

INTUMESCIMENTO FILAMENTOSO NO PROCESSO DE LODOS ATIVADOS APLICADO AO TRATAMENTO DE SORO DE QUEIJO: CARACTERIZAÇÃO E USO DE FLOCULANTES PARA MELHORAR A SEDIMENTABILIDADE

Lívia Cordi ¹, Edna dos Santos Almeida ², Márcia Regina Assalin ³ e Nelson Duran ⁴

RESUMO

Neste trabalho estudou-se o processo de lodo ativado aplicado ao tratamento do efluente resultante da fabricação de queijos, o soro de queijo, que é caracterizado por apresentar altíssima carga orgânica. O tratamento do efluente com o lodo ativado é satisfatório em determinadas diluições do soro (100x, 50x, 25x e 10x), tempo de retenção hidráulica (TRH) (variando de 6 a 36 horas) e sólidos em suspensão (entre 2800 e 10417 mg L⁻¹), contudo o sistema é susceptível ao intumescimento filamentoso (bulking). Floculantes químicos foram empregados no intuito de avaliar o efeito na sedimentação dos flocos. O tratamento foi realizado em um reator contínuo de escala laboratorial e os coagulantes (Al₂(SO₄)₃ e FeSO₄·7H₂O) foram adicionados ao lodo de forma a se obter concentrações de 50 - 200 mg L⁻¹ expressos como Al⁺³ e Fe⁺². De acordo com os dados obtidos, o Al⁺³ apresentou uma maior capacidade de sedimentação do lodo comparado ao Fe⁺², tendo formado um floco compacto que possibilitou uma adequada sedimentabilidade do lodo em termos de índice de volume de lodo (IVL). No entanto, maiores estudos são necessários para avaliar se os organismos do sistema de lodos ativados não são irreversivelmente suprimidos pelos floculantes químicos.

Palavras-chave: lodo ativado, soro de queijo, intumescimento filamentoso, bulking, floculante, sedimentabilidade.

BULKING ON THE ACTIVATED SLUDGE PROCESS APPLIED TO THE CHEESE WHEY EFFLUENT TREATMENT: CHARACTERIZATION AND USE OF CHEMICAL FLOCCULANTS TO IMPROVE SETTLING

ABSTRACT

In this work was studied the activated sludge process applied to an effluent treatment from a cheese manufacture (cheese whey), which is characterized by the high organic content containing easily biodegradable compounds as lactose. In the diluted whey treatment, it was found that the activated sludge is an adequate system at a diluted condition (100x, 50x, 25x e 10x) and treatment (HRT varying between 6-36 h and suspended solid (SS) between 2800-19417mgL⁻¹). However, the system is susceptible to bulking occurrence. Chemical flocculants were evaluated in order to monitoring the biological flocs sedimentation present in a continuous activated sludge system under bulking conditions. The treatment was carried out in a continuous reactor at laboratory scale and the coagulants (Al₂(SO₄)₃ and FeSO₄·7H₂O) were added to sludge at 50-200 mg L⁻¹ concentration range. The results showed that Al⁺³ presented higher settling capacity compared with Fe⁺² effect, and the good settling characteristics were observed in terms of SVI (sludge volume index). However, more detailed studies in this direction should be done to evaluate if the characteristic organisms in the activated sludge are not irreversible suppressed with the use of chemical flocculants.

Keywords: activated sludge, cheese whey, filamentous bulking, flocculants, settling.

Trabalho recebido em 09/05/2007 e aceito para publicação em 12/07/2007.

¹ Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Campinas. Mestranda do Departamento de Tecnologia de Polímeros da Faculdade de Engenharia Química da UNICAMP. E-mail: cordi@unicamp.br;

² Mestre e Doutora em Ciências pelo Instituto de Química da UNICAMP. Professora substituta no Instituto de Química da Universidade Federal de Goiás (UFG). E-mail: edna_almeida05@yahoo.com.br;

³ Doutora em Ciências pelo Instituto de Química da UNICAMP. Técnica de nível superior da Embrapa Meio-Ambiente, Laboratório de Resíduos de Pesticidas, Jaguariúna-SP. E-mail: massalin@cnpm.embrapa.br;

⁴ Professor Titular no Instituto de Química da UNICAMP e Coordenador do Núcleo de Ciências Ambientais da Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes -SP. Instituto de Química - Laboratório de Química Biológica. Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Cidade Universitária. CP: 6154 CEP: 13083-970. E-mail: duran@iqm.unicamp.br

1. INTRODUÇÃO

Segundo dados da ABIQ (Associação Brasileira das Indústrias Produtoras de Queijos), a produção anual de queijos é de cerca de 488 mil toneladas. Considerando-se que para produzir 1 kg de queijo geram-se 9 L de soro de queijo, tem-se que somente no ano de 2002 foram gerados 4,4 milhões de litros de soro de queijo (ALMEIDA et al, 2003).

No Brasil, as indústrias produtoras de queijo em geral são de pequeno porte, não possuindo meios econômicos ou tecnologia disponível para o reaproveitamento do soro de queijo, como a transformação deste em soro em pó ou concentrado de proteínas (REVÍLLION et al, 2000). Neste caso, tal rejeito pode ser considerado um poluente extremamente problemático, devido à sua elevada carga orgânica e grande volume gerado, devendo ser tratado antes de ser descartado. Isto porque o soro bruto possui uma demanda química de oxigênio (DQO) de 50-80 g L⁻¹ e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) de 30-60 g L⁻¹, sendo a lactose responsável por aproximadamente 90 % da carga orgânica do soro (GHALY & KAMAL, 2004; FLORENTINO et al, 2004). Tendo em vista que o soro é prontamente degradado por microrganismos; processos biológicos como lodos ativados podem ser

empregados no tratamento deste rejeito (CARTA ESCOBAR et al, 2004).

O lodo ativado pode ser definido como um sistema no qual uma massa biológica, que cresce e flocula, é continuamente circulada e colocada em contato com a matéria orgânica do despejo líquido afluente ao sistema, na presença de oxigênio (VON SPERLING, 1997). A diversidade da comunidade biológica encontrada na biomassa que constitui os flocos do lodo ativado é muito grande, contendo muitas espécies de bactérias, fungos, protozoários e micrometazoários. O floco do lodo ativado é constituído por fragmentos orgânicos não-digeridos, por uma fração inorgânica, por células mortas e, principalmente, por uma grande variedade de bactérias.

As bactérias dos gêneros *Pseudomonas*, *Achnobacter*, *Flavobacterium*, *Citromonas*, *Zooglea*, e as bactérias filamentosas como *Nocardia sp.*, *Sphaerotilus natans*, *Microthrix Parvicella*, *Thiothrix*, foram encontradas no sistema de lodos ativados empregados no tratamento de efluente domésticos. Apesar das bactérias filamentosas terem grande importância na estrutura do floco, seu crescimento deve ser limitado, pois quando ocorrem em excesso, não permitem a sedimentação do lodo, resultando num

fenômeno conhecido como intumescimento filamentoso ou "bulking".

A presença de protozoários e de micrometazoários vem sendo usada há anos como parâmetro indicador da qualidade das condições de depuração, desempenhando o papel de bioindicadores do processo, pois são susceptíveis às múltiplas influências, como a natureza do despejo, o pH, a concentração de oxigênio dissolvido, a temperatura, a demanda química de oxigênio etc. Além disso, podem ser identificados com bastante facilidade, ao contrário das bactérias, cuja identificação é lenta e bastante onerosa. Um bom desempenho do sistema ocorre quando há equilíbrio entre ciliados livre-natantes, predadores de flocos e rotíferos (VAZÓLER et al, 1991, CETESB, 2000; CORDI et al, 2003; CORDI et al, 2004; BENTO et al, 2005).

Sabe-se que águas residuais contendo grandes quantidades de carboidratos favorecem o crescimento excessivo de microrganismos filamentosos ocasionando intumescimento (bulking) do lodo. Como o efluente da indústria queijeira possui grande quantidade de lactose é de se esperar que esteja propenso ao crescimento de bactérias filamentosas, o qual pode comprometer totalmente o tratamento. Segundo Donkin (1997), os rejeitos da indústria de laticínios, que são

caracterizados por uma alta quantidade de matéria orgânica, pH variável e, em alguns casos, por altas concentrações de nitrogênio e fósforo, além de possuírem uma proporção significativa da fração de DQO solúvel (devido ao alto teor de lactose) prontamente degradável por microrganismos, são bem conhecidos por gerarem problemas de intumescimento do lodo e na sedimentação da biomassa do lodo.

Vários parâmetros do processo afetam a capacidade de sedimentação dos flocos do lodo, tais como, carga orgânica do efluente (a ser tratado), concentração de oxigênio dissolvido, tempo de retenção dos sólidos e presença de cátions no efluente. O floco do lodo ativado é o resultado de interações físicas e químicas entre microrganismos, partículas inorgânicas, substâncias poliméricas extracelulares (EPS) e cátions. Sendo o floco composto por células bacterianas e componentes carregados negativamente, é possível haver uma importante ação de cátions no lodo (LI, 2005). Segundo Salehizadeh & Shojaosadati (2001), alguns cátions podem auxiliar na atividade floculante pela neutralização e estabilização das cargas dos grupos funcionais e pela formação de pontes entre as partículas, resultando na formação de flocos pouco dispersos, o que leva a uma maior velocidade de sedimentação do lodo, evidenciada por

menores valores de índice volumétrico do lodo (IVL).

O objetivo deste trabalho foi realizar o tratamento do efluente gerado na fabricação de queijo e o efeito de coagulantes químicos, como sulfato de alumínio e sulfato ferroso heptahidratado, na sedimentação dos flocos biológicos presentes num sistema contínuo de lodos ativados em condições de má sedimentabilidade, bem como o impacto causado na microbiota presente no sistema.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Efluente

O soro de queijo foi fornecido por uma empresa situada na região de Campinas, que gera de 5 a 7 mil litros de soro por dia, resultante da fabricação de queijo tipo minas e ricota. O soro foi trazido para o laboratório e congelado até sua utilização. Este soro possui DQO $54,7 \pm 4,70 \text{ g L}^{-1}$, DBO $35,5 \pm 6,54 \text{ g L}^{-1}$, carbono orgânico total (COT) $22,39 \pm 7,92 \text{ g L}^{-1}$, teor de lactose $4,3 \pm 0,4$ e pH $4,60 \pm 0,02$. O efluente tratado no processo de lodo ativado foi constituído do soro de queijo diluído; o pH foi ajustado com adição de NaOH 2 M para 7-8.

2.2. Sistema de lodo ativado

O sistema contínuo em escala laboratorial é constituído de uma unidade aeróbia, com capacidade para 2,5 L. Esta unidade é conectada à parte inferior de um decantador, com capacidade para 1,5 L; a recirculação periódica da biomassa é feita com um tubo de vidro com entrada lateral para ar, proveniente de um compressor de pequeno porte (modelos utilizados em aquários), que é acionado por um temporizador. A aeração, necessária para promover a oxigenação do reator e possibilitar a agitação da biomassa, foi proveniente de compressores e difusores de ar. A alimentação do reator é feita continuamente por meio de uma bomba peristáltica, cuja vazão é dependente do tempo de retenção hidráulica (TRH) requerido.

A biomassa de lodo ativado foi coletada em estação de tratamento esgoto e submetida ao processo de aclimatação, ou adaptação, com o soro de queijo diluído 100x em esgoto doméstico, possuindo carga orgânica equivalente à 400 mg L^{-1} . A ordem de diluição foi diminuída gradativamente.

2.3. Ensaio de Sedimentabilidade

Em alíquotas de 120 mL de lodo foram adicionadas quantidades dos coagulantes $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ e $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ de

forma a se obter concentrações de 50, 100, 150 e 200 mg L⁻¹ expressos como Al⁺³ e Fe⁺². As amostras foram homogeneizadas em agitador orbital a 120 rpm, 25°C, durante 40 minutos.

2.4. Controle Analítico

O lodo utilizado nos experimentos de sedimentabilidade foi caracterizado pela determinação de pH, sólidos suspensos totais (SST) e voláteis (SSV) e índice volumétrico do lodo (IVL). A remoção da carga orgânica foi avaliada em termos de redução de DQO. Essas análises foram realizadas diariamente, fazendo-se a amostragem diretamente do reator e seguindo métodos padrões (APHA, 1995). Todas as análises foram realizadas e duplicatas.

A caracterização dos microrganismos presentes no período de aclimação foi realizada por microscopia óptica e estes foram classificados em protozoários e ou micrometazoários (CETESB, 2000). As alterações no grau de sedimentabilidade do lodo foram avaliadas pela determinação do IVL. As alterações da estrutura do floco foram avaliadas em função do grau de compactação, determinado por microscopia óptica.

O efeito do coagulante nos organismos presentes foi avaliado em função da morte e mobilidade dos

protozoários e micrometazoários, e também por microscopia óptica, utilizando-se o microscópio Olympus BX 50. Esta avaliação foi realizada em um intervalo de 4 horas, a 25°C, realizando-se amostragens e análises a cada 30 minutos após a adição dos coagulantes.

O pH do sistema foi mantido próximo de 7,0 e o OD no reator permaneceu ao redor de 8,0 mg L⁻¹.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de aclimação inicial do lodo durou cerca de 30 dias. Durante este período verificou-se que a coloração do lodo de esgoto, inicialmente de cor escura, tornou-se alaranjada, o que indica que houve uma adaptação e uma possível seleção da população de microrganismos presentes (CORDI et al, 2003).

Na Tabela 1, podem-se observar os protozoários e micrometazoários presentes no início e no final da aclimação, assim como uma estimativa qualitativa destes organismos.

Os ciliados fixos observados no lodo aclimatado ao soro de queijo foram o *Vorticella sp.* e *Opercularia sp.*. Ao início da aclimação foi observada pouca quantidade de *Tecamebas* (rizópode), e os ciliados livres observados foram o *Blepharisma sp.* (que apresenta coloração rosada), *Didinium* e *Aspidisca*.

Tabela 1. Presença da microbiota no início e no final do processo de aclimação.

Protozoários e Micrometazoários	Inicial	Final
Ciliados	Poucos fixos e livres	Muitos fixos
Flagelados	Poucos	Poucos
Rizópodes	Poucos	NI *
Rotíferos	Muitos	Muitos

*N.I. = Não Identificado

Com a aclimação a população de ciliados fixos e livres aumentou consideravelmente. Ao início da aclimação foi possível observar a predominância de rotíferos, a qual se estendeu até o final de um mês. Observaram-se as espécies *Rotaria citrinus* e *Philodinavus paradoxus*. A presença de rotíferos, de ciliados livres e fixos na biomassa do lodo ativado indica boa qualidade de depuração, ou seja, eficiência no tratamento (CETESB, 2000; CORDI et al, 2004). A Figura 1 ilustra os flocos do lodo ativado aclimatado com efluente em boas condições de sedimentação, indicada por IVL de $77,5 \pm 2,54 \text{ mL g}^{-1}$, e devido à baixa incidência de bactérias filamentosas. O índice volumétrico do lodo é indicador das características de decantação e podemos considerar este valor obtido como indicador de boa sedimentação do lodo

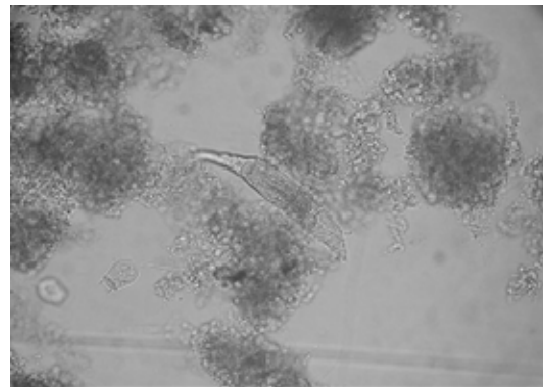


Figura 1. Foto ilustrativa dos flocos do lodo ativado aclimatado com o efluente (aumento de 200 x).

A carga orgânica do efluente foi aumentada gradativamente até que o soro bruto estivesse diluído 10 vezes (DQO variando entre 5450-5760 mg L⁻¹). Os dados do tratamento do soro de queijo em diversas ordens de diluição estão apresentados na Tabela 2, na qual se pode observar que o tratamento é possível e apresenta remoção de DQO acima de 95 %.

Tabela 2. Sumário dos dados do tratamento do soro de queijo diluído.

Soro de queijo diluído	Características do sistema de lodos ativados					Remoção de DQO (%)
	SS	SSV	IVL	A/M	TRH	
	---- mg L ⁻¹ ----		mL g ⁻¹	(d ⁻¹)*	(h)	
100 x	2800 ±220	2645 ±182	91,6 ±12,4	0,58 ±0,02	6	93.6 ± 1,6
50 x	2680 ± 70	2468 ± 73	87,5 ± 5,3	0,38 ±0,02	12	96.5 ± 1,4
25 x	3950 ± 192	3686 ± 216	149,3± 20,2	0,53 ± 0,01	24	94.7 ± 3,3
10 x	10417 ± 856	9070 ± 825	89,3 ± 10,1	0,31 ± 0,02	36	95.3 ± 1,8

* d⁻¹ = gDQO/gSSV d

Como a carga orgânica é muito alta, ao diminuir a ordem de diluição do soro de 25x para 10x, a biomassa duplicou em muito pouco tempo e foi necessário aumentar o TRH para 36 horas, a fim de que o sistema entrasse em equilíbrio e apresentasse boas condições de sedimentação. Optou-se por não se fazer um descarte do excesso de biomassa para não ocorrer alterações abruptas da microbiota adaptada. Na primeira semana houve um crescimento expressivo da biomassa de lodo ativado atingindo valores de IVL acima de 200 mg L⁻¹, mas após um período de cerca de 45 dias o sistema voltou a apresentar boas condições de sedimentabilidade e de depuração da carga orgânica.

Pode-se notar pelos dados da Tabela 2 que se conseguiu uma boa remoção da carga orgânica mesmo trabalhando-se em

condições extremas, ou seja, uma quantidade de biomassa muito alta (SS por volta de 10000 mg L⁻¹) quando se compara com a quantidade de biomassa que normalmente se emprega no tratamento por lodo ativado em estações de tratamento de esgoto doméstico, que é de cerca de 2500 mg L⁻¹.

Uma vez que foi possível o tratamento do soro diluído 10x, com pouca alteração da eficiência do tratamento, ou seja, com valores de DQO muito próximos, deu-se início a nova etapa de aclimação do lodo com o soro diluído 5x. Este fator de diluição (5x) se aproxima da carga orgânica das águas residuais comumente geradas pelas indústrias de laticínios. No entanto, mesmo aumentando o TRH, não se conseguiu a clarificação do efluente tratado, pois ocorreram problemas na sedimentação devido ao intumescimento

filamentoso e foram encontrados valores de IVL em torno de 366 mL g^{-1} .

A Figura 2 ilustra o intumescimento filamentoso do lodo ativado durante a etapa de aclimação deste com o soro diluído 5x. Pode-se notar que os filamentos formam uma espécie de rede que prejudica a sedimentação do lodo e a microbiota presente neste, pois os microrganismos, como os rotíferos e os ciliados, têm sua locomoção limitada pela rede de filamentos. Já a Figura 3 mostra o lodo em boas condições de sedimentabilidade. Ambas as fotos foram tiradas com contraste de fase a fim de evidenciar os flocos e os filamentos presentes.

A Figura 3 mostra o lodo ativado durante o tratamento do soro de queijo diluído 25x no TRH de 24 horas. Nesta, pode-se notar o não excesso de filamentos. Uma vez que a eficiência do tratamento pelo processo de lodos ativados depende da etapa de sedimentação, pode-se inferir que o processo tem uma limitada capacidade de tratar efluentes com carga orgânica muito alta.

Amostras de lodo ativado na condição de bulking foram então submetidas aos ensaios de floculação.

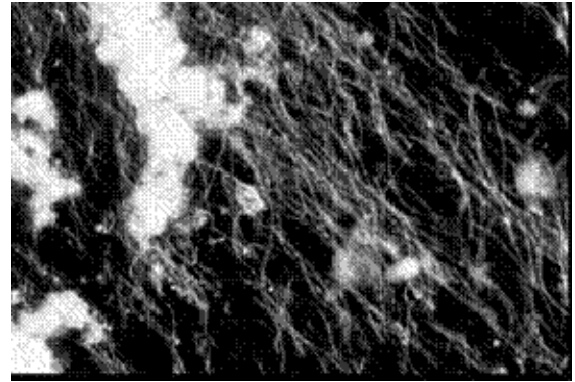


Figura 2. Foto do lodo com excesso de filamentos (contraste de fase, aumento de 200 x)

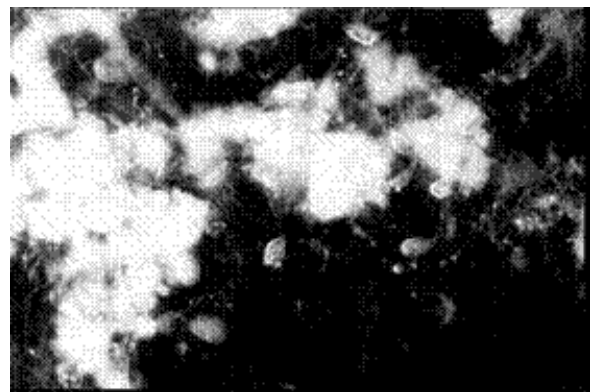


Figura 3. Foto do lodo em boas condições. (contraste de fase, aumento de 200x)

Na Tabela 4 se encontram os dados da dose dos floculantes empregados e os respectivos efeitos no IVL do lodo. Pode-se notar que a dose de $0,041 \text{ mg Al}^{+3} (\text{mg SSV})^{-1}$ ocasionou uma redução de 58,7 % do IVL do lodo, fazendo com que este tenha uma sedimentabilidade aceitável.

Tabela 4. Dose dos coagulantes (Fe^{+2} e Al^{+3}) e índice volumétrico do lodo (IVL).

Concentração de coagulante	Dose de coagulante	IVL	
		Lodo Al^{3+}	Lodo Fe^{2+}
mg L^{-1}	mg (mgSSV)^{-1}	mL (gSS)^{-1}	
50	0,021	283	374,5
100	0,041	151	279,8
150	0,062	132	251,0
200	0,082	128,	230,0
300	0,123	-	238.7
400	0,164	-	234.6

A mesma dose de Fe^{2+} reduziu em 23,5 % o IVL, no entanto, a sedimentabilidade continuou ineficiente e mesmo para doses superiores a 0,041 mg Fe^{2+} (mg SSV^{-1}) não foram suficientes para possibilitar um lodo com boas condições de sedimentabilidade, conforme pode ser observado pelos dados da Tabela 4.

Inicialmente o lodo apresentou flocos bem formados, porém dispersos e com muitos filamentos (Figura 4). Observou-se a presença de protozoários como ciliados fixos, ciliado livre (*Chilodonela sp.* e *Didinium sp.*), tecamebas e população diminuta de micrometazoários, como os rotíferos. Com a adição de 0,021 mg Al^{+3} (mg SSV^{-1}), não foram observadas mudanças significativas no floco e nos organismos do lodo, porém acima de 0,041 mg Al^{+3} (mg SSV^{-1}), houve uma total compactação, modificando as características dos flocos e diminuindo a movimentação dos ciliados livres que

ficaram presos aos flocos maiores. Nestas concentrações foram observados apenas alguns ciliados fixos na periferia dos flocos (Figura 5).

Na adição de 0,021 mg Fe^{2+} (mg SSV^{-1}), as características do lodo se mantiveram iguais ao controle, contudo com a adição de 0,041 mg Fe^{2+} (mg SSV^{-1}), os flocos, aparentemente, apresentaram boa formação estrutural e os organismos não foram afetados (Figura 6).

O aumento da dose de Fe^{2+} não foi suficiente para diminuir os valores de IVL, de maneira a apresentar adequada sedimentabilidade. A dose máxima estudada foi de 0,164 mg Fe^{+2} (mg SSV^{-1}), e com este valor os flocos já se apresentaram aglomerados, ocorrendo quase ausência de organismos, isto pode ser observado com a dose de 0,082 mg Fe^{+2} (mg SSV^{-1}) (Figura 7).

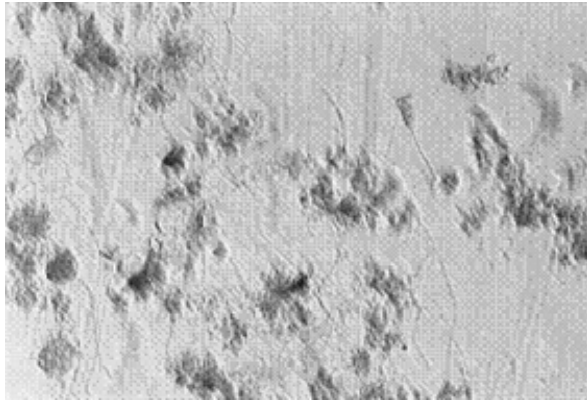


Figura 4. Lodo inicial (aumento de 200 x).

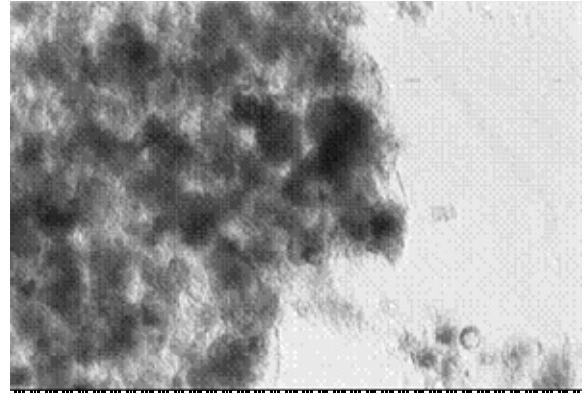


Figura 7. Lodo após adição de 0,123 mg Fe^{+2} (mg SSV)⁻¹ (aumento de 200 x).

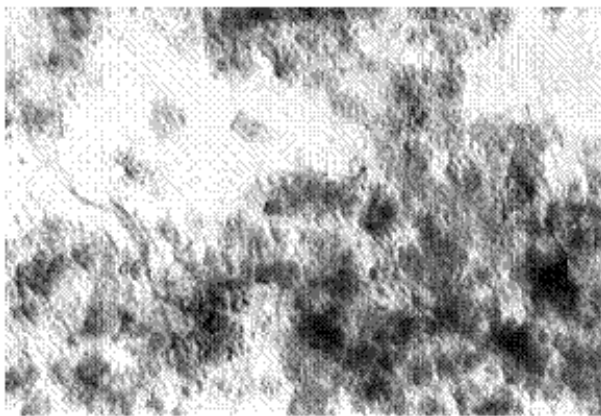


Figura 5. Lodo após adição de 0,082 mg Al^{+3} (mg SSV)⁻¹ (aumento de 200 x).

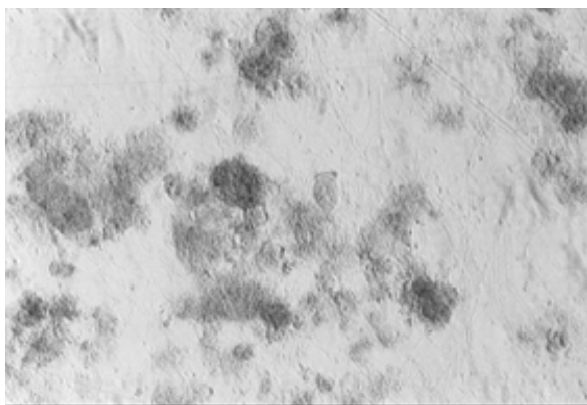


Figura 6. Lodo após adição de 0,021 mg Fe^{+2} (mg SSV)⁻¹ (aumento de 200 x).

Observando o gráfico da Figura 8, pode-se notar que o alumínio foi mais efetivo na melhora da sedimentação do lodo. A melhor eficiência do Al^{3+} quando comparada ao Fe^{2+} é possivelmente devido a maior carga positiva apresentada por este cátion, de maneira a interagir melhor com as partículas negativas encontradas na composição dos flocos.

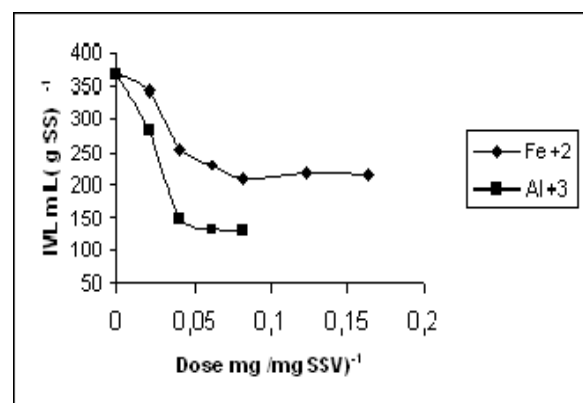


Figura 8. Comparação entre os coagulantes Al^{+3} e Fe^{+2} e seus respectivos valores de IVL.

4. CONCLUSÕES

Quando se realizou o tratamento do soro de queijo diluído com lodo ativado, verificou-se que o mesmo foi satisfatório em determinadas condições de diluição do efluente (100x, 50x, 25x e 10x) e TRH variando entre 6 - 36 h e SS entre 2800-10417 mg L⁻¹. Contudo, o sistema é susceptível à ocorrência de intumescimento filamentoso (bulking) e aumento excessivo da biomassa, conforme caracterizado neste estudo.

A possibilidade de verificar o efeito dos floculantes sobre os flocos do lodo ativado por microscopia ótica auxilia muito no acompanhamento do resultado, além de possibilitar rapidamente a variação da microbiota.

De acordo com os dados obtidos, o Al³⁺ apresentou uma maior capacidade de sedimentação do lodo comparado ao Fe²⁺, tendo formado flocos compactos que possibilitaram uma adequada sedimentabilidade, avaliada em termos de IVL. No entanto, maiores estudos são necessários para que se possa avaliar se os organismos característicos no sistema de lodos ativados não são irreversivelmente suprimidos com o emprego de floculantes químicos.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FAPESP pelo apoio à pesquisa e a Profa. Dra. Liana Verinaud, do Instituto de Biologia da UNICAMP, por ter cedido o microscópio ótico.

REFERÊNCIAS

- APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19th ed. Washington: APHA, 1995. p.1134.
- ALMEIDA, E. S.; et al. Remediação do efluente da indústria de queijos usando processo biológico (produção de proteínas celulares) ao processo físico-químico (ozônio). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22., 2003, Joinville. **Anais...** Joinville: ABES, 2003 CD-ROM.
- BENTO, A. P.; SEZERINO, P. H.; PHILIPPI, L. S. et al. Caracterização da microfauna em estação de tratamento de esgotos do tipo lodos ativados: um instrumento de avaliação e controle do processo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.10, n. 4, p. 329-338, 2005.
- CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, **Microbiologia de lodos ativados**. Editora CETESB, São Paulo, 2000.

- CARTA-ESCOBAR, P.; DURÁN-BARRANTES, M. M., ROMERO-GUZMÁN, F. et al. Aerobic purification of dairy wastewater in continuous regime Part I: Analysis of the degradation process in two continuous reactor configurations. **Biochemical Engineering Journal**, v. 21, p. 183-191, 2004.
- CORDI, L. et al. Impacto na microbiota do lodo ativado durante a aclimação com diferentes efluentes industriais. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE FERMENTAÇÕES, 14., 2003, Florianópolis. **Anais...**, Florianópolis, 2003, p. 353.
- CORDI, L.; et al. Protozoários como bioindicadores da qualidade do processo de lodos ativados. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL EM PROTOZOÁRIOS EMERGENTES, 1, 2004, Campinas. **Anais...**, Campinas, 2004, p.36.
- DONKIN, M. J. Bulking in aerobic biological systems treating dairy processing wastewaters. **International Journal of Dairy Technology**, v. 50, n. 2, p. 67-72, 1997.
- FLORENTINO, E. R. et al. Aproveitamento do soro de queijo na produção de etanol visando minimizar seu impacto ambiental. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 11, 2004, Natal. **Anais...**, Natal: SIBELUSA, 2004, CD-ROM.
- GHALY, A. E., KAMAL, M. A. Submerged yeast fermentation of acid cheese whey for protein production and pollution potential prevent. **Water Research**, v. 38, p. 631-644, 2004.
- LI, J.; Effects of Fe (III) on floc characteristics of activated sludge. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v. 80, p. 313-319, 2005.
- RÉVILLION, J. P., BRANDELLI, A., AYUB, M. A. Z. Production of yeast extracts from whey for food use, market and technical considerations. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, p. 246-249, 2000.
- SALEHIZADEH, H. & SHOJAOSADATI, S. A.; Extracellular biopolymeric flocculants – Recent trends and biotechnological importance. **Biotechnology Advances**, v 19, n. 5, p. 371-385, 2001.
- VAZOLLÈR, R. F.; GARCIA, A. D.; CONCEIÇÃO NETO, J. **Microbiologia de Lodos Ativados**. Série Manuais. CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo: CETESB, 1991. p.23.
- VON SPERLING, M. **Lodos Ativados**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1997. p. 416.