

USO DE REATOR DE LEITO FLUIDIZADO TRIFÁSICO NO TRATAMENTO DOS RESÍDUOS DE LATICÍNIOS

Rosângela Bergamasco* e Célia Regina Granhen Tavares*

RESUMO. Resíduo líquido sintético (DQO = 380mg/L), que simula o resíduo de uma indústria de laticínios, foi tratado em um reator de leito fluidizado trifásico (sólido - líquido - gás). Partículas de PVC foram utilizadas como suporte para o crescimento microbiano, depois de passarem por tratamento de superfície com DOP *plasticizer* e ácido nítrico, para um melhor desenvolvimento do biofilme. A biomassa que se desenvolveu na superfície dos suportes, foi analisada e quantificada pela concentração de polissacarídeos (PS) e proteínas (PN), aderidos. A eficiência do processo foi avaliada pela degradação da matéria orgânica. Os resultados obtidos mostram que o reator foi bastante eficiente para o tratamento do resíduo. Cerca de 89% da matéria orgânica foi removida num tempo de retenção hidráulica de 40 min. O tratamento superficial das partículas suporte contribuiu para uma maior adesão e retenção dos microrganismos.

Palavras-chave: leito fluidizado, adesão, tratamento de resíduos, suportes sólidos.

USE OF THREE-PHASE FLUIDIZED-BED REACTOR IN THE TREATMENT OF WASTEWATERS

ABSTRACT. Synthetic milk effluent (COD = 380mg/L) was treated in a biological three-phase fluidized bed reactor (solid, liquid, gas). Polymeric particle (PVC) were used as support for the microbial growth after superficial treatment with DOP plasticizer and nitric acid aiming at a better development of the biofilm. Adhesion and retention of biomass were monitored by analyzing the protein (PN) and the polysaccharide (PS) contents. The results showed that the reactor was highly efficient for residuum treatment about 89% of the organic substance was removed in 40-minute hydraulic retention time. The superficial

* Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, Câmpus Universitário, 87020-900, Maringá-Paraná, Brasil.

Correspondência para Célia Regina Granhen Tavares. E-mail: celia@cybertelecom.com.br

Data de recebimento: 16/06/97.

Data de aceite: 08/10/97.

treatment of the support particles contributed to a higher adhesion and retention rate of the microorganisms.

Key words: fluidized bed, adhesion, effluent treatment, solid supports.

INTRODUÇÃO

Os processos biológicos de tratamento de resíduos de um modo geral se classificam em dois grupos distintos, com relação à forma de inoculação dos microrganismos: processos com microrganismos em suspensão, sistemas que envolvem microrganismos na forma de flocos microbianos de tamanhos variados, suspensos em tanques aerados, como é o caso do processo de lodos ativados; e processos com microrganismos imobilizados, sistemas nos quais os microrganismos são fixos em suportes inertes. Nos suportes, fixos ou móveis, os microrganismos ficam imobilizados e formam um leito permeável.

O problema de arraste em reatores para o tratamento de resíduos, pode ser resolvido pela imobilização das células em suportes sólidos esta imobilização permite a retenção das células no reator independentemente do fluxo da fase líquida, (Tavares, 1992).

A aplicação de células imobilizadas em processos de tratamento de águas residuárias tem avançado ultimamente, de modo especial em sistemas de tratamento contínuos, como em leitos compactos ou bio-reatores de leito fluidizado.

Segundo Scott (1987), os sistemas com culturas mistas, formando um filme biológico no suporte de superfície, são os mais utilizados nesses reatores. Entretanto, sistemas com células encapsuladas com populações microbianas definidas estão sendo estudadas (Scott, 1987).

Alguns aspectos da adesão microbiana, formação do biofilme e seu desenvolvimento em suportes sólidos devem ser conhecidos, para uma melhor compreensão do processo biológico de tratamento de resíduos.

De acordo com McEldowney e Fletcher (1986), a adesão dos microrganismos em uma superfície sólida é dependente das forças de atração entre as duas superfícies. Entretanto, as forças de repulsão podem contrapor às forças de atração e inibir a adesão.

A superfície do microrganismo em condições de pH usuais é carregada negativamente, e esta carga também é apresentada em muitos materiais considerados como suportes potenciais, sendo a maior parte polímeros orgânicos. Uma modificação, seja da superfície do suporte ou

da superfície do microrganismo, é necessária para diminuir a repulsão elétrica e assim criar uma atração entre a bactéria e o suporte.

A modificação da superfície do suporte pode ser obtida adicionando cargas positivas através de ácidos (Liu, 1994), ou outras técnicas, que empregam íons metálicos, tais como: Fe^{+3} e Al^{+3} (Changui *et al.*, 1987, Lerpocasombut, 1991).

Hermesse *et al.* (1988, citado por Liu, 1994) mostram que *Acetobacter A.* aderia à superfície de poliestireno, e de polimida-nylon 6, somente após estas partículas serem tratadas com íons Fe^{+3} . O tratamento diminuiu as cargas negativas superficiais, e com isso a repulsão que existia entre o suporte e a bactéria.

Os microrganismos que têm dificuldade de aderir em superfícies de suportes, podem chegar à adesão se as propriedades físicas ou química das células, ou das superfícies sólidas forem modificadas (Van Haecht *et al.* 1984; Tavares, 1992).

O efeito da rugosidade do material suporte sobre a adesão microbiana é um assunto que vem merecendo especial atenção por parte de vários pesquisadores. Porém resultados conclusivos são difíceis de se preverem, devido à dificuldade de se medir a rugosidade quantitativamente.

Segundo Liu (1994), pode-se subdividir a rugosidade superficial em duas classes distintas:

- microrugosidade, que se refere a uma baixa rugosidade de superfície, como a apresentada na camada viscosa de um material polimérico sem tratamento;
- macrorugosidade, caracterizada pela rugosidade superficial maior que a da camada viscosa de um material polimérico.

A adesão está também associada à produção de polímeros extracelulares, em especial os polissacarídeos (Jarman *et al.*, 1978; Fletcher 1977; Bryers e Characklis, 1982; Trinet *et al.*, 1991). Acredita-se que os polímeros extracelulares atuam como agentes ligantes e reforçam a adesão dos microrganismos à superfície sólida.

Neste trabalho, estudou-se o tratamento de um resíduo sintético em reator de leito fluidizado trifásico. Utilizou-se como suporte para o crescimento microbiano partículas de PVC, que passaram por um tratamento superficial com ácido. O reator foi inoculado com cultura bacteriana mista e com cultura pura de *Escherichia coli*.

MATERIAIS E MÉTODOS

Instalação Experimental

A instalação experimental (Figura 1) era constituída de um reator de leito fluidizado trifásico com capacidade de 0,88 L/h e trabalhou com tempo de retenção hidráulica de 40 min.

A alimentação de gás e líquido foi feita de modo concorrente, à base do reator.

Para verificar a influência da cultura bacteriana na performance do tratamento, 2 inóculos diferentes foram utilizados: lodo de esgoto proveniente da estação de tratamento de esgoto da cidade de Londrina-PR. e cultura pura de *Escherichia coli*, isolada do lodo utilizado.

A partida do reator se deu após inoculação com 100mL de lodo ativado, para o ensaio 1 e, com 100mL de uma cultura pura de *Escherichia coli* para o ensaio 2. Esses ensaios foram realizados em circuito fechado, durante 1 hora, e após iniciava-se a operação em contínuo, aumentando a vazão de alimentação até atingir (após 24 horas) o valor estabelecido. A taxa de expansão do leito foi fixada em 100%, pelo ajuste da vazão de líquido. As condições operacionais dos processos estão apresentadas na Tabela 1.

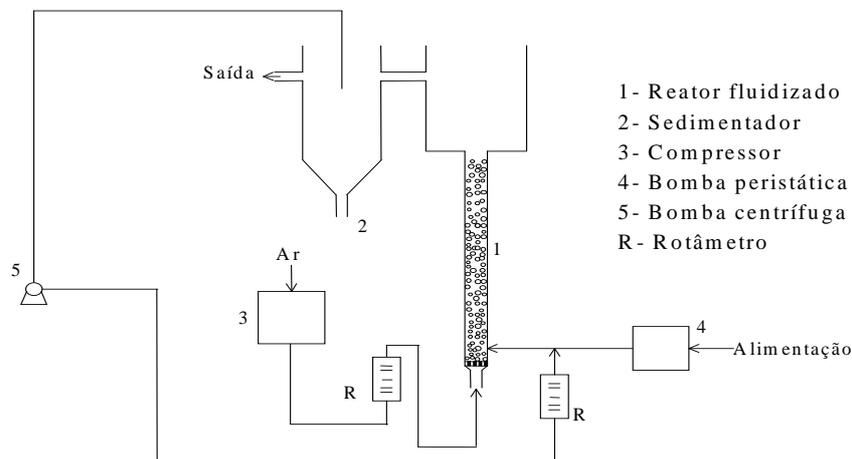


Figura 1. Reator Biológico de Leito Fluidizado Trifásico.

Tabela 1. Condições Operacionais do Processo.

Parâmetros	Condições Operacionais
Enchimento do Leito (%)	54,5
Velocidade do ar (m/h)	3,87
Velocidade do Líquido (m/h)	113,32
Tempo de Retenção Hidráulica (min)	40
Carga Orgânica (Kg DQO/m ³ dia)	7,35

Resíduo

Foi utilizado como resíduo um efluente sintético, que simulava o resíduo de uma indústria de laticínios, com DQO média de 380mg/L, cuja composição encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2. Composição do Efluente Sintético.

Constituinte	Concentração (mg/L)	Procedência
Leite integral	150,0	Nestlé
Glicose p.a.	150,0	Reagen
Uréia p.a.	14,4	Reagen
Fosfato de Potássio	7,2	Merck

Material Suporte

Partículas de PVC foram utilizadas como suporte para o crescimento microbiano, depois de passarem por tratamento de superfície com “Dop plasticizer” e ácido nítrico, com a finalidade de promover uma rugosidade superficial, para um melhor desenvolvimento do biofilme. A Tabela 3 apresenta as características físicas do material suporte.

Tabela 3. Características do Material Suporte.

Características	
Diâmetro médio (mm)	4,68
Massa Volumétrica (kg/m)	1.205
Veloc. Mín. Fluidização (m/h)	53,6

Métodos Analíticos

Todas as análises, com exceção das análises de proteínas e polissacarídeos, foram feitas de acordo com os procedimentos do “American Public Health Association - Standard Methods for Examination of Water and Wastewater” (1980)

(a) Análises da Fase Líquida

As análises da fase líquida foram efetuadas em amostras coletadas instantaneamente à entrada e saída do reator. Foi determinado DQO solúvel, MES (material em suspensão), pH e concentração de oxigênio dissolvido.

A biomassa em suspensão no reator foi expressa em termos do teor de proteína e polissacarídeos medidos pelos métodos de Lowry *et al.* (1951) e Fenol - Ácido Sulfúrico de Dubois *et al.* (1956), respectivamente, ambos adaptados por Tavares (1992).

(b) Análises da Fase Sólida

A biomassa aderida ao suporte (biofilme) foi quantificada pelo teor de polissacarídeos e proteínas aderidos, medidos pelos métodos de Dubois *et al.* (1956) e de Lowry *et al.* (1951), respectivamente, também adaptados por Tavares (1992).

A extração da biomassa aderida ao suporte foi realizada, através de hidrólise alcalina com NaOH 1 N, para as análises de proteínas, e com solução tampão de fosfato de potássio, para as análises de polissacarídeos. As hidrólises foram realizadas a 80°C por 30 minutos, seguidas de agitação com ultra-som durante 10 minutos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nos experimentos são apresentados nas Figuras 2 a 6. Estes resultados permitem observar que cerca de 89% da matéria orgânica foi removida em ambos os experimentos, apesar de estes valores terem sido alcançados muito mais rapidamente no ensaio com *Escherichia coli*.

O funcionamento do tratamento biológico em reator de leite fluidizado está diretamente relacionado com o desenvolvimento do biofilme à superfície do suporte, que pode ser avaliado pela concentração de polissacarídeos e proteínas aderidos.

Os resultados obtidos mostram que as concentrações de proteínas e polissacarídeos aderidos ao suporte, quando se trabalhou com a cultura pura de *Escherichia coli*., foram inferiores aos encontrados no ensaio com cultura mista de lodos (Figuras 3 e 4). Isto pode demonstrar que uma

grande variedade de espécies presentes no ensaio com lodos ativados, permitiu uma maior adesão e retenção de microrganismos.

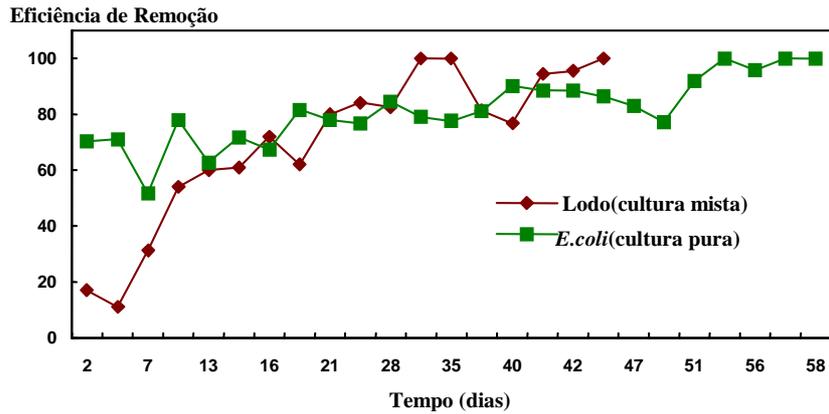


Figura 2. Eficiência de Remoção de DQO em Função do Tempo.

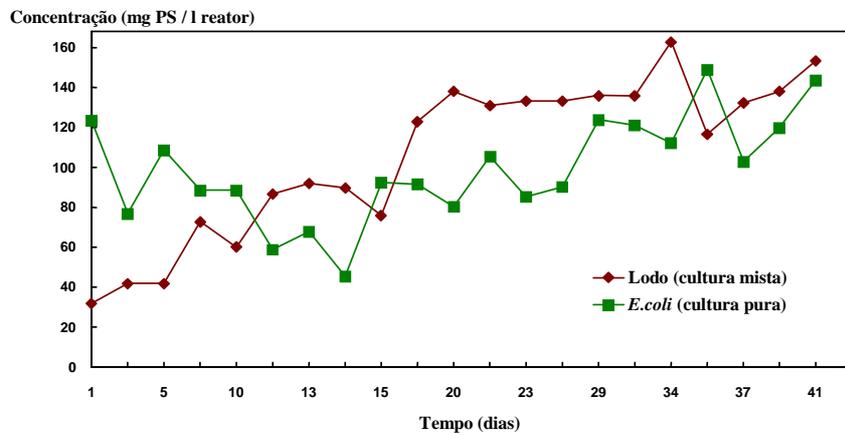


Figura 3. Polissacarídeos Aderidos ao Suporte em Função do Tempo.

Quando se analisa a Figura 4, pode-se observar que os microrganismos estabeleceram seu desenvolvimento muito mais rapidamente, enquanto para cultura mista, este desenvolvimento foi mais lento, isto porque provavelmente, estabeleceram-se somente aqueles microrganismos que têm afinidade pelo substrato.

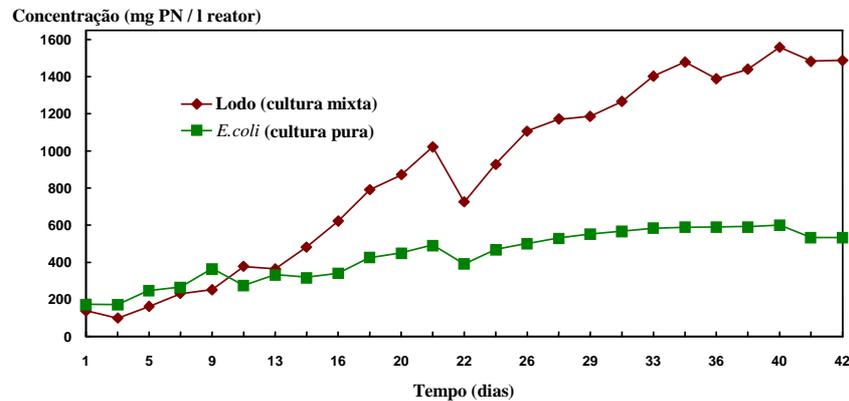


Figura 4. Proteínas Aderidas ao Suporte em Função do Tempo.

A importância do tratamento químico superficial do suporte na obtenção de superfícies mais rugosas e com características de macroporosidade foi observada neste trabalho, através de análises de microscopia eletrônica de varredura (MEV), para o material suporte PVC+DOP (Figuras 5 e 6).

As micrografias apresentadas nas Figuras 5 e 6 mostram que o tratamento superficial com ácido nítrico modificou de maneira bastante acentuada as características superficiais do suporte.

A análise destas micrografias permite observar que o PVC+DOP, mesmo sem passar por tratamento superficial, já apresenta características de rugosidade, que poderiam ser classificadas como microcavidades. De acordo com Liu (1994), nesse tipo de suporte pouco rugoso, as colônias microbianas são expostas a forças de cisalhamento do líquido, conduzindo a um grande desprendimento e à formação de um filme homogêneo e fino.

Em contrapartida, de acordo com Liu (1994), para suportes que apresentam macrorrugosidade (Figura 6), a situação é diferente, pois o biofilme se desenvolve inicialmente apenas dentro das cavidades da superfície, onde os microrganismos são protegidos das forças de cisalhamento. Conclui-se então que o tratamento superficial foi extremamente importante para a modificação das características superficiais do suporte, tornando-o assim mais adequado para utilização em tratamento biológico de resíduos.

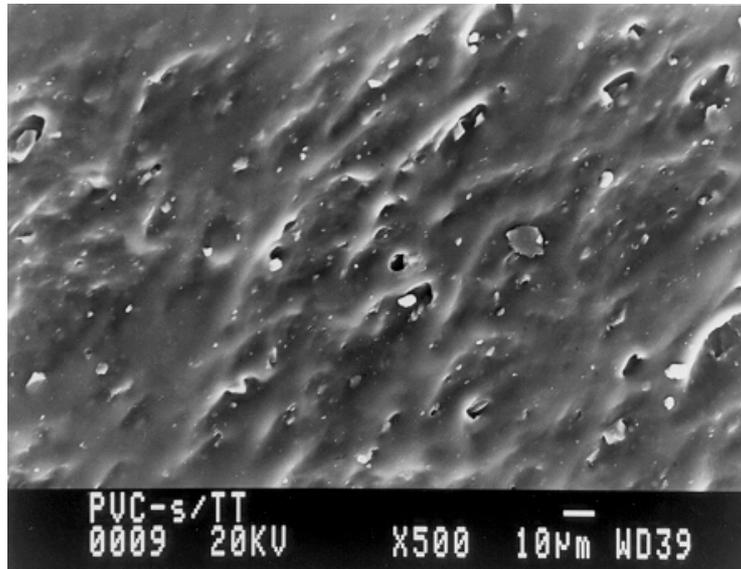


Figura 5. Vista da Superfície do Suporte sem Tratamento.

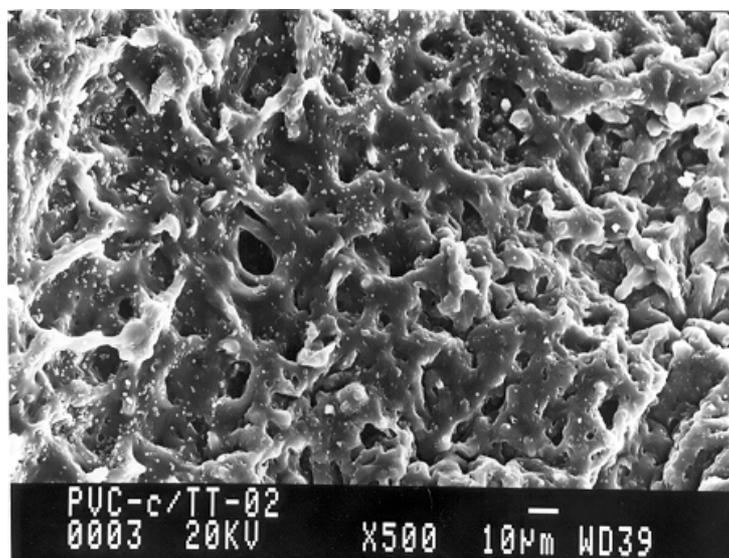


Figura 6. Vista da Superfície do Suporte com Tratamento.

CONCLUSÕES

A utilização de uma cultura pura de microrganismos não levou a uma melhora significativa no desempenho do processo de tratamento, com relação à eficiência de remoção de DQO.

A estabilização do processo de tratamento, sobretudo da fase sólida, foi mais rápida quando se trabalhou com a cultura pura de *Escherichia coli*.

O tratamento superficial levou à obtenção de superfícies rugosas e porosas, que foram perfeitamente adequadas à adesão e retenção do biofilme.

O processo de tratamento biológico no reator de leito fluidizado trifásico mostrou-se extremamente viável, como uma alternativa aos processos convencionais de tratamento biológico de resíduos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination for water and wastewater. 15.ed. Washington: APHA, 1980.
- BRYERS, J.D. & CHARACKLIS, W.G. Process governing primary biofilm formation. *Biotechnol. Bioengineer.*, 24:2451-2476, 1982.
- CHANGUI, C., REILLEY, C. & EVERHART, D.S. Surface properties of polycarbonate and promotion of yeast cells adhesion. *J. Chimie Physique*, 2:275-281, 1987.
- DUBOIS, M., GILLES, K.A., HAMILTON, J.K., REBERS, P.A. & SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analit. Chemist.*, 28(3):350-356, 1956.
- FLETCHER, M. The effects of culture concentration and age, time and temperature on bacterial attachment to polystyrene. *Can. J. Microbiol.*, 23(1):1-6, 1977.
- JARMAN, T.R., DEARUN, L. SLOCOMBE, S. & RIGHELATO, R.C. Investigation of the effect of environmental conditions on the rate of exopolysaccharide syntesis en *Azobacter Vinelandie*. *J. Gen. Microbiol.*, 107:59-64, 1978.
- LERTPOCASOMBUT, K. *Epuration carbonée par film biologique nince dans un reacteur à lit fluidisé triphasique*. Toulouse, 1991. Thèse (Doctorat Ingeniere du Traitement et L'Epuration Des Eaux), INSA.
- LIU, Y. *Dynamique de croissance de biofilms nitrifiants appliques aux traitements des eaux*. Toulouse, 1994. Thèse (Doctorat Ingeniere du Traitement et L'Epuration Des Eaux), INSA.
- LOWRY, O.H., ROSEBROUGH, N.J., FARR, A.L. & RANDAL, R.J. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biolog. Chem.*, 193:265-275, 1951.
- Mc ELDOWEY, S.E. & FLETCHER, M. Variability of the influence of physicochemical factors affecting bacterial adhesion to polystyrene substrata. *Appl. Environm. Microbiol.*, 52(3):460-465, 1986.

- SCOTT, C.D. Immobilized cells: a review of recent literature. *Enz. Microbiol. Technol.*, 9:66-68, 1987.
- TAVARES, C.R.G. *Tratamento aeróbio de efluentes em bioreatores de fluidizado trifásico*. Rio de Janeiro, 1992. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- TRINET, F., HEIM, R., AMAR, D., CHANG, H.T. & RITTMANN, B.E. Study of biofilm and fluidization of bioparticles in a three - phase fluidized bed reactor. *Water Sci. Technol.*, 23:1347-1354, 1991.
- VAN HAECHT, J.L., DE BREMAEKER, M. & ROUSCHET, P.G. In SCOTT, C.D. (1987), Immobilized cells: a review of recent literature. *Enz. Microbiol. Technol.*, 9(6):221-227, 1984.