

D O S S I Ê T É C N I C O

Identificação da microfauna presentes em sistema de tratamento tipo Lodo Ativado em curtume

Horst Mittereager Júnior

SENAI-RS

Centro Tecnológico do Couro

**Outubro
2011**



Sumário

1 INTRODUÇÃO	3
2 OBJETIVOS	4
3 DIAGNÓSTICO OPERACIONAL DO SISTEMA BIOLÓGICO DE EFLUENTES A PARTIR DA IDENTIFICAÇÃO DA MICROFAUNA EM LODO ATIVADO	4
3.1 DISTRIBUIÇÃO DOS ORGANISMOS NO SISTEMA	6
4 FALHAS OPERACIONAIS QUE COMPROMETEM O SISTEMA BIOLÓGICO	7
4.1 Bulking Filamentoso	7
4.2 Sistema tipo “Pin Point”	8
5 METODOLOGIA DE ANÁLISE	9
5.1 Coleta das amostras	9
5.2 Análise das amostras	9
6 RELAÇÃO ENTRE A IDENTIFICAÇÃO DA MICROFAUNA E PROCESSOS OPERACIONAIS	10
6.1 Protozoários	11
6.1.1 Protozoários Ciliados (Ciliophoro)	11
6.1.2 Protozoários Flagelados (Masthigophora)	12
6.1.3 Protozoários Amebóides (Sarcodina)	13
6.2 Rotíferos	14
6.3 Bactérias	15
7 CORRELAÇÃO ENTRE A DENSIDADE TOTAL DA MICROFAUNA E PARÂMETROS OPERACIONAIS	17
Conclusões e Recomendações	19
Referências	20
Anexo	20



Título

Identificação da microfauna presente em sistema de tratamento tipo Lodo Ativado em curtume

Assunto

Tratamento de águas residuais de indústrias para prevenção da poluição

Resumo

Entre os sistemas biológicos comumente empregados para o tratamento biológico dos efluentes líquidos de curtumes está o tratamento através de Lodo Ativado. Este tem por base a presença de microrganismos, destacando-se os protozoários e bactérias filamentosas, que permitem a decomposição da matéria orgânica oriunda da produção em substâncias que podem ser facilmente removidas do sistema. O dossiê a ser apresentado propõe-se a realizar um relato interpretativo das principais espécies de microrganismos encontrados neste sistema de tratamento, facilitando seu monitoramento pelos operadores e melhorando sua funcionalidade. Os dados utilizados provêm de um banco de dados montado a partir de resultados analíticos de diferentes efluentes industriais de curtume analisados ao longo dos anos pelo laboratório de Biologia do Centro Tecnológico do Couro - SENAI/RS.

Palavras-chave

Bactéria filamentosa; controle de processo; couro; curtume; efluente líquido; impacto ambiental; lodo ativado; microbiologia ambiental; pele; tratamento de efluente industrial

Conteúdo

1 INTRODUÇÃO

Segundo Programa de Controle de Poluição ([198-]) o equilíbrio de um ecossistema caracteriza-se pela capacidade deste em assimilar, transformar ou eliminar continuamente a matéria ou energia. A partir do momento que um ecossistema apresenta acúmulo de matéria ou energia, pode-se considerar que este ecossistema está em desequilíbrio e, portanto contaminado. Dentre os tipos de contaminação temos as biológicas (bactérias, protozoários e vegetais), as físicas (calor, ruído e radiação) e as químicas (metais, hidrocarbonetos, praguicidas e etc.).

Devido ao desenvolvimento tecnológico a contaminação química, indubitavelmente, tem merecido maior atenção em nossa sociedade. Este fato ocorre pois as substâncias sintetizadas pelo homem têm aumentado de maneira quase exponencial.

Procurando minimizar os impactos industriais, foram criadas diferentes operações com o objetivo de tratar o efluente produzido pela indústria, destacando-se os sistemas biológicos ou secundários, complementares ao físico químico ou primário.

Estes sistemas biológicos têm por base a presença de microrganismos que vem a formar um ambiente complexo, possibilitando o atendimento aos parâmetros operacionais pré-estabelecidos, estando na compreensão das inter-relações entre os diferentes organismos um dos pontos fundamentais para o diagnóstico de sua eficiência.

2 OBJETIVOS

Entre as operações comumente empregadas para o tratamento biológico dos efluentes líquidos de curtumes está o sistema tipo Lodo Ativado, o qual opera na presença de microrganismos decompositores. Neste sistema, destacam-se os protozoários e bactérias filamentosas, que permitem a decomposição da matéria orgânica oriunda da produção em substâncias que podem ser facilmente removidas do sistema.

Este dossiê propõe-se a realizar um relato interpretativo das principais espécies de microrganismos encontrados neste sistema de tratamento, facilitando seu monitoramento pelos operadores e melhorando sua funcionalidade. As informações utilizadas provêm de um banco de dados montado a partir da associação entre diferentes bibliografias consultadas, participação em eventos científicos e de resultados analíticos de diferentes efluentes industriais de curtime analisados desde o ano de 1996 pelo laboratório de Biologia do Centro Tecnológico do Couro – SENAI-RS.

3 DIAGNÓSTICO OPERACIONAL DO SISTEMA BIOLÓGICO DE EFLUENTES A PARTIR DA IDENTIFICAÇÃO DA MICROFAUNA EM LODO ATIVADO

Um sistema de tratamento de efluentes industriais tem por objetivo a minimização dos impactos ambientais gerados pelos processos produtivos, tendo sua eficiência determinada pela redução da carga tóxica do efluente lançado no corpo receptor, exigindo portanto um rigoroso controle operacional de suas diferentes fases.

Estes sistemas desempenham a função de depuração adequada ao fator de biodegradabilidade do efluente, dependendo assim de fatores físico químicos do meio, como por exemplo, a temperatura, o pH e a concentração de oxigênio dissolvido, que influenciam nos fenômenos biológicos envolvidos (CLASS; MAIA, 1994). Este princípio baseia-se na oxidação bioquímica dos compostos orgânicos e inorgânicos presentes no sistema, medida pela população microbiana diversificada e mantida em suspensão (BENTO et al., 2005).

O uso de lodos ativados ainda é uma das metodologias mais utilizadas, a qual, tem como princípio a oxidação bioquímica de compostos orgânicos e inorgânicos pela ação de uma variada microbiota mantida em um sistema aeróbico. Esta microbiota tem como principais agentes a presença de bactérias, fungos, protozoários e micrometazoários, constituindo um pequeno sistema de elevada complexidade (BENTO et al., 2005), conforme Figura 1 e 2.

Ainda, segundo Class e Maia (1994, p. 316 e 317):

Os lodos biológicos são sistemas de depuração biológica de resíduos líquidos por via aeróbia. A carga orgânica é depurada por colônias de microrganismos heterogêneos que vem a constituir o floco biológico [...]. O sistema é mantido basicamente por um reator biológico aerado artificialmente, onde ocorre a sedimentação dos flocos biológicos.



Figura 1- Exemplo do sistema tipo Lodo Ativado
 Fonte: (LWARCEL, 2007)

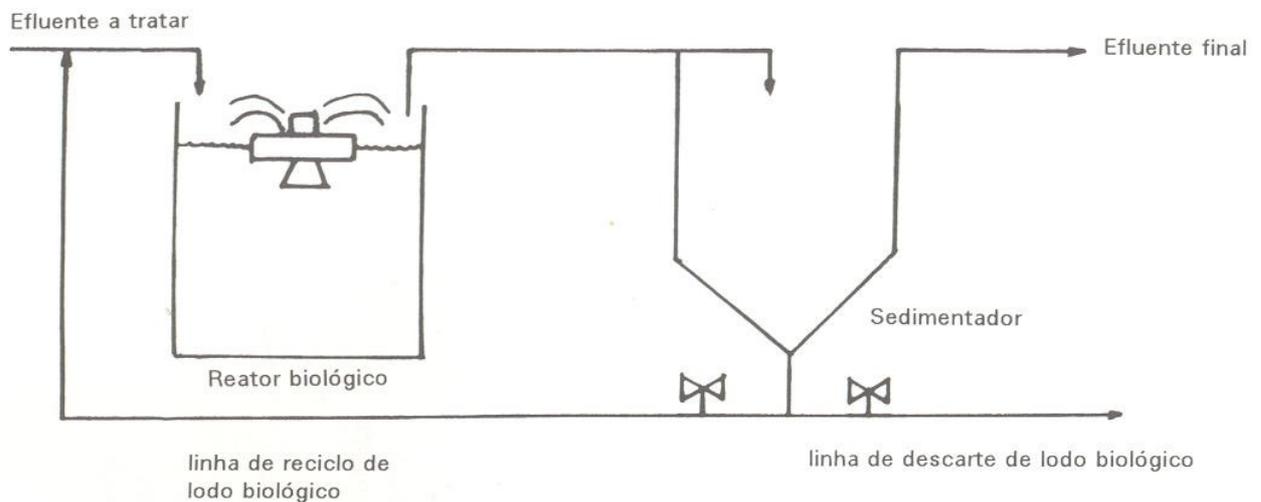


Figura 2 – Sistema Biológico tipo Lodo Ativado
 Fonte: (CLASS; MAIA, 1994)

Entre estes microorganismos decompositores, as bactérias, do tipo saprófitas, são responsáveis pela remoção da matéria orgânica, a qual é captada por adsorção (quando na forma particulada ou em suspensão) ou por absorção (quando na forma dissolvida) sendo também responsáveis pela estabilização do floco, facilitando sua retirada do sistema. Neste contexto, a presença de protozoários tem sua importância como organismos predadores das bactérias não floculadas, evitando assim um excessivo aumento da população bacteriana (CLASS; MAIA, 1994).

Portanto, em um sistema considerado ideal, os protozoários apresentam uma boa sedimentação, o sobrenadante apresenta-se claro e o floco (formador do Lodo Ativado) pode ser identificado como grande e firme, pouco fragmentado, onde os filamentos bacterianos não interferem em sua sedimentação, conforme Figura 3.

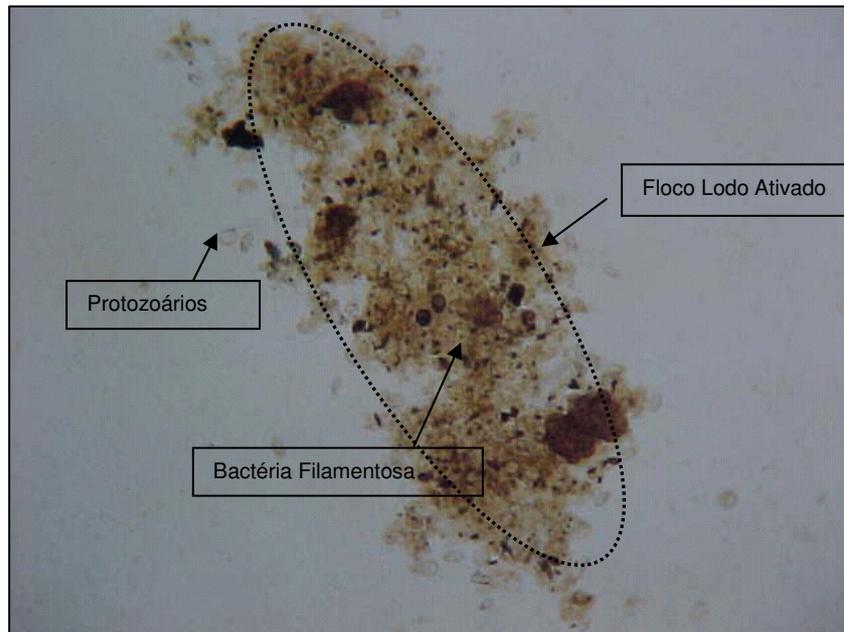


Figura 3 - Presença de um floco considerado ideal, onde podem ser identificados protozoários, um floco firme e presença de bactérias filamentosas em seu interior
 Fonte: (Elaborado pelo autor)

3.1 DISTRIBUIÇÃO DOS ORGANISMOS NO SISTEMA

Segundo Class e Maia (1994) além da identificação dos diferentes grupos de microrganismos que compõe o tratamento biológico, se deve também considerar as inter relações entre estes, destacando-se as diferentes fases de maturidade do sistema e suas características determinantes.

Na figura 4 observa-se um diagrama de predominância relativa, onde no eixo horizontal tem-se uma concentração de matéria orgânica ou DBO e uma dada massa de microrganismos, onde a partir a divisão do primeiro pelo segundo tem-se a relação alimento/microrganismo para um determinado ponto. Neste diagrama pode-se identificar as seguintes fases:

- Ponto A: refere-se ao início de operação do sistema. Neste ponto tem-se a máxima oferta de alimento não ocorrendo a predominância de nenhum dos grupos de microrganismos.
- Ponto B: predominância de organismos do grupo dos Sarcodinas, os quais são característicos de ambientes ricos em alimentos.
- Ponto C: ainda pode ser considerada uma fase jovem do lodo ativado. Neste ponto destacam-se os protozoários flagelados que alcançam a maior concentração e sua elevada concentração promove a remoção de oxigênio do sistema. Este ponto também caracteriza um lodo de baixa sedimentabilidade.
- Ponto D: neste ponto destacam-se a presença de protozoários ciliados livres e bactérias. O lodo ativado apresenta boa decantabilidade e a DBO₅ do efluente final é baixa.
- Ponto E: neste ponto os protozoários ciliados pedunculados e os vermes (rotíferos e nematóides) atingem seu maior número. A taxa de oxigênio dissolvido diminui devido a redução na conversão de alimento em material celular. As grandes dimensões e o baixo nível de atividade dos vermes e protozoários ciliados pedunculados causam uma rápida sedimentação do lodo ativado. A redução da população bacteriana resulta em um floco de

dimensões menores e de aparência granular.

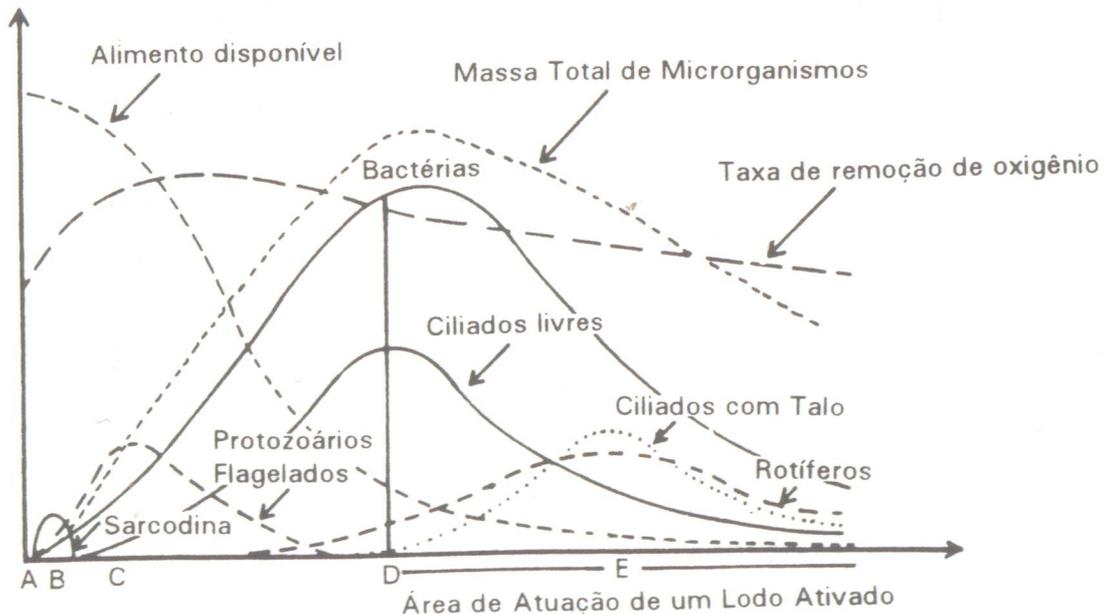


Figura 4 – Diagrama de Predominância relativa
Fonte: (CLASS; MAIA, 1994)

4 FALHAS OPERACIONAIS QUE COMPROMETEM O SISTEMA BIOLÓGICO

A correta operação de um sistema tipo Lodo Ativado deve-se observar que este é muito sensível às variações operacionais, onde alterações nos parâmetros pré-estabelecidos, como temperatura, pH, carga de choque, concentração de oxigênio dissolvido entre outras, podem levar a um desequilíbrio ambiental, interferindo na concentração e viabilidade dos microrganismos que compõe o tratamento biológico.

De maneira geral, as causas que levam a distúrbios no sistema, e que foram identificadas pelas análises realizadas no laboratório de biologia do SENAI-RS, podem estar associadas a:

- Flutuação na vazão, na concentração do despejo, interferindo na concentração de matéria orgânica, no pH, na temperatura e na disponibilidade de nutrientes;
- Carga de choque;
- Variação da concentração de oxigênio dissolvido;
- Reciclo de lodo deficiente;
- Presença de substâncias tóxicas aos microrganismos formadores do lodo, principalmente protozoários;
- Substâncias tóxicas em baixas concentrações como fenol, hidrocarbonetos clorados, substâncias halogenadas, metais pesados e outras podem provocar a diminuição ou morte de todos os organismos que compõe o lodo.

Um exemplo destes interferentes pode ser identificado quando ocorre um *Bulking* Filamentoso ou a presença de um sistema tipo *Pin Point*.

4.1 *Bulking* Filamentoso

O *bulking* filamentoso pode ser caracterizado pelo desequilíbrio das relações entre os microrganismos formadores do sistema tipo Lodo Ativado, promovendo entre outros problemas a redução da concentração de protozoários e o predomínio de bactérias filamentosas que ultrapassam os limites dos flocos. Neste sistema ocorre um prejuízo na sedimentação e compactação dos mesmos, promovendo em muitos casos o intumescimento do lodo ou *bulking* filamentoso. O flocos apresenta-se grande e firme, interferindo com a sedimentação ou compactação do lodo (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2002; BENTO et al., 2005), conforme Figura 4.

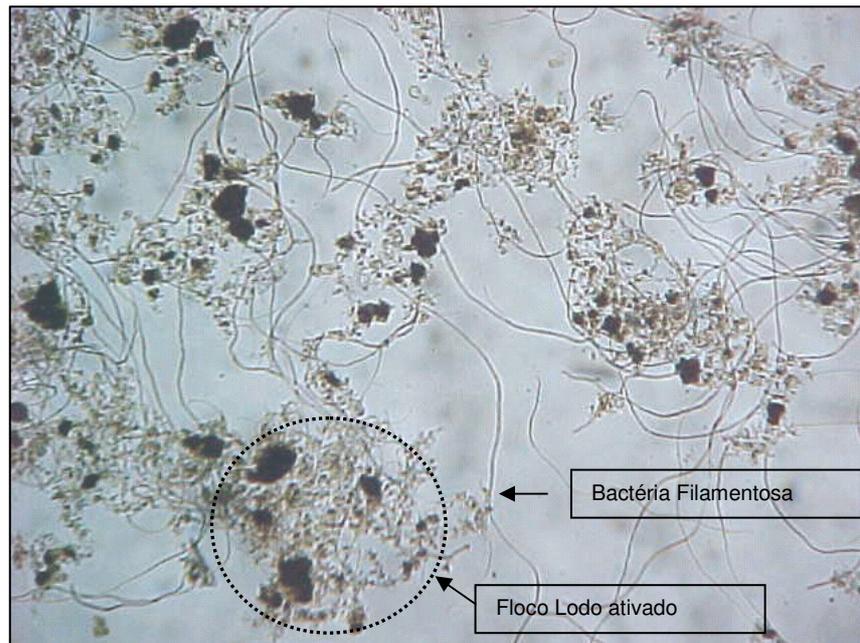


Figura 4 - Excesso de organismos filamentosos em amostra de Lodo Ativado classificado como *bulking* filamentoso

Fonte: (Elaborado pelo autor)

Nestas situações o flocos, formador do Lodo Ativado, apresenta-se leve provocando um arraste de sólidos juntamente com o efluente. Ocorre um aumento da concentração de carga orgânica lançada, como DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e nitrogênio, alterando o padrão de lançamento do efluente e diminuindo a concentração de sólidos no reator biológico (CETESB, 2002).

Entre as causas que levam ao aparecimento do *Bulking* Filamentoso destaca-se:

- OD Baixo (0,1 – 0,5 mg/l)
- Relação F:M
- Efluente Tóxico/ Sulfetos
- Limitação de Nutrientes
- pH baixo (< 6,5)

- Desenvolvimento de fungos

4.2 Sistema tipo *Pin Point*

Em outra situação a presença de um sistema identificado como *Pin Point* pode ser caracterizado como a ausência de bactérias filamentosas, levando a dificuldade de remoção de sólidos do sistema devido à dificuldade de formação do floco, estando este pequeno e fraco, havendo um sobrenadante turvo. Pelas características de ausência de microfauna deve-se suspeitar da entrada de substâncias tóxicas a biota, tanto provenientes de produtos utilizados no processo produtivo, como dos provenientes do tratamento do efluente, conforme Figura 5.

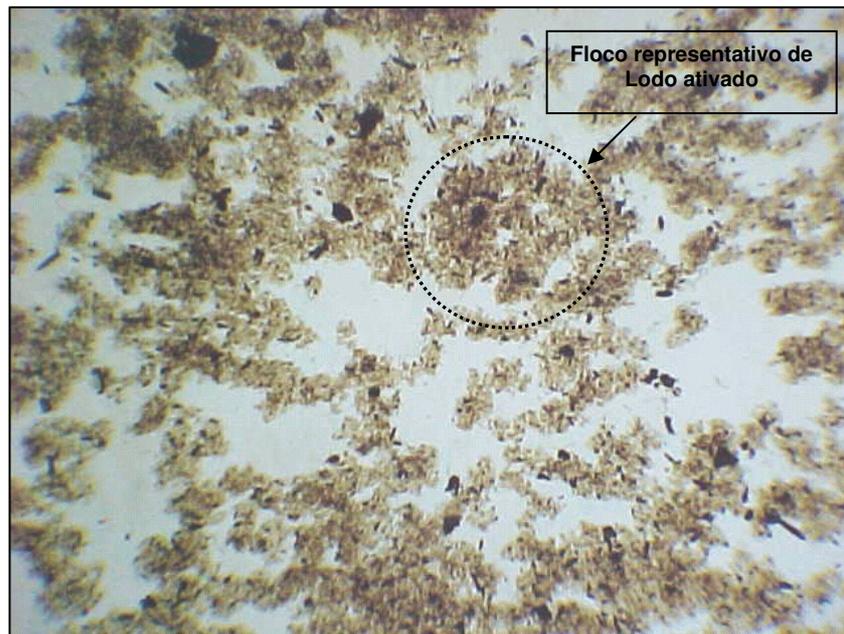


Figura 5 - Ausência de bactérias filamentosas e protozoários, formando um floco frágil, dificultando sua retirada do sistema

Fonte: (Elaborado pelo autor)

5 METODOLOGIA DE ANÁLISE

A análise dos organismos é realizada com o uso de técnicas microscópicas que permitem caracterizar a microfauna presente no lodo biológico, onde podem ser observadas: as características do floco; presença de crescimento disperso fora do floco; identificação de partículas estranhas ao sistema (resíduos de plantas, serragem, cinzas, ferro, sulfeto, argila e etc.); presença de formas de vida avançadas (larvas de insetos); e microrganismos filamentosos e protozoários (Adaptado de SAAR, [198-]).

5.1 Coleta das amostras

Recomenda-se realizar a coleta das amostras no próprio tanque de aeração, próximo a sua saída, utilizando frascos de polietileno, propileno ou de vidro âmbar e preenchendo estes até a metade do volume para garantir a presença de oxigênio. Considera-se adequado realizar a análise logo após a coleta. No caso de transporte este deve ser realizado com gelo e acondicionado em geladeira. O volume de amostra pode ser de aproximadamente 10 ml, no entanto recomendam-se volumes maiores (500ml) para a realização de contra provas (CETESB, 1992).

5.2 Análise das amostras

Tendo também por objetivo o registro dos dados observados, sugere-se a montagem de planilhas de acompanhamento dos resultados encontrados onde se adota um índice, conforme a quantificação de bactérias filamentosas por floco, permitindo assim o acompanhamento de possíveis variáveis que possam ocorrer no sistema, segue exemplo no Quadro 5 (Adaptado de SAAR, [198-]).

Índice	Contagem	Observação
0	Ausente	-
1	Poucos	-
2	Alguns	Não em todos os flocos
3	Comuns	Em todos os flocos
4	Bastante comuns	20 p/ floco
5	Abundantes	> 20 p/ floco
6	Excessivos	> 50 p/ floco

Quadro 5 - Índice de bactérias encontradas por flocos
Fonte: (Adaptado de SAAR, [198-])

O Quadro 6 apresenta uma sugestão para a contagem de protozoários utilizando o microscópio óptico. Inicialmente deve ser observado com um aumento de 100x (vezes) o aspecto geral da amostra e a seguir, com aumento de 400x (vezes) os detalhes, como a identificação dos organismos. Recomenda-se a contagem dos primeiros 100 organismos em 20 campos da lâmina.

Índice	Classificação
0	ausentes
1	1-5 por lâmina
2	6-10 por lâmina
3	11-25 por lâmina
4	26-50 por lâmina
5	51-100 por lâmina
6	> 100 por lâmina

Quadro 6 - Índice de protozoário conforme a contagem
Fonte: (Adaptado de SAAR, [198-])

Podem ser utilizadas ainda câmaras de contagem, para a quantificação de algas e bactérias filamentosas presentes no sistema, conforme Quadro 7. O uso de corantes (*Gram*, *Neisser*, etc.) facilita a identificação dos organismos, principalmente bactérias filamentosas (CETESB, 1992).

Tipo	Câmara	Profundidade	Área	Volume
Sedgwick-Rafter	Contagem Mista	1 mm	1mm ²	1 ml
Palmer-Maloney	Contagem Mista	400 µm	250 mm ²	0,1 ml
Petroff-Hausser	Contagem Bactérias	0,02mm	0,02 mm	0,00018ml

Quadro 7 – Câmara para contagem de algas
Fonte: (Adaptado de VALER, 2000)

Estas metodologias devem ser uma prática de avaliação a ser implantada na rotina operacional.

6 RELAÇÃO ENTRE A IDENTIFICAÇÃO DA MICROFAUNA E PROCESSOS OPERACIONAIS

A relação entre a descrição dos organismos encontrados e sua ocorrência, também tem se mostrado uma ferramenta útil para o diagnóstico das condições de tratamento. A seguir são descritos determinados organismos encontrados no lodo biológico e seus significados na compreensão do sistema de tratamento. No Anexo segue uma lista de *sítes* com mais informações sobre os organismos que serão descritos neste capítulo.

6.1 Protozoários

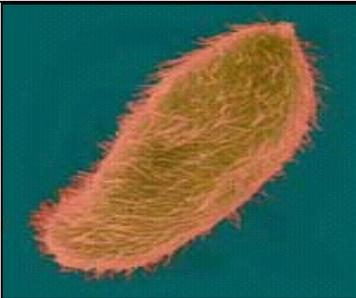
Dentre os organismos que compõe o sistema biológico, tem-se o grupo dos protozoários, que podem ser assim classificados: (VALER, 2000).

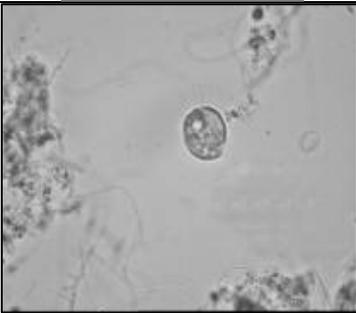
6.1.1 Protozoários Ciliados (*Ciliophora*)

Locomovem-se através de cílios, que recobrem o organismo em arranjos diferentes dependendo da espécie, sendo semelhantes a flagelos, porém menores e mais numerosos. Seu grupo pode ser dividido em:

- **Ciliados livres:** seu excesso pode indicar uma carga alta e oxigenação abaixo da média;
- **Ciliados reptantes:** seu excesso pode indicar uma carga orgânica normal e oxigenação acima da média;
- **Ciliados fixos:** seu excesso pode indicar uma carga orgânica normal até baixa, e uma oxigenação acima da média;
- **Ciliados reptantes:** seu excesso pode indicar uma carga orgânica alta e oxigenação abaixo da média;
- **Ciliados carnívoros:** seu excesso pode indicar uma carga orgânica normal até baixa e oxigenação acima da média.

De acordo com o gênero de protozoários ciliados encontrados nas análises, os seguintes diagnósticos podem ser realizados, conforme Quadro 7:

Microrganismo	Característica do lodo em função do substrato	Apresentação
<i>Paramecium sp</i>	Lodos pouco oxigenados.	

<i>Charchesium sp</i>	Característico de lodo bem desenvolvido e bem oxigenado.	
<i>Tokophrya sp</i>	A presença de ciliados aspirantes, como do gênero <i>Tokophrya sp</i> é um sinal particular da estabilidade do Lodo Ativado.	
<i>Epistylis sp</i>	É encontrado em lodos ativados bem oxigenados. A presença de numerosos cistos no Lodo Ativado significa sempre que houve bruscos picos na carga orgânica do reator.	
<i>Aspidisca sp</i>	Se o lodo é rico em <i>Aspidisca</i> pode indicar um transbordo do decantador secundário límpido.	
<i>Vorticella sp</i>	É característico de lodo bem desenvolvido, bem oxigenado e em ótimas condições de operação. Os valores mínimos de oxigênio (O ₂) não diminuem quase nunca abaixo de 2 mg/L (<i>Vorticella convallaria</i>). Oxigênio abaixo de 1 mg/l é caracterizado pela presença de <i>Vorticella microstoma</i> .	

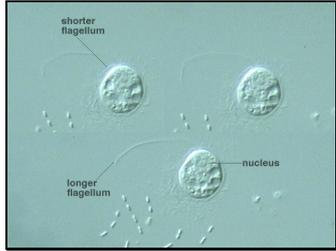
Quadro 7 – Identificação de protozoários encontrados em Estação de Tratamento de Efluentes - ETE e seu significado ecológico

Fonte: (Elaborado pelo autor)

6.1.2 Protozoários Flagelados (*Masthigophora*)

Microorganismos que possuem flagelo, estruturas filamentosas, variáveis ou não, associados a sua locomoção e que podem ter cor bastante variável dependendo dos pigmentos a ele associados. Via de regra são maiores que as bactérias, todavia a maior parte destes organismos unicelulares a muito custo alcançam as dimensões de frações de milímetros. Seu nome deve-se a um ou mais filamentos em forma de flagelo, mediante o qual conseguem mover-se. A nutrição se dá por células mortas, material dissolvido e particulado.

De acordo com o gênero de protozoários flagelados encontrados, os seguintes diagnósticos podem ser realizados, conforme Quadro 8:

Microrganismo	Característica do lodo em função do substrato	Apresentação
<i>Monas sp</i>	Carga orgânica alta Lodo suboxigenado A faixa de contagem máxima de 6 organismos é considerada normal.	
<i>Chilomonas sp</i>	Carga orgânica alta Lodo suboxigenado	

Quadro 8 – Identificação de protozoários flagelados encontrados em ETE e seu significado ecológico
Fonte: (Elaborado pelo autor)

6.1.3 Protozoários Amebóides (*Sarcodina*)

Caracterizam-se pela presença de pseudópodos, podendo ser do tipo lobóide (amebas), rizópode ou reticulópode (amebas e foraminíferos) ou axópode (heliozoários e radiolários). O nome ameba deve-se a sua capacidade de mudar sua forma, entretanto os vários tipos de amebas apresentam claras diferenças na formação de prolongamentos temporários, denominados “pseudópodos”. Nutrem-se de partículas dissolvidas e material particular. A presença maciça de amebas em um Lodo Ativado indica que o mesmo encontra-se em uma fase preliminar de atividade (lodo jovem). As amebas podem ser assim subdivididas:

- Amebas não encapsuladas: indicam lodo suboxigenado e possível choque de carga orgânica;
- Amebas encapsuladas: indicam lodo superoxidado e o funcionamento de sistemas de nitrificação.

No Quadro 9 segue exemplo de ameba encontrada em Lodo Ativado e seu significado ecológico.

Microrganismo	Característica do lodo em função do substrato	Identificação
Arcella sp.	Indicando uma boa depuração. A faixa de contagem máxima de 3 a 4 organismos é considerada normal.	

Quadro 9 – Identificação de protozoários sarcodinas encontrados em ETE e seu significado ecológico
Fonte: (Elaborado pelo autor)

Somam-se aos organismos listados, os protozoários podem vir a formar cistos de proteção (envoltório de proteção que o protegerá quando estiver em meio impróprio ou em fase de latência), os quais quando encontrados evidenciam a existência de condições inadequadas a sua sobrevivência, tornando-se um bioindicador de qualidade do sistema. Esta condição deve ser acompanhada, ao mesmo tempo em que deve-se buscar as reais causas para este evento.

6.2 Rotíferos

Uma característica típica é a presença de seu “pé” que possui “dedos” que servem para ancoragem e movimentos. Sua “cabeça” possui um aparato rotatório constituído de cílios. Estes cílios são usados para a movimentação e captura de alimento para a boca. As espécies mais encontradas são a *Keratella sp* e a *Philodina sp*. São muito sensíveis a substâncias tóxicas e a variações de carga.

De acordo com o gênero de rotíferos encontrados, os seguintes diagnósticos podem ser realizados, conforme Quadro 10:

Microrganismo	Característica do lodo em função do substrato	Identificação
<i>Cephalodella sp</i>	Encontra-se no lodo de instalações submetidas a baixas cargas. Isto pode ser compreendido pelo fato que o oxigênio requerido por esta espécie é de ordem de 3mg/l.	
<i>Proales sp</i>	Caracteriza um lodo velho ou indica uma estação com carga normal insuficiente.	
<i>Keratella sp</i>	São muito sensíveis a substâncias tóxicas e a variações de carga.	
<i>Philodina sp</i>	São muito sensíveis a substâncias tóxicas e a variações de carga.	

Quadro 10 – Identificação de rotíferos encontrados em ETE e seu significado ecológico
Fonte: (Elaborado pelo autor)

Além dos Rotíferos, podem ser encontradas outros metazoários no sistema de tratamento biológico outras formas de vida que não tem relação com o tratamento biológico como: *Nematódeos, Tardígrades, Aelosoma, Gastrotricha, Ostracodas, Acarídeos, Copépodos e Mooscas* (SAAR, [198-]).

6.3 Bactérias

A partir de sua identificação, os seguintes grupos de bactérias filamentosas podem ser encontrados no lodo biológico (AYMA, [2011]):

- ***Beggiotoa sp***: como principal característica não possui ramificações, mas movimenta-se por deslizamento. Não tem membrana ligando os filamentos. Desenvolve-se no sedimento do lodo dos reatores e, freqüentemente representa uma insuficiente turbulência ou defeito no sistema hidráulico do reator. Característica de ambientes ricos em sulfetos. Na Figura 6 pode-

se observar uma *Beggiotoa sp.*

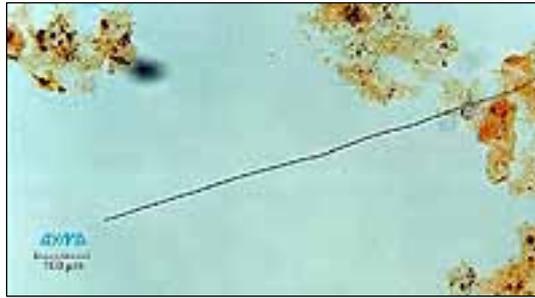


Figura 6 - Vista em microscopia de *Beggiotoa sp*
Fonte: (Elaborado pelo autor)

- **Tipo 1701, *Sphaerotilus natans*, *Haliscomenobacter hydrossis*** (FIG. 7): é encontrada em condições de *bulking* filamentosos (dificuldade do floco em sedimentar). Normalmente são características de reduzida concentração de oxigênio dissolvido (0,1 – 0,5mg/L).



Figura 7 - Tipo 1701 (A), *Sphaerotilus natans* (B), *Haliscomenobacter hydrossis* (C)
Fonte: (Elaborado pelo autor)

- ***Microthrix parvicella*, *Haliscomenobacter hydrossis*, *Nocardia sp.*, tipos 021N, 0041, 0675, 0092, 0581, 0961**: a presença destas espécies indicam uma relação desigual entre a concentração de matéria orgânica presente e a de bactérias. Nas Figuras 8 e 9 pode-se observar exemplos destas espécies;

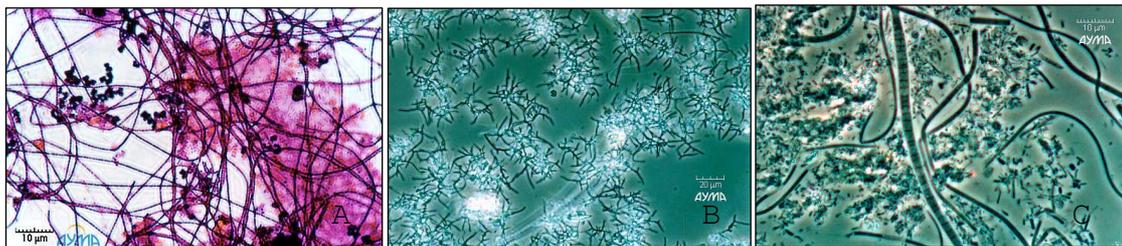


Figura 8 - *Microthrix parvicella* (A), *Nocardia sp* (B), Tipo 021N (C)
Fonte: (Elaborado pelo autor)

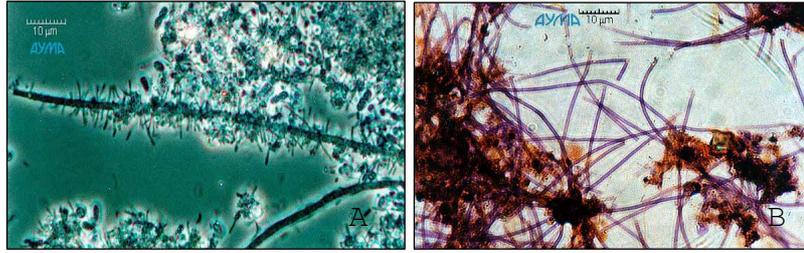


Figura 9 – Tipo 0041(A), Tipo 0092(B)
Fonte: (Elaborado pelo autor)

- ***Thiotrix sp*, *Beggiotoa sp* e tipo 021 N** (FIG. 10): encontrada em condições de *Bulking* filamentosos. Indica um efluente tóxico e com presença de sulfeto;

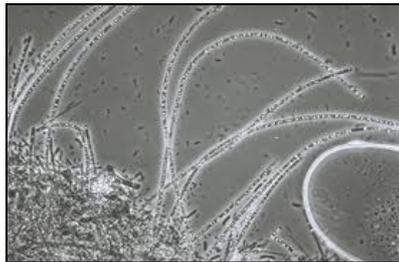


Figura 10 - *Thiotrix sp*
Fonte: (Elaborado pelo autor)

- ***Thiotrix sp*, *Sphaerotilus natans*, tipo 21N, e possivelmente *Haliscomenobacter hydrossis* e tipos 0041 e 0675** (FIG. 11): o *Thiotrix sp* pode acumular enxofre em seu interior. O *Sphaerotilus natans* forma filamentos pelo apoio de um organismo sobre o outro. Encontrada em condições de *bulking* filamentosos, indicando uma limitação de nutrientes (P - fósforo ou N - nitrogênio).



Figura 11 – *Thiotrix*(A), *Sphaerotilus natans* (B), *Haliscomenobacter hydrossis* (C)
Fonte: (Elaborado pelo autor)

- ***Actinomicetales*** (FIG. 12): formam tufo indicativos de *Bulking* e falta de nutrientes. Podem formar uma espuma escura (quebram a interface água-ar).

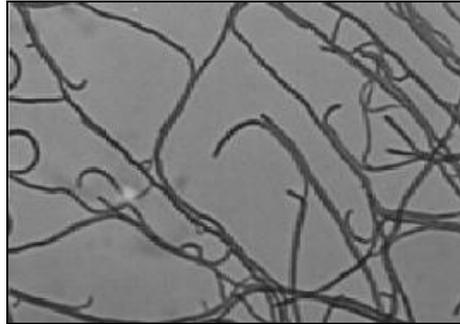


Figura 12 - *Actinomicetale sp*
Fonte: (Elaborado pelo autor)

- **Zooglea:** é a designação dada a uma formação tipo colonial de bactérias incluídas em matriz gelatinosa. As bactérias da *Zooglea* formam colônias bizarras com ramificações semelhantes a guisa da árvore, pelas quais são designadas com o nome de bactérias *arboriformes*. Indica que no Lodo Ativado verifica-se um longo período de anaerobiose decorrente de uma carga elevada. Na Figura 13 pode-se observar um exemplo de *Zooglea* que pode ser encontrada.

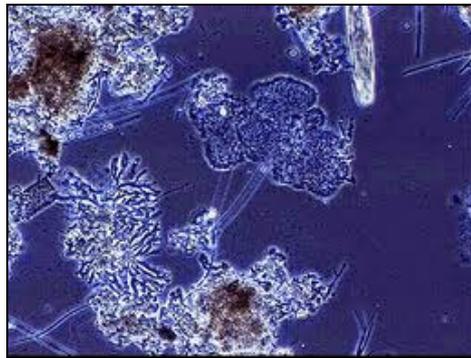


Figura 13- *Zooglea*
Fonte: (Elaborado pelo autor)

Segundo SAAR, [198-], além da identificação dos principais gêneros de bactérias filamentosas presentes no sistema, deve-se ressaltar que seu desenvolvimento pode estar associado a fatores associados aos seu crescimento, como: tempo de retenção do sistema, configuração do tanque de aeração ou padrão de alimentação do efluente, presença de uma zona inicial não aerada, concentração de Oxigênio Dissolvido, concentração de nutrientes (N e P), concentração de sulfeto, biodegradabilidade do substrato orgânico e reciclagem.

7 CORRELAÇÃO ENTRE A DENSIDADE TOTAL DA MICROFAUNA E PARÂMETROS OPERACIONAIS

Segundo Bento et al. (2005) ainda é possível realizar a correlação entre parâmetros físico-químicos e identificação da microfauna presente no sistema (TAB. 1) e a porcentagem de remoção dos parâmetros físico-químicos (TAB. 2).

Tabela 1 - Correlações entre parâmetros operacionais e a presença de microrganismos

PARÂMETRO	Ciliados Predadores	Ciliados Livres Nat.	Ciliados Fixos	Tecamebas	Zooflagel.	Micrometazoário
DQO efluente (mg/l)	-	0	-	0	-	-
pH (tanque de aeração)	-	+	0	0	-	0
Temperatura	-	0	0	0	-	0
N-NH ₄ ⁺ no efluente	+	0	0	0	0	0
DBO efluente (mg/l)	-	-	-	+	-	+
SS no efluente	+	-	-	-	-	-
Turbidez (efluente)	0	-	0	-	0	0
IVL	0	0	0	0	+	-
<i>E. coli</i> no efluente	-	-	-	0	-	0
SSd	+	+	+	-	+	-
N-NO ₃ ⁻ no efluente	-	-	0	0	0	0

Fonte: (BENTO et al., 2005)

*Convenções: + (correlação positiva, diretamente proporcional); - (correlação negativa, inversamente proporcional) e 0 (correlação nula)

Segundo Bento et al. (2005), na Tabela 1 observamos que as correlações negativas para DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio) coincidem com ciliados predadores, ciliados fixos e zooflagelados, os quais contribuem para a remoção de material particulado, não integrante do floco.

Tabela 2 - Correlações entre a densidade total de microfauna no reator e parâmetros operacionais

PARÂMETRO	CORRELAÇÃO
DQO (% remoção)	+
pH (tanque de aeração)	-
Temperatura (tanque aeração)	-
N-NH ₄ ⁺ (% remoção)	0
DBO (% remoção)	+
SS no efluente	+
Turbidez (efluente)	+
IVL (tanque aeração)	0
<i>E. coli</i> (% remoção – log)	+
SSd (tanque aeração)	-
N-NO ₃ ⁻ no efluente	-

Fonte: (BENTO et al., 2005)

*Convenções: + (correlação positiva, diretamente proporcional); - (correlação negativa, inversamente proporcional) e 0 (correlação nula)

Na Tabela 2 observa-se correlações positivas na densidade, indicando que quando maior a densidade de organismos, maior a remoção destes parâmetros no sistema.

Conclusões e Recomendações

A utilização de organismos na avaliação da qualidade ambiental é fundamentada na relação entre o equilíbrio dinâmico e a estabilidade do sistema, onde a adaptação dos organismos que o compõe é um dos fatores fundamentais para o sucesso operacional. No entanto os sistemas biológicos utilizados no tratamento de efluentes industriais podem levar a situação de *stress* ambiental, onde alterações dos fatores ambientais levam a distúrbios que ultrapassam a condição de adaptação dos organismos, principalmente protozoários e bactérias.

Esta condição apresenta sintomas identificáveis, tanto a nível da população, como alterações morfológicas dos organismos, os quais quando não identificados, podem comprometer sua eficiência, levando a prejuízos operacionais e ambientais.

Estando a qualidade do sistema de tratamento biológico ou secundário associado à qualidade da microfauna presente em uma Estação de Tratamento de Efluentes, sugere-se seu acompanhamento periódico utilizando metodologias analíticas confiáveis.

O Centro Tecnológico do Couro SENAI-RS tem implantado em seus laboratórios metodologias para análise da microfauna presente em ETE prestando assessoria técnica e tecnológica quanto à melhoria dos processos de tratamento de efluentes.

Para informações adicionais sobre protozoários recomenda-se a leitura e o acesso aos *links* disponibilizados no Anexo.

Referências

AYMA. **Atlas de microorganismos: Bacterias y filamentos**. Sevilla: [2011]. Disponível em: <http://personal.telefonica.terra.es/web/ayma/atlas_b.htm>. Acesso em: 17 set. 2011.

BENTO, A. P., et al. Caracterização da microfauna em ETE do tipo lodos ativados: um instrumento de avaliação e controle do processo. **Engenharia sanitária ambiental**, v. 10, n. 4, p. 329-338, out./dez. 2005.

CLAAS, Isabel Cristina; MAIA, Roberto Augusto Moraes. **Manual básico de resíduos industriais de curtume**. Porto Alegre: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (RS). Centro Tecnológico do Couro SENAI, 1994.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Microbiologia de lodos ativados**. São Paulo: 1992. Série Manuais.

_____. **Microbiologia de lodos ativados**. [S. l.: s. n.], 2002.

LWARCEL. **Atividade industrial**. 2007. Disponível em: <http://www.lwart.com.br/site/content/lwarcel/meio_ambiente_atividade_industrial.asp>. Acesso em: 17 set. 2011.

PROGRAMA DE CONTROLE DE POLUIÇÃO. **Ensaio biológicos com organismos aquáticos e sua aplicação no controle da poluição**. [S. l.: s. n., 198-].

SAAR, Jörg Henri. **Microbiologia de lodos ativados**. [S. l.: s. n., 198-].

VALER, Rita Maria. **Técnicas básicas de coleta e cultivo de protistas (microalgas e protozoários) de vida livre**. São Leopoldo: UNISINOS, 2000. (Curso de Extensão).

Anexo

Segue abaixo uma lista de *sites* de interesse:

<<http://cyclot.sakura.ne.jp/gazoudata/ciliata/tokophrya/tokophrya01.html>>

<<http://www.flickr.com/photos/29287337@N02/4968254012/>>

<<http://www.microscopy-uk.net/gallery/displayimage.php?album=4&pos=6>>

<http://mikrojeziro.met.pl/atlas_zw/arch_foto/plankton/Wrotki/>

<<http://www.flickr.com/photos/29287337@N02/4200028397/>>
<<http://biodidac.bio.uottawa.ca/ftp/BIODIDAC/Zoo/Rotifera/Photo/Roti011p.gif>>
<http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/Images/Heterokontophyta/Monas/sp_1i.html>
<<http://www.k5.dion.ne.jp/~wetland/Chilomonas.html>>
<<http://www.pirx.com/droplet/gallery/arcella.html>>
<http://personal.telefonica.terra.es/web/ayma/atlas_b.htm>

Nome do técnico responsável

Horst Mittereger Junior – Mestre em biologia celular e molecular

Nome da Instituição do SBRT responsável

SENAI-RS / Centro Tecnológico do Couro

Data de finalização

19 dez. 2011