade à presença de amônia.

Figura 4 – *Aelossoma* sp (aumento de 200 vezes)



Fonte: H. Mendonça (2018)

CONCLUSÕES

As características do processo, presumidas pelos organismos dominantes nos reatores, revelaram que em termos gerais o sistema indica boas condições de depuração, devido a presença de CFs, CLNs e TAMBs.

As análises microscópicas qualitativas, englobando os aspectos gerais dos flocos (tamanho, quantidade de filamentos, compactação, etc.) e a identificação das espécies dominantes são ferramentas indispensáveis para a caracterização imediata das condições depurativas do processo;

Na análise qualitativa é importante a avaliação global e sistêmica do lodo. A presença de uma única espécie da microfauna muitas vezes não deve ser utilizada como indicativo do desempenho do processo, por isso há a necessidade de associar a análise qualitativa com os dados físico-químicos do efluente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMMAN, R.; GLÖCKNER, F.O. NEEF, A. Modern methods in subsurface microbiology: in situ identification of microorganisms with nucleic acid probes. *FEMSMicrobiologyReviews*, v. 20(3-4), p. 191-200. 1997.
2. BENTO, A.P, et al. Caracterização da microfauna em ETE do tipo lodos ativados: um instrumento de avaliação e controle do processo. *Eng. Sanit. Ambiental*, v. 10(4), 329-33. 2005.
3. BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 16 maio 2011, p. 89.
4. CETESB. Microbiologia de Lodos Ativados. Séries Manuais. 1992.
5. COMPESA. Sistema de esgotamento sanitário de Tacaimbó está em fase de testes. Disponível em: <<http://servicos.compesa.com.br/sistema-de-esgotamento-sanitario-de-tacaimbo-esta-em-fase-de-testes/>>. 2016.
6. DA MOTTA, M. et al. Estudo do funcionamento de ETEs por análise de imagem: validações e estudo de caso. *Eng. Sanit. Ambiental*, v. 8(3), 170-181. 2003.
7. FREIRE, R. S. et al. Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas. *Química nova*, v. 23(4), p. 504-511. 2000.
8. HOFFMANN, H., PLATZER, C. Aplicação de imagens microscópicas do lodo ativado para a detecção de problemas de funcionamento das estações de tratamento de esgotos na Alemanha. In: I SEMINÁRIO DE MICROBIOLOGIA APLICADA AO SANEAMENTO, Anais...Universidade Federal do Espírito Santo, p. 108-120. 2000.
9. MADONI, P. A., Sludge biotic index (SBI) for the evaluation of the biological performance of activated sludge plants based on the microfauna analysis. *WaterResearch*, v. 28, n. 1, p. 67-75, 1994.
10. MENDONÇA, L. C. Microbiologia e cinética de sistema de lodos ativados como pós-tratamento de efluente de reator anaeróbio de leito expandido (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo). 2002.
11. METCALF & EDDY. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*, 3a ed., McGraw-Hill, 1.334p., Nova York, Estados Unidos. 1991.
12. OLIVEIRA, G. S. S., ARAÚJO, C. V. M. e FERNANDES, J. G. S. Microbiologia de sistemas de lodos ativados e sua relação com o tratamento de efluentes industriais: a experiência da Cetrel. *Eng. Sanit. Ambiental*, v. 14(2), 183-192. 2009.
13. POOLE, J.E.P.A. 1984. A study of the relationship between the mixed liquor fauna and plant performance for a variety of activated sludge sewage treatment works. *Water Research*, v. 18 (3), p. 281-287.