

## II-529 - USO DE HIPOCLORITO DE SÓDIO, COMO AUXILIAR NO CONTROLE DE BACÉRIAS FILAMENTOSAS, NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

**Anelise Almeida Yano<sup>(1)</sup>**

Bióloga pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Mestra em Engenharia de Edificações e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso.

**Aline Nayara Rodrigues São Pedro<sup>(2)</sup>**

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso.

**Luiz Airton Gomes<sup>(3)</sup>**

Engenheiro civil pela Universidade Federal de Mato Grosso. Mestre em Engenharia Civil: Área de Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo. Diploma em Engenharia Sanitária pelo International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering - IHE de Delft, Holanda. Doutorado em Engenharia Ambiental pela University of Newcastle upon Tyne, Inglaterra.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Augusto Severo, 53 - Bairro Jardim Aeroporto – Várzea Grande - MT - CEP: 78.125-110 - Brasil - Tel: +55 (65) 8151-1771 - e-mail: [yano\\_aa@yahoo.com.br](mailto:yano_aa@yahoo.com.br)

### RESUMO

A indústria alimentícia é crescente em todo cenário mundial. No Brasil o setor cresceu 11% em 2012, o que representou um faturamento de R\$ 426,7 bilhões. O sistema de tratamento de efluentes por lodos ativados é o mais indicado para indústrias, pois requerem uma boa eficiência no tratamento utilizando pouco espaço para implantação. Como o processo é totalmente biológico faz-se necessário o monitoramento e controle dos micro-organismos presentes. O crescimento excessivo das bactérias filamentosas prejudica tratamento e o efluente final torna-se de má qualidade. O presente trabalho tem como objetivo estudar os efeitos iniciais de hipoclorito de sódio sobre o crescimento excessivo das bactérias tipo 0675 e *Thiothrix* II em efluente de indústria alimentícia. A concentração de cloro que surtiu efeito positivo, ou seja, partindo os filamentos das bactérias, foi de 25mg/L, porém também surtiu efeito negativo sobre os demais micro-organismos que morreram ou cessaram suas atividades.

**PALAVRAS-CHAVE:** Hipoclorito de Sódio, Controle de Bactérias Filamentosas, Indústria Alimentícia, Lodos Ativados.

### INTRODUÇÃO

A indústria alimentícia é crescente em todo o cenário mundial e o Brasil é um dos líderes em criação, produção e exportação de alimentos industrializados, sendo a carne bovina o principal produto. Segundo a Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação (ABIA), este setor fechou 2012 com uma expansão de 11,3% o que representou um faturamento de R\$ 426,7 bilhões.

Há diversos processos de tratamento de esgoto urbano e industrial, sendo o mais comum o de Lodos Ativados, em situações nas quais são necessárias uma elevada qualidade do efluente e reduzidos requisitos de área. No entanto, o sistema de lodos ativados inclui um índice de mecanização superior ao de outros processos de tratamento, implicando em uma operação mais sofisticada e em maiores consumos de energia elétrica.

Dentre os principais problemas operacionais, há a necessidade de se controlar diversos parâmetros tais como: o pH, o oxigênio dissolvido, o volume do lodo, o tempo de detenção hidráulica e o crescimento dos micro-organismos filamentosos. Esses últimos são de fundamental importância para a eficiência do processo.

As bactérias, fungos e protozoários irão decompor a matéria orgânica e auxiliar nos processos químicos de remoção de nitrogênio e fósforo.

Segundo Van Haandel; Marais (1999), diversos pesquisadores alegam que a formação de flocos de dimensões relativamente grandes está associada ao desenvolvimento de micro-organismos filamentosos. Estes micro-

organismos são normalmente encontrados nos sistemas de lodos ativados, e o problema surge quando seu crescimento é excessivo. Este fenômeno é chamado de intumescimento do lodo e suas características são: grandes dimensões, resistência, má sedimentabilidade e consequentemente, altos valores de índice volumétrico do lodo (IVL). A dificuldade de contato entre flocos devido a presença dos filamentos causa o flutamento do lodo.

Para o controle dos eventos de intumescimento por micro-organismos filamentosos recomenda-se agir na origem, ou seja, identificar quais são as causas desses eventos e tomar ações para minimizar os fatores biológicos ou físicos que está propiciando seu crescimento excessivo. Somente no caso de não haver alternativa é que se faz necessária uma intervenção direta no controle desses micro-organismos através do uso de agentes físicos ou químicos.

O controle do intumescimento do lodo foi estudado por diversos autores, sendo alguns deles, defensores do uso de coagulantes como sulfato ferroso e produtos precipitantes baseados em alumínio. Outros sustentam a utilização de seletores, a aplicação de surfactantes, a aplicação de cloro, o emprego de clarificadores em série, adição de talco, o controle da temperatura e da carga de lodo e a diminuição da idade do lodo (ANDREASEN et al. 1999; KITATSUJI et al., 1996; RAMIREZ et al. 2000; CLAUSSE et al. 1999; JENKINS et al., 2003).

A utilização do cloro como técnica de controle do intumescimento do lodo é largamente empregada nos Estados Unidos. Ele é utilizado para a desinfecção de efluentes secundários e a quantidade requerida para o controle do crescimento de bactérias filamentosas é muito pequena se comparada com a utilizada para a desinfecção, e sua aplicação não interfere na eficiência de remoção da demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>) e sólidos sedimentáveis para os níveis requeridos para o tratamento secundário (JENKINS et al., 2003).

O presente trabalho tem como objetivo geral o estudo dos efeitos preliminares da cloração no controle do intumescimento do lodo por bactérias filamentosas em lodos ativados de uma indústria alimentícia.

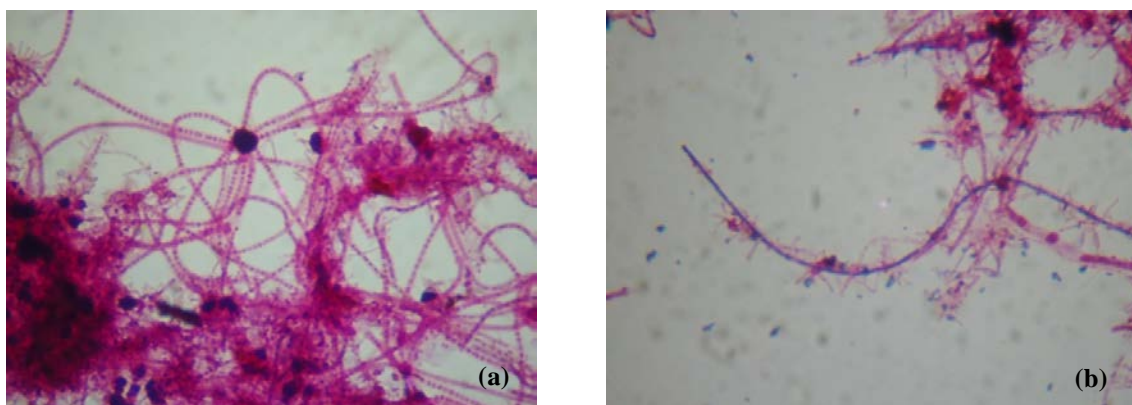
Os objetivos específicos visam: identificar a bactéria filamentosa dominante e testar concentrações de hipoclorito de sódio para o controle do intumescimento usando o Teste de Jarro.

## **METODOLOGIA**

A metodologia empregada para a identificação das bactérias filamentosas seguiu a classificação de Eikelboom (1981) e Jenkins et al. (2003). A identificação baseia-se em observações microscópicas diretas do material amostrado do tanque de aeração. Nessas observações foram consideradas características morfológicas, (dimensão, forma, ramificação, etc.), localização, reações a colorações (Gram, Neisser, Poli-β-hidroxibutirato – PHB, etc.) e, motilidade (JENKINS et al, 2003). Estas informações são utilizadas para caracterizar os micro-organismos filamentosos por espécie ou tipo, por meio da chave dicotômica ou por um quadro resumo.

Foram observadas amostras vivas e fixadas. Nas amostras vivas foi transferida uma gota da amostra homogeneizada, sem diluição, para uma lâmina e coberta com uma lamínula. Em iluminação de campo claro com aumento de 1000 vezes observou-se as características das bactérias filamentosas como ramificação, motilidade, forma dos filamentos, localização, crescimento epifítico, bainha, septos celulares, diâmetro do filamento, comprimento do filamento, forma da célula, tamanho das células, depósitos de enxofre entre outras observações. Para as amostras fixadas, esfregaços foram preparados para as colorações de Gram, PHB e de Neisser.

As lâminas coradas foram observadas em iluminação de campo claro, com aumento de 1000 vezes e uso de óleo de imersão (Figura 1).



**Figura 1: Coloração de Gram. (a) Gram negativa e (b) Gram positiva.**

Após a identificação das bactérias filamentosas deu-se início aos testes com dosagens de cloro em escala de bancada através do Teste de Jarro, empregando a metodologia modificada de Seka et al. (2001).

A solução de hipoclorito de sódio (NaClO) utilizada nos testes possuía concentração de cloro ativo de 125g/L.

As concentrações de cloro e o tempo de contato foram baseados na escala real da estação. A concentração inicial foi de 2ppm conforme a metodologia citada por Jordão; Pessoa (2009) e o tempo de contato foi de 41seg.

Optou-se por dividir os testes em duas fases:

### TESTES *IN LOCO*

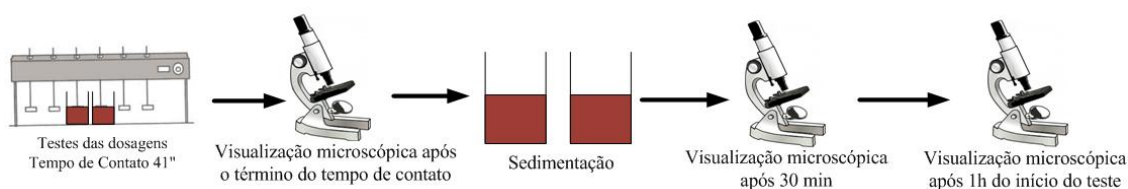
Os testes iniciais com o hipoclorito de sódio teve duração de quinze dias e foram feitos na própria empresa, próximo à linha de retorno do lodo. Assim puderam ser realizados vários ensaios com amostras frescas, coletadas minutos antes dos testes.

Observações microscópicas de campo claro foram feitas a cada experimento para visualização do comportamento das bactérias filamentosas (se ainda estavam em excesso e se os filamentos estavam partidos e livres no meio) e da microfauna (se ainda permanecia em atividade em relação às dosagens).

A solução de NaClO (10ml) foi diluída em 1000ml de água destilada para que houvesse um volume maior das dosagens nos testes.

Adicionou-se 1L de amostra em dois jarros e, com a velocidade de 110 RPM, acrescentou-se as dosagens de hipoclorito de sódio às amostras. Após a espera do tempo de contato de 41segundos, a primeira visualização foi realizada no microscópio de campo claro e o jarro era posto para decantação. Após 30min era feita a segunda observação microscópica e posteriormente, totalizando 1 hora do início do teste, era feita a última leitura.

Em cada análise foi testada uma única dosagem, mais o controle, para que o tempo das observações microscópicas não interferisse nos resultados. Foram 90 experimentos sendo 5 repetições para cada concentração, totalizando 180 observações microscópicas. A Figura 2 mostra um esquema prático do experimento.



**Figura 2: Esquema dos testes com dosagens de cloro em Teste de Jarro.**

A Tabela 1 mostra as concentrações de cloro ( $\text{Cl}_2$ ) e as dosagens de hipoclorito de sódio ( $\text{NaClO}$ ) testadas em bancada.

**Tabela 1: Concentrações de cloro e dosagem de hipoclorito de sódio em Teste de Jarro, testadas na fase *in loco*.**

Concentração de $\text{Cl}_2$ (ppm)	Dosagem de $\text{NaClO}$ (mL)
2	1,6
3	2,4
4	3,2
5	4
6	4,8
7	5,6
8	6,4
9	7,2
10	8
13	10,4
15	12
18	14,4
20	16
21	16,8
22	17,6
23	18,4
24	19,2
25	20

## TESTES EM LABORATÓRIO

A partir dos dados obtidos na primeira etapa, Teste *in loco*, na fase seguinte, Testes em Laboratório, os ensaios realizados se desenvolveram por um período de 10 dias. As amostras foram coletadas no período matutino, sendo armazenadas em temperatura ambiente e, os testes com cloro realizados em no máximo 5 horas após a coleta.

A solução de hipoclorito de sódio (10 ml) foi diluída em 1000 ml de água destilada. As concentrações de  $\text{NaClO}$  testadas foram de: 20, 23, 25 e 27 ppm (Tabela 2), mais o controle.

**Tabela 2: Testes com concentrações de cloro e dosagem de hipoclorito de sódio em Teste de Jarro, na fase de laboratório.**

Concentração de $\text{Cl}_2$ (ppm)	Dosagem de $\text{NaClO}$ (mL)
20	16
23	18,4
25	20
27	21,6

Adicionou-se 1L de amostra em cinco jarros e, com a velocidade de 110rpm, acrescentou-se as dosagens de hipoclorito de sódio às amostras. Posteriormente à espera do tempo de contato de 41 segundos, preparou-se uma lâmina para a visualização da amostra fresca para cada jarro e as amostras foram transferidas para Cones Imhoff para sedimentação.

Após 30min era feita a segunda observação microscópica com a preparação das lâminas. As pequenas amostras eram coletadas do interior do Cone.

Transcorrido 1 hora do início do teste, foram preparadas mais uma lâmina e a leitura da sedimentação.

## RESULTADOS OBTIDOS

Foram identificadas dois tipos de bactérias filamentosas dominantes: o Tipo 0675 e *Thiothrix I*.

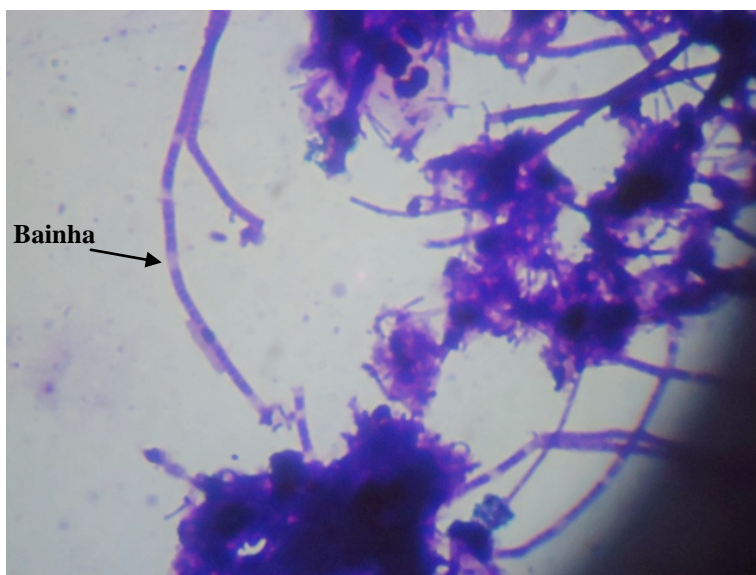
Nesta primeira parte da experimentação, Testes *in loco*, foram testadas concentrações de 2 a 25ppm de hipoclorito de sódio. Em todas as observações as bactérias filamentosas não foram afetadas pelos efeitos do cloro, logo após o tempo de contato.

A concentração de 25ppm foi a que apresentou efeito positivo e, após o tempo decorrido de 1 hora os filamentos se quebraram. Os ciliados fixos não apresentavam movimentos, porém permaneciam vivos e todos os pequenos flagelados livres natantes morreram.

Na fase dos Testes em Laboratório, as médias dos Sólidos Sedimentáveis em Cone Imhoff após 1 hora para o controle e concentrações de 20, 23, 25 e 27 ppm foram de 943, 963, 950, 947 e 947ml/L, respectivamente, portanto ainda muito longe das condições ideais esperadas para um processo de floculação e sedimentação por lodos ativados.

Os testes com as concentrações de 25 e 27ppm foram os que apresentaram os maiores efeitos positivos em relação à sedimentação do lodo, apesar de os valores serem maiores que o do controle. Isso pode ser explicado, pois o sobrenadante do controle era transparente, porém apresentava lodo flotado. Já o sobrenadante dos testes apresentava-se turvo, porém sem flotamento.

Possivelmente, o fato de somente uma alta dosagem ter surtido efeito pode ser explicado pela presença de bainha (Figura 3), nas espécies de filamentosas encontradas. Essa estrutura é uma capa cilíndrica que envolve os filamentos protegendo-os dos agentes externos (JUAN, 2005; TAY et. a., 2005).



**Figura 3: Visualização em microscópio de campo claro da bainha em cristal violeta (1000x)**

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A identificação das bactérias filamentosas torna-se importante uma vez que cada tipo ou espécie desses micro-organismos apresentam características particulares para possíveis causas do intumescimento do lodo e formas de controle.

Os ensaios em escala laboratorial, com Teste de Jarro, são muito usados e recomendados em fases de análises para a identificação de dosagens iniciais de concentrações de cloro ou outros tipos de agentes controladores de intumescimento.

A concentração de 25ppm de cloro mostrou-se satisfatória em efeitos iniciais no controle das bactérias filamentosas, porém, neste caso, o efeito negativo sobre os pequenos flagelados força à um outro método de controle como, por exemplo, o polímeros catiônicos e talcos.

Recomenda-se acrescentar análises de DBO<sub>5</sub>, DBO e DQO solúvel e cloro residual para melhor interpretação dos dados. Além de testar várias concentrações de cloro, também testar vários tempos de contato.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. EIKELBOOM, D. H. E VAN BUIJSEN, H. J. J. **Microscopic sludge investigation manual**. Report A94, TNO Research Institute for Environmental Hygiene, Delft, Holanda, 1981.
2. JENKINS, D., RICHARD, M.G., DAIGGER, G.T. **Manual on the Causes and Control of Activated Sludge Bulking and Foaming**. 3. ed. Chelsea, Michigan: Lewis Publishers, 2003. 193 p.
3. JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 5. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 941 p.
4. JUANG, D. Effects of synthetic polymer on the filamentous bacteria in activated sludge. **Bioresource Technology**, v. 96, issue 1, p. 31-40. 2005.
5. EKA, M. A.; VAN DE WIELE, T.; VERSTRAETE, W. Feasibility of a multi-component additive for efficient control of activated sludge filamentous bulking. **Water Research**, v. 35, n. 12, p. 2995-3003, 2001.
6. TAY, S. T.-L. Comparing activated sludge and aerobic granules as microbial inocula for phenol biodegradation. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 67, p. 708-713, 2005.