

**XI SILUBESA*****Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental***

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

II-149 – SEDIMENTALIDADE DE LODOS ATIVADOS : USO DE Al^{3+} E Fe^{2+} COMO FLOCULANTES**Priscila Lima da Silva⁽¹⁾**

Graduanda do curso de Bacharelado em Química e Bacharelado em Química com Avanços Tecnológicos na Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP. Desenvolvimento de projeto de iniciação científica desenvolvendo atividades relacionadas ao tratamento de efluentes industriais, sob a orientação do Prof. Dr. Nelson Duran, no Laboratório de Química Biológica (IQ-UNICAMP).

Lívia Cordi

Técnica em Química pela Escola Técnica de Paulínia (ETEP); Graduanda do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas na Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Desenvolvimento de projeto de iniciação científica relacionada ao monitoramento da microbiota do lodo ativado para tratamento de efluentes, sob orientação do Prof. Dr. Nelson Durán, no Laboratório de Química-Biológica (IQ-UNICAMP), com apoio da FAPESP.

Edna dos Santos Almeida

Bacharel em Química, graduada na UNESP-Araraquara; Mestre em Química Analítica pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, com apoio da Capes. Desenvolvimento de projeto de doutorado em tratamento de efluente industrial, sob orientação do Prof. Dr. Nelson Durán, no Laboratório de Química Biológica (IQ-UNICAMP), com apoio da FAPESP.

Márcia Regina Assalin

Bacharel em Química, graduada na Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP; Mestre em Saneamento e Ambiente, na Faculdade de Engenharia Civil – UNICAMP com apoio da Fapesp. Desenvolvimento de projeto de doutorado em tratamento de efluente industrial, sob orientação do Professor Doutor Nelson Durán, no Laboratório de Química Biológica (IQ-UNICAMP), com apoio da Fapesp.

Nelson Durán

Ph.D. em Química, University of Porto Rico- P.R., Professor Titular no IQ-UNICAMP e Coordenador do Núcleo de Ciências Ambientais-NCA da Universidade de Mogi das Cruzes.

Endereço⁽¹⁾: R. Virgílio Dalben, 83, Jardim Santa Genebra II, Campinas- SP, CEP 14084832.

edna-almeida@iqm.unicamp.br**RESUMO**

Neste trabalho foi avaliado e comparado o efeito de floculantes químicos, como sulfato de alumínio e sulfato ferroso heptahidratado na sedimentação dos flocos biológicos presentes num sistema contínuo de lodos ativados em condições de baixa sedimentabilidade, caracterizado por elevados valores de índice volumétrico (IVL). O lodo utilizado nos experimentos foi proveniente do tratamento de efluentes de uma indústria queijeira em um reator contínuo de escala laboratorial. Os coagulantes $Al_2(SO_4)_3$ e $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ foram adicionados ao lodo de forma a se obter concentrações de 50, 100, 150 e 200 mg L^{-1} expressos como Al^{+3} e Fe^{+2} . Essas amostras foram mantidas sob agitação durante 40 minutos a 120 rpm e a 25° C. De acordo com os dados obtidos, o Al^{3+} apresentou uma maior capacidade de sedimentação do lodo comparado ao Fe^{2+} , tendo formado um flocos compacto que possibilitou uma adequada sedimentabilidade do lodo em termos de IVL. A estrutura do flocos, bem como a microbiota presente no lodo, foram visualizadas em microscópio óptico e correlacionadas com a sedimentabilidade do lodo.

PALAVRAS-CHAVE: Lodos Ativados, Floculante, Sedimentabilidade.

INTRODUÇÃO

O lodo ativado pode ser definido como um sistema no qual uma massa biológica cresce e flocula, sendo continuamente recirculada e colocada em contato com a matéria orgânica do despejo líquido afluente ao sistema, na presença de oxigênio. Trata-se de um processo fermentativo aeróbio contínuo com reciclo de biomassa, que se constitui em um inóculo permanente e aclimatado. Bactérias, fungos, protozoários e micrometazoários são comumente encontrados nos lodos ativados. Esta população mista não está em crescimento sincronizado, enquanto uma parte delas se encontra na fase exponencial de crescimento, outra parte acha-se na fase estacionária, e uma terceira na fase de declínio. Dependendo das condições de operação, é possível manter uma parcela maior de bactérias nestas duas últimas fases, ou seja, na fase endógena, que importante para o processo, pois é nesta fase que ocorre a diminuição da biomassa devido ao metabolismo endógeno e também porque é nesta fase que ocorre a floculação bacteriana. A floculação do lodo é importante, pois faz com que a biomassa possa ser separada do efluente tratado [1].

O floco do lodo ativado é constituído por fragmentos orgânicos não-digeridos, uma fração inorgânica, células mortas e, principalmente, uma grande variedade de bactérias dos gêneros: *Pseudomonas*, *Achnobacter*, *Flavobacterium*, *Citromona* e *Zooglea*, além de bactérias filamentosas tais como *Nocardia sp*, *Sphaerotilus natans*, *Microthrix Parvicella*, *Thiothrix* e outras. A estrutura do floco é subdivida em dois níveis: macroestrutura, constituída por bactérias filamentosas, sendo considerado o esqueleto do floco, e microestrutura, composta por agregados de células[2].

Os flocos com características adequadas são caracterizados pela presença de bactérias formadoras de flocos (microestrutura) e bactérias filamentosas (macroestrutura) em equilíbrio propiciando a formação de flocos grandes e com boa resistência mecânica. Já os flocos com características inadequadas são caracterizados pela presença excessiva ou quase ausência de macroestrutura que ocasionam problemas na sedimentação do lodo e, conseqüentemente, afetam a clarificação do efluente na saída do decantador secundário[2].

Para monitorar e controlar o processo de lodos ativados a observação microscópica do lodo e a determinação do Índice Volumétrico do Lodo (IVL) são ferramentas extremamente úteis. A observação microscópica do lodo permite a visualização das características e do tamanho do floco biológico, além da identificação da microbiota presente. O Índice Volumétrico do Lodo é um parâmetro indicativo das propriedades de sedimentação do lodo ativado, estando diretamente relacionado com a estrutura dos flocos.

Na literatura é possível encontrar uma série de valores referenciais para este parâmetro, por exemplo, um IVL de até 100 mL g⁻¹ é considerado um lodo de boa sedimentabilidade, já valores superiores a 300 mL g⁻¹, indica uma péssima capacidade de sedimentação do lodo, podendo ser facilmente eliminado junto ao efluente tratado, na saída do decantador, o que leva a uma diminuição da capacidade depurativa do lodo[1].

Problemas de sedimentabilidade do lodo são freqüentes nas estações de tratamento tanto domésticos como industriais. Portanto, são necessários estudos que visem fornecer alternativas de solução para estes problemas, como, por exemplo, o emprego de agentes que auxiliem na floculação da biomassa biológica dos lodos ativados.

Sabe-se que alguns cátions podem estimular a atividade floculante pela neutralização e estabilização das cargas dos grupos funcionais e pela formação de pontes entre as partículas[3], resultando na formação de flocos pouco dispersos o que leva a uma maior velocidade de sedimentação do lodo, podendo ser evidenciado por menores valores de IVL.

Neste trabalho foi avaliado 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 com problemas de sedimentação, indicado por altos valores de IVL, bem como o impacto causado na microbiota presente no sistema.

MATERIAIS E MÉTODOS

Lodo Biológico

O lodo utilizado nos experimentos é proveniente da unidade aeróbia de um sistema contínuo de tratamento biológico (lodos ativados), em escala de laboratório, destinado ao tratamento de rejeitos provenientes da indústria queijeira.

Ensaio de Sedimentabilidade

Em alíquotas de 120 mL de lodo foram adicionados quantidades dos coagulantes ($Al_2(SO_4)_3$ e $FeSO_4 \cdot 7H_2O$) 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 agitadas a 120 rpm, mantendo a temperatura de 25° C durante 40 minutos.

Controle Analítico

O lodo utilizado nos experimentos foi caracterizado pela determinação de pH, Índice Volumétrico do Lodo (IVL), Sólidos Suspensos Totais (SST) e Voláteis (SSV).

A caracterização dos microrganismos presentes foi realizada por microscopia óptica e estes foram separados em protozoários e micrometazoários. As alterações no grau de sedimentabilidade do lodo foram avaliadas pela determinação do Índice Volumétrico (IVL). As modificações na 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 motilidade dos protozoários e micrometazoários, também por microscopia óptica, utilizando-se o microscópio Olympus BX 50.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da caracterização do lodo estão apresentados na **Tabela 1**. De acordo com von Sperlin (1997)^[1], pode-se dizer que o lodo apresentou má sedimentabilidade, pois apresenta um valor de IVL acima de 300 $mL\ g^{-1}$, o que pode comprometer a clarificação do efluente, já que a faixa adequada de IVL situa-se entre 40-150 $mL\ g^{-1}$.

Tabela 1. Caracterização do lodo utilizado nos ensaios de sedimentação.

Parâmetro	Unidade	Valor
Sólidos Suspensos Totais	$mg\ L^{-1}$	2650
Sólidos Suspensos Voláteis	$mg\ L^{-1}$	2430
Índice Volumétrico do Lodo	$mL\ g^{-1}$	366,0
pH	-	7,18

Segundo Salehizadeh e Shojaosadati (2001)^[3], os cátions estimulam a atividade floculante pela neutralização e estabilização das cargas dos grupos funcionais e pela formação de pontes entre as partículas. Por este motivo, foi escolhido o sulfato de alumínio e sulfato ferroso heptahidratado ($Al_2(SO_4)_3$ e $FeSO_4 \cdot 7H_2O$), floculantes bastante empregados no tratamento de água, para verificar a eficiência destes na melhoria da sedimentabilidade do lodo, dada em função do IVL.

Na **Tabela 2** encontra-se os dados da dose dos floculantes empregados e os respectivos efeitos no IVL do lodo. Pode-se notar que a dose de 0,041 $mg\ Al^{+3}(mg\ SSV)^{-1}$ ocasionou uma redução de 58,7 % no IVL do lodo, fazendo com que este tenha uma sedimentabilidade aceitável. 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.

O lodo inicial apresentava flocos pequenos e dispersos (**Figura 2**) indicando má formação na macroestrutura do floco ocasionando uma sedimentação do lodo inadequada (IVL 366,0 $mL\ g^{-1}$). Observou-se a predominância de ciliados fixos pedunculados, presença de ciliados livres (*Chilodonella sp.* e *Didinium sp.*), tecamebas e população diminuta de micrometazoários como rotíferas. Esta microbiota presente são encontradas em lodos ativados com boas condições de depuração biológica da matéria orgânica afluente ao sistema^[2].

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 muito as características dos flocos e diminuindo a movimentação dos ciliados livres que ficaram presos nos flocos maiores. Nestas concentrações foram observados apenas alguns ciliados fixos na periferia dos flocos (**Figura 3**).

Observando o gráfico da **Figura 1**, pode-se notar que o alumínio foi mais efetivo na melhora da sedimentação do lodo.

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

Concentração de coagulante mg L^{-1}	Dose de coagulante mg (mgSSV)^{-1}	IVL mL g^{-1}		Porcentagem de redução no IVL (%)	
		Lodo Al^{3+}	Lodo Fe^{2+}	Lodo Al^{3+}	Lodo Fe^{2+}
0	0	366,0	366,0	0	0
50	0,021	283,0	343,4	22,7	6,2
100	0,041	150,9	256,6	58,8	29,9
150	0,062	132,1	230,2	63,9	37,1
200	0,082	128,3	221,3	64,9	39,5
300	0,123	-	218,9	-	40,2
400	0,164	-	215,1	-	41,2

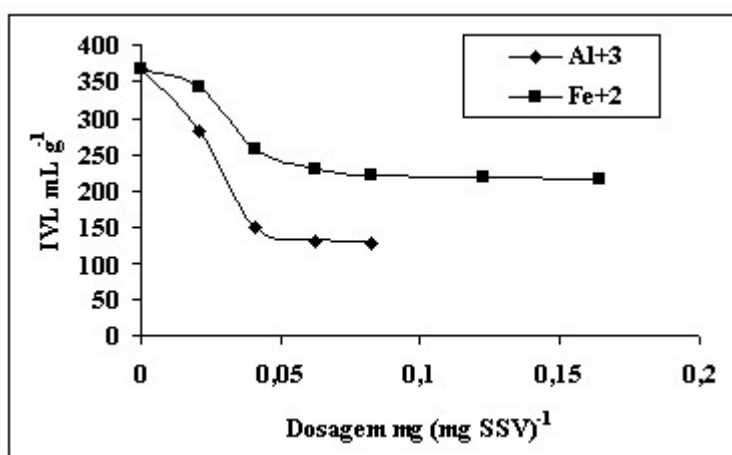


Figura 1. Comparação entre os coagulantes Al^{+3} e Fe^{+2} e seus respectivos valores de IVL.

Na adição de $0,021 \text{ mg Fe}^{+2} (\text{mg SSV})^{-1}$, as características do lodo se mantiveram similares ao controle (flocos pequenos e dispersos), contudo com a adição de $0,041 \text{ mg Fe}^{+2} (\text{mg SSV})^{-1}$ observou-se uma melhora na formação estrutural dos flocos e os organismos não foram afetados. O aumento da dose de Fe^{2+} não foi suficiente para diminuir os valores de IVL para que estes indicassem uma sedimentabilidade adequada. A dose máxima estudada foi de $0,164 \text{ mg Fe}^{+2} (\text{mg SSV})^{-1}$, com esta dose os flocos apresentavam-se conglomerados, ocorrendo quase ausência de organismos, isto já pode ser observado com a dose de $0,082 \text{ mg Fe}^{+2} (\text{mg SSV})^{-1}$ (**Figura 5**).



Figura 2: Lodo Inicial

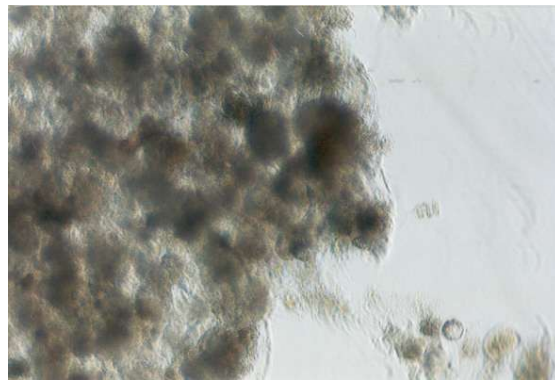


Figura 3: Lodo após adição de $0,082 \text{ mg Al}^{+3} (\text{mg SSV})^{-1}$

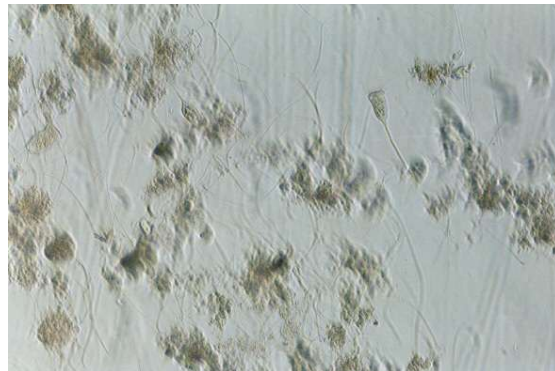


Figura 4: Lodo após adição de $0,021 \text{ mg Fe}^{+2} (\text{mg SSV})^{-1}$

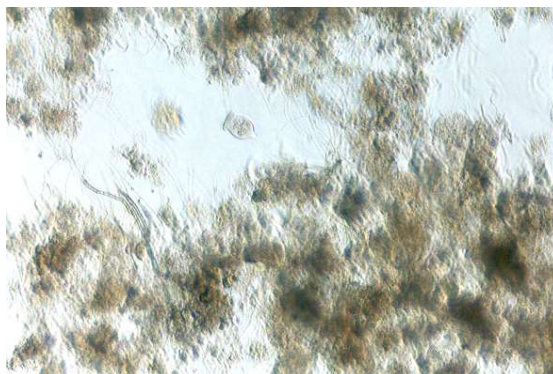


Figura 5: Lodo após adição de $0,123 \text{ mg Fe}^{+2} (\text{mg SSV})^{-1}$

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

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 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.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. VON SPERLING, M. Princípios do Tratamento Biológico de Água Residuárias -Lodos Ativados- vol.4, 1997.
2. CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Microbiologia de lodos ativados, 2000.
3. SALEHIZADEH, H.; SHOJAOSADATI, S. A. Extracellular Biopolymeric Flocculants - Recent Trends and Biotechnological Importance; Biotechnology Advances, v. 19, p.371, 2001.

Agradecimentos

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