

II-506 – AVALIAÇÃO DA MICROFAUNA DE SISTEMAS DE LODO ATIVADO COM REMOÇÃO DE FÓSFORO

Maria Rafaella Alves da Silva⁽¹⁾

Técnica em Meio Ambiente pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Campus Limoeiro do Norte. Graduada em Saneamento Ambiental no IFCE, Campus Limoeiro do Norte.

Jarbas Rodrigues Chaves⁽²⁾

Tecnólogo em Saneamento Ambiental pelo Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC). Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental pelo IFCE, Campus Fortaleza. Técnico de Laboratório do IFCE, Campus Limoeiro do Norte.

Elivânia Vasconcelos Moraes dos Santos⁽³⁾

Tecnólogo em Gestão Ambiental pelo IFCE, Campus Fortaleza. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Dra. em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Professora do IFCE, Campus Limoeiro do Norte.

Endereço⁽¹⁾: Rua Tenente Sebastião , 1467 – Limoeiro do Norte – Ceará – CE – CEP: 62930-000 – Brasil – Tel: (88) 99337-5810 – e-mail: mariarafaella25@gmail.com

RESUMO

A análise da microfauna presente no lodo dos Reatores em Bateladas Sequenciais é de fundamental importância, quando o assunto é a sua eficiência, pois a distribuição de espécies e sua abundância têm sido apontadas como indicadores da qualidade do tratamento de efluentes, indicando o desempenho e eficiência do sistema de lodos ativados. Apesar da observação quantitativa e qualitativa da microfauna já ser conhecida largamente como controle de processos de lodos ativados, essa técnica ainda é pouco aprofundada, devido à necessidade de profissionais especializados para a identificação das espécies. Diante de tal importância, o objetivo da pesquisa foi conhecer a composição biológica desenvolvida em um sistema experimental de lodo ativado com remoção de nutrientes e correlacioná-la com as condições operacionais impostas no processo de estabilização da matéria orgânica, bem como a eficiência na remoção de DQO e fósforo, atingida pelo sistema sob duas condições comparáveis. Observou-se que os microrganismos encontrados como Vorticella e o Paramecium, estiveram com maior frequência quando o reator obteve uma maior eficiência na remoção de matéria orgânica e fósforo. Esses grupos microbianos ao serem encontrados em sistema de lodo ativado têm grande importância nos processos de purificação de efluentes, pois removem a matéria orgânica dissolvida, como bactérias formadoras de flocos e partículas em suspensão, clarificando o efluente. É possível concluir que, embora as análises de microfauna sejam ainda tão pouco utilizadas, são de extrema utilidade para uma melhor compreensão e otimização dos processos que ocorrem nos reatores biológicos, pois se trata de uma técnica de baixo custo que pode ser aplicada de forma cotidiana nas estações de tratamento de esgotos.

PALAVRAS-CHAVE: Microfauna, Lodo Ativado, Microrganismo, RBS.

INTRODUÇÃO

O tratamento de águas residuárias consiste na remoção de poluentes através da combinação de sistemas e tecnologias de tratamento físicas, químicas ou biológicas. O tratamento utilizando processos biológicos é uma das melhores alternativas, na qual consiste a decomposição da matéria orgânica do esgoto, através da utilização de microrganismos, podendo ser subdividido em tratamento aeróbio e anaeróbio (METCALF e EDDY, 2017). No tratamento biológico aeróbio, os microrganismos, mediante processos oxidativos, degradam as substâncias orgânicas, que são assimiladas como "alimento" e fonte de energia. Dentre os processos aeróbios, o sistema de lodo ativado é um dos mais aplicados e também, de maior eficiência.

Os sistemas de lodo ativado consistem em um tratamento aeróbio projetado para a remoção de matéria orgânica e nutrientes como nitrogênio e fósforo. Sua alta eficiência e o pouco espaço requerido fazem com que este tipo de processo seja uma opção atrativa (VAN HAANDEL E MARAIS, 1999).

O princípio do processo de lodo ativado baseia-se na oxidação bioquímica dos compostos orgânicos e inorgânicos presentes nos esgotos por uma população microbiana diversificada. Esses organismos são extremamente sensíveis às alterações no processo, alternando-se no sistema em resposta às mudanças nas condições biológicas, tendo destaque pela elevada susceptibilidade às condições ambientais, alguns grupos específicos como o de bactérias nitrificantes (oxidam nitrogênio amoniacal em nitrogênio nítrico ou nitroso).

A avaliação da microfauna de sistemas de lodo ativado é realizada pela microscopia através da observação do lodo. A análise de microrganismos a partir de microscópios ópticos pode determinar a natureza física e a abundância, além de identificação de diferentes grupos de organismos presentes. Esse tipo de observação também pode trazer informações a respeito da presença ou ausência de microrganismos considerados como indicadores de qualidade de sistemas de lodos ativados (SEDLAK, 1991).

A finalidade do presente estudo foi conhecer a composição biológica de um sistema experimental de lodo ativado com remoção de fósforo e correlacioná-la com as condições operacionais impostas no processo de estabilização da matéria orgânica presente no esgoto matriz, bem como avaliar a eficiência na remoção de DQO e fósforo, atingida pelo sistema sob condições específicas, tendo em vista o monitoramento da qualidade do lodo e consequentemente, a manutenção de um tratamento efetivo e estável. Além disso, pretendeu-se analisar a viabilidade de uso da microscopia óptica como uma ferramenta de acompanhamento operacional de sistemas de lodo ativado com remoção de fósforo.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa consistiu na avaliação da qualidade microbiológica do lodo de um sistema de lodo ativado em bateladas sequenciais com remoção de fósforo (RBS), como se mostra na **Figura 1**. O reator foi operado segundo as informações contidas na **Tabela 1**, consistindo de 4 ciclos diários com a sequência: (1) alimentação, (2) reação que consistiu em etapas alternadas sem e com aeração, (3) sedimentação e, (4) descarte do efluente tratado. O descarte de lodo de excesso era dado diariamente (0,2 L) para a manutenção de uma idade de lodo de 20 dias.



Figura 1: Sistema RBS

Tabela 1 – Características do Reator

Temperatura	20 °C
Volume	4 L
Idade de lodo	20 dias
Ciclos	4 ciclos

Como o esgoto matriz de alimentação do sistema utilizado (oriundo da instituição de ensino em que foi realizada a pesquisa) apresentava baixa concentração de material orgânico biodegradável solúvel (imprescindível na remoção de fósforo), foi necessário fazer a adição dessa fonte de matéria orgânica juntamente com esse esgoto, visto que o mesmo passava por uma caixa de recepção que removia parte da matéria orgânica antes de adentrar o sistema experimental, ou seja, o reator recebeu a suplementação de material orgânico para melhoria dos processos bioquímicos e melhor identificação de seus metabolismos, em

especial para a remoção de fósforo que exige a presença de um material rapidamente biodegradável que é armazenado pelo lodo poli-P na zona anaeróbia enquanto realiza a liberação de fósforo no meio líquido na forma de ortofosfatos.

No intuito de avaliar com mais profundidade a relação da remoção de fósforo com os dados microbiológicos, e tendo em vista a necessidade de adição de um substrato como fonte de carbono, o sistema foi operado em duas fases. A primeira fase era exclusivamente com adição de acetato de sódio (F1) na matriz de esgoto doméstico que apresentava baixa concentração in natura de DQO, e em seguida (F2) foram adicionados substratos solúveis biodegradáveis em alternância semanal (acetato de sódio e propionato de cálcio, no intuito de promover uma melhor eliminação do grupo competidor de bactérias acumuladoras de fósforo (PAOs), que são as bactérias acumuladoras de glicogênio (GAOs), que se comportam de forma similar às poli-P (PAOs) em ambientes sem e com aeração alternados, mas não removem o fósforo (TAYA, 2013).

Análises físico-químicas e monitoramento microscópico

O monitoramento do reator se deu por meio de análises físico-químicas convencionais e análises da microfauna. As análises físico-químicas realizadas foram: pH, DQO, Sólidos Suspensos Totais, Voláteis e Fixos, Ortofosfatos e Fósforo Total. Todas as análises foram feitas seguindo as recomendações do *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, APHA et al. (2012). Já o monitoramento microscópico seguiu-se o que dita o manual da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 1985).

As análises foram realizadas semanalmente; para cada amostragem foram separados de 5 a 10 mL do lodo do RBS em período do ciclo sob aeração, onde era analisado em um menor tempo possível (meia hora) evitando ultrapassar 2 horas, a fim de que fosse assegurada a vitalidade de toda comunidade microbiana presente na amostra. A avaliação consistiu na retirada prévia de uma alíquota de 100 mL do licor misto (mistura efluente e lodo), que era colocado em um tubo e levado para centrifugar durante 5 min a 2500 rpm. Após passar pela centrífuga o licor misto formava duas fases (líquido sobrenadante e sólido sedimentado); descartava-se parcialmente o sobrenadante, deixando apenas uma pequena parcela remanescente, para diluir com o lodo que havia sedimentado (5 a 10 mL concentrados), para melhor resultado tanto na hora da montagem da lâmina para observação no microscópio óptico, como para melhor identificação das espécies.

ESTUDO EM LABORATÓRIO

Na **Tabela 2** mostram-se os resultados de eficiência na remoção de matéria orgânica e ortofosfato obtidas nas duas fases do sistema (F1 e F2).

Tabela 2 - Desempenho na remoção de DQO e ortofosfato solúvel em cada fase operacional do sistema

Fonte de Carbono	Ortofosfato Afluente	Ortofosfato Efluente	% Remoção	DQO Afluente	DQO Efluente	% Remoção
Acetato (F1)	4,4 mg/L	4 mg/L	9	425 mg/L	103 mg/L	77
Acetato/Propionato (F2)	5 mg/L	2,2 mg/L	55	548 mg/L	88 mg/L	83

Juntamente com o estudo dos parâmetros físico-químicos, utilizou-se também a observação da microfauna. No monitoramento da microfauna existente no lodo, buscou-se identificar, através de análises microscópicas os microrganismos presentes no sistema de lodo ativado. Os organismos do lodo ativado podem ser classificados em seis grupos básicos: (1) Flagelados, (2) Amebas, (3) Ciliados Livre, (4) Ciliados Fixos, (5) Rotíferos e alguns (6) Invertebrados. Com o microscópio ajustado e conectado a uma TV, pode-se identificar os microrganismos dentro de seus respectivos grupos.

Durante o período de desenvolvimento deste trabalho foi possível identificar tanto na fase de alternância de substratos (acetato/propionato) quanto na fase sem alternância (apenas acetato) microrganismos dos grupos de Ciliados Fixos (CF) e Ciliados Livres (CL) como se mostra na **Figura 2**, e a estrutura do floco entre ideal, como se mostra na **Figura 3**. Apresentando maior quantidade (densidade) desses microrganismos na fase de alternância de substratos (F2) o que indica que a maior predominância de microrganismos acumuladores de

fósforo pode ser um fator de contribuição nessa maior concentração de ciliados. A presença de ciliados pedunculados está associada a um sistema de idade avançada e com geração de efluente de boa qualidade na remoção de matéria orgânica.



Figura 2 – Microrganismos encontrados no lodo ativado. (a) Ciliados Fixos (Vorticella) e (b) Ciliados Livres (Paramecium).



Figura 3 – Aspectos identificados dos flocos do lodo ativado (Floco Ideal).

A cada análise, os grupos foram classificados em ausentes, raros, frequentes e abundantes, como se mostra na **Tabela 3**. Todas as análises foram realizadas em duplicata. A partir dessas análises, pôde-se relacionar a presença dos grupos de organismos de determinadas espécies com o funcionamento do reator. Ainda na **Tabela 3**, mostra-se que apenas dois tipos de grupos foram encontrados em abundância no reator em ambas as fases com destaque à F2, onde o grupo de Ciliados Fixos (*Vorticella*) apresentou uma frequência rara e os Ciliados Livres (*Paramecium*) apresentaram uma frequência abundante.

Tabela 3 - Frequência dos grupos de microrganismos identificados nas amostras do lodo do RBS.

<i>Valores atribuídos à frequência dos microrganismos nas amostras</i>		
<i>Frequência</i>	<i>Classificação</i>	<i>Valores</i>
Não observados	Ausente	4
1 a 15	Raro	1
16 a 30	Frequente	0
> 30	Abundante	1

Pode-se verificar através dos resultados que o sistema apresentou melhor eficiência na remoção da matéria orgânica (83%) e fósforo solúvel (55%) com a fase de alternância de substrato, enquanto a fase sem alternância apresentou 77% e 9%, de eficiência na remoção de matéria orgânica e fósforo.

Em relação ao monitoramento da microfauna, a predominância de Ciliados Fixos e Ciliados Livres indica boas condições de depuração do sistema, operação estável e formação de flocos com boas características de sedimentabilidade. Os ciliados têm grande importância nos processos de purificação de efluentes, pois removem a matéria orgânica dissolvida, como bactérias formadoras de flocos e partículas em suspensão, e clarificam o efluente por filtração.

A presença dos ciliados demonstrou ser indicativo da qualidade do tratamento quanto à carga de DQO e ortofosfato. Pois, uma maior frequência desses grupos indicou menor carga de DQO e ortofosfato no efluente, e consequentemente, melhor qualidade do efluente. Os resultados de DQO podem ser comparados com os resultados obtidos por Bento et al. (2005), quando os ciliados foram associados à elevada remoção de DQO.

Os flocos classificados como ideal apresentam características predominantemente médios e grandes; são firmes compactos; os filamentos não interferem; apresenta o Índice Volumétrico de Lodo (IVL) baixo e boa sedimentação.

CONCLUSÕES

A investigação microscópica da biomassa de sistemas de lodo ativado informa importantes relações do comportamento do processo de tratamento biológico. Os objetivos mais relevantes do processo de lodos ativados consistem em reduzir a carga de poluição a níveis pré-determinados e aceitáveis, e produzir um efluente clarificado.

Para tanto, os microrganismos desempenham um papel fundamental, e sua caracterização se torna um indicador importante no controle operacional do processo. Foi notado que pode ocorrer uma relação entre parâmetros microscópicos com análises físico químicas convencionais e que a alternância de substratos solúveis diferencia em termos de densidade microbiológica relativa a um grupo de microrganismos, tendo sido notada a predominância dos ciliados nas duas fases, porém em maior predominância na fase (F2), com alternância entre acetato e propionato na entrada de esgotos.

Embora as análises de microfauna e caracterização do floco sejam ainda tão pouco utilizadas, pode-se perceber que é de extrema utilidade para uma melhor compreensão e otimização do processo que ocorre nos reatores biológicos. Através desse estudo pode-se observar que os protozoários (Ciliados Fixos e Ciliados Livres) fornecem informações úteis sobre a atividade biológica do lodo, podendo avaliar a qualidade do efluente e o desempenho da estação, além de atuarem como polidores dos efluentes.

Pode-se observar que a segunda fase (F2) onde houve alternância do material orgânico, obteve um melhor resultado, visto que quando o RBS foi alimentado com o efluente adicionado de acetato, este obteve uma eficiência na remoção de matéria orgânica de 77% e de fósforo solúvel de 9%, já com o efluente adicionado de acetato e propionato apresentou 83% e 55%, de eficiência na remoção de matéria orgânica e fósforo, havendo um aumento da eficiência. Permitindo inferir que quanto maior a remoção de DQO e ortofosfato, como obtido na fase (F2), maior a quantidade (densidade) dos microrganismos existentes no efluente e menor é a carga de DQO e ortofosfato; resultando assim em uma melhor qualidade do efluente final.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, AWWA, WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington, DC, 22th Ed. 2012.
2. CETESB. Manual Técnico da microbiologia para sistemas de lodos ativados operando com esgotos domésticos. São Paulo, SP, 1985. 43 p
3. METCALF e EDDY, Wastewater engineering: treatment and reuse. McGraw Hill, 4th Edition, 2003. 1819 p.
4. SEDLAK, R. Introduction. Phosphorus and Nitrogen Removal from Municipal Wastewater: Principles and Practice. T. S. a. D. A. Richard I. Sedlak Technical Director, New York, NY. New York:pp. 1-2.
5. VAN HAANDEL, A. C., MARAIS, G. R. O Comportamento do sistema de lodo ativado: teoria e aplicações para projetos e operações. Campina Grande: Epgraf, 1999. 472 p.
6. TAYA, C.; GARLAPATI, V. K.; GUIASOLA, A.; BAEZA, J.A. The selective role of nitrite in the PAO/GAO competition. Chemosphere. 93, pp. 612-618, 2013
7. BENTO, A.P. et al. Caracterização da microfauna em estação de tratamento de esgotos do tipo lodos ativados: um instrumento de avaliação e controle do processo. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 10, n. 4, p. 329-338, 2005