

# TRATAMENTO BIOLÓGICO E RECICLAGEM DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS EM UM SISTEMA INTENSIVO DE PRODUÇÃO DE LEITE

ALOÍSIO TORRES DE CAMPOS<sup>1</sup>, WIDSNEY ALVES FERREIRA<sup>2</sup>, ALESSANDRO TORRES CAMPOS<sup>3</sup>, MARIA DE FÁTIMA ÁVILA PIRES<sup>4</sup>

<sup>1, 4</sup> Pesquisadores da Embrapa Gado de Leite – Rua Eugênio do Nascimento, 610 - 36038-330 – Juiz de Fora – MG

<sup>2</sup> Professor Titular, Dr., Departamento de Engenharia Rural, FCA - UNESP, 18603-970 - Botucatu – SP

<sup>3</sup> Professor Assistente, Centro de Ciências Agrárias - UNIOESTE, 85960-000 - Marechal Cândido Rondon – PR

**RESUMO:** Foram construídos dois reatores, pelo processo de lodo ativado por batelada (LAB), com sistemas de aeração prolongada e intermitente. Foram realizadas amostragens na entrada e no interior dos tanques de aeração, na saída da irrigação e dos dejetos puros. Parâmetros analisados: pH, temperatura, DBO e DQO totais e solúveis, sólidos totais fixos e voláteis, sólidos (sedimentáveis, suspensos fixos e voláteis), nitrogênio, potássio, fósforo e magnésio. O sistema de tratamento foi eficiente para reduzir e estabilizar a MO do efluente líquido. Altas reduções de DBO (94,36 e 95,15%) e DQO (77,92 e 85,00%) foram alcançadas para os efluentes de irrigação e decantado, respectivamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** aeração intermitente, aeração prolongada, dejetos de bovinos, lodo ativado por batelada (LAB), reciclagem de efluente.

## AEROBIC BIOLOGICAL TREATMENT AND RECYCLING OF THE WASTEWATER IN AN INTENSIVE SYSTEM OF MILK PRODUCTION

**ABSTRACT:** Two reactors were built as the activated sludge sequencing batch reactor (SBR) units with prolonged and intermittent aeration. The following parameters were analysed: pH, temperature, soluble and total Biochemical Oxygen Demand (BOD), soluble and total Chemical Oxygen Demand (COD), volatile and total solids, sedimented solids, ammonia and total kjeldahl nitrogen, potassium, total phosphorus and magnesium. The results showed that the aerobic biological treatment was efficient in reduction and stabilization of the organic matter of the liquid effluent. High BOD reduction efficiencies (94.36 and 95.15%) and COD (77.92 and 85.00%) were registered for the irrigation and the decanted effluent, respectively.

**KEYWORDS:** aerobic biological treatment, bovine manure, intermittent aeration, prolonged aeration, recycling of the effluent, sequencing batch reactor (SBR).

## INTRODUÇÃO

Os sistemas intensivos de produção de leite (SIPL) em regime de confinamento têm aumentado expressivamente no Brasil, principalmente nas Regiões Sul e Sudeste. A grande quantidade de resíduos produzidos nesses sistemas, normalmente, é disposta no meio ambiente sem nenhum tipo de tratamento, poluindo o solo, as águas superficiais e subterrâneas, causando impactos negativos ao meio ambiente. Os prejuízos ambientais são ainda maiores quando esses resíduos orgânicos são arrastados para os cursos d'água, pois, devido à sua alta carga orgânica, reduzem o teor de oxigênio da água, provocando a morte de peixes e microrganismos. Além disso, os diversos nutrientes contidos nesses resíduos (N, P e K) estimulam o crescimento de plantas aquáticas e a eutrofização dos corpos d'água.

A estabilização aeróbia das águas residuárias com substâncias biodegradáveis tem sido realizada por três processos biológicos principais: lodos ativados, filtros biológicos e lagoas de estabilização aeróbia (BRANCO & HESS, 1975; CULP et al., 1978; BRAILE & CAVALCANTI, 1993), sendo o de lodos ativados o mais empregado atualmente.

O trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do tratamento biológico aeróbio na redução e na estabilização da matéria orgânica biodegradável de águas residuárias provenientes da criação intensiva de bovinos, visando à sua reciclagem na limpeza hidráulica das instalações e sua disposição no ambiente sob a forma de fertirrigação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido nas instalações do SIPL da Embrapa Gado de Leite, situado no Município de Coronel Pacheco, MG. O sistema de tratamento biológico consiste de dois reatores, com capacidade útil de 300 m<sup>3</sup> cada um, para compor as unidades do processo de lodo ativado por batelada (LAB), com sistemas de aeração prolongada e intermitente. Esses reatores foram dimensionados para um tempo de retenção hidráulica de 24 dias, com diluição dos dejetos (fezes + urina) em água na proporção de 1:1. Em cada reator foi instalado um aerador-misturador submersível. Uma motobomba, com vazão de 60 m<sup>3</sup>/h, foi utilizada para reciclar o efluente tratado sobre os corredores dos galpões de confinamento "free stall" e promover a limpeza hidráulica dos dejetos, que retornam aos tanques de aeração por gravidade. A drenagem dos reatores foi processada por uma motobomba submersa, com vazão de 10 m<sup>3</sup>/h, conduzindo o efluente tratado (biofertilizante) até as áreas de produção de forragem, através de irrigação por infiltração.

Foram realizadas amostragens na entrada e no interior dos tanques de aeração, na saída da tubulação de irrigação e dos dejetos puros dos animais. Foram analisados os seguintes parâmetros: pH, temperatura, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) totais e solúveis, sólidos totais fixos e voláteis, sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos fixos e voláteis, NKT e amoniacal, potássio, fósforo total, magnésio. A temperatura em cada ponto foi obtida a campo. A coleta e a preservação das amostras foram feitas de acordo com o preconizado pela CETESB (1987). As análises foram efetuadas de acordo com os métodos analíticos estabelecidos pela APHA (1989). A eficiência dos parâmetros analisados no tratamento foi avaliada conforme recomendações de (METCALF & EDDY 1991). Foi adotado o processo de tratamento por lodo ativado por batelada (LAB), com aeração prolongada e intermitente. Os períodos de aeração foram de nove minutos e os de não-aeração, 18 minutos. Os períodos do ciclo operacional do processo de LAB foram determinados conforme descrições de (KAMIYAMA, 1989; IRVINE & BUSH, 1979).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se pelo Quadro 1 que o sistema de tratamento aeróbio empregado apresentou altas reduções de DBO e DQO (94,36 e 77,92%) e (95,15 e 85,00%), em relação a DBO e DQO solúveis para os efluentes de irrigação (EI) e decantado (ED), respectivamente. Com relação a DBO e DQO total do efluente (66,15 e 57,15%) e (66,06 e 55,17%), houve uma queda acentuada nessas reduções. Estes resultados corroboram com as citações de ALÉM SOBRINHO (1983), que preconiza reduções de DBO<sub>5</sub> de 90 a 98% com base na DBO solúvel do efluente, para as variações do processo de lodo ativado, operando na faixa de aeração prolongada. (BRAILE & CAVALCANTI, 1993; METCALF & EDDY, 1991; VON SPERLING, 1994) citam eficiências de remoção de DBO na faixa de 75 a 95% para a maioria dos processos de aeração prolongada, para vários tipos de efluentes. Altas concentrações de SSTA e SSVTA (16.860 e 13.300 mg/l), respectivamente, podem explicar o desempenho do sistema de tratamento. A menor redução de DQO (77,92 e 85,00%) em relação a DBO (94,36 e 95,15%) pode ser explicada pela alta relação DQO/DBO afluente = 3,12 e DQO/DBO efluente = 3,94 apresentadas. Esta relação vem ao encontro das indicações de BRAILE & CAVALCANTI (1993), que consideram um resíduo facilmente biodegradável, quando a DQO/DBO < 2. Entretanto, quando a relação DQO/DBO >> 2 (DQO/DBO afluente < DQO/DBO efluente), o resíduo contém MO não-biodegradável e o efluente tratado terá grande redução de DBO e redução parcial de DQO. Observa-se também que a menor redução de DQO (77,92 e 85,00%), em relação a DQO solúvel do efluente, escapando do tratamento biológico, ainda foi um resultado aceitável,

dentro da faixa esperada pela maioria dos trabalhos (75 a 95%). As reduções de ST e matéria orgânica (SVT) para o EI foram de (55,97 e 48,31%) e para o ED de (83,30 e 82,67%), respectivamente. Esta diferença de redução em favor do ED pode ser explicada pelo arrastamento desses sólidos no EI, uma vez que, no período de drenagem, o sistema de aeração-mistura permanece funcionando, mantendo os sólidos em suspensão. A disposição do lodo estabilizado é de interesse do sistema, dada sua excelente qualidade como biofertilizante e condicionador de solo (GIESSMANN, 1981; KIEHL, 1985). Com relação à estabilização da MO, a relação C/N do EI foi de 16,3 e a do ED de 7,2, indicando que o primeiro está bioestabilizado e o segundo, humificado. O pH foi maior do que 7,0 para ambos os efluentes, ou seja, 7,40 para o EI e 7,25 para o ED. Outras características apresentadas pelo efluente, tais como: ausência de mau-cheiro, pelo desmembramento dos compostos de enxofre e fixação do amoníaco, a cor escura e consistência gelatinosa, são conseqüências indicadoras do processo humoso adiantado, relatado por GIESSMANN (1981). Durante vários anos de operação do sistema de tratamento observou-se a ausência de moscas no interior e arredores dos tanques de aeração e das instalações dos animais "free stall", proporcionando benefícios de ordem sanitária e estética ao SIPL. O processo de LAB, com aeração prolongada e intermitente, com baixas taxas de aeração e maior tempo de detenção hidráulica, foi eficiente para estabilizar a MO dos dejetos de bovinos, transformando esses resíduos num efluente líquido humificado, com boas condições para reciclagem. Com base nos resultados alcançados, o sistema de operação

#### CONCLUSÕES

O sistema de tratamento biológico aeróbio foi eficiente para reduzir e estabilizar a matéria orgânica do efluente líquido dos bovinos, sendo o EI bioestabilizado e o ED humificado.

O sistema tratamento permitiu altas reduções de DBO e DQO, tanto para o EI quanto para o ED.

O sistema de tratamento proporcionou benefícios de ordem sanitária e estética ao SIPL, pela ausência de mau-cheiro e de moscas no interior e arredores dos tanques de aeração e das instalações.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALÉM SOBRINHO, P. Estudo dos fatores que influem no desempenho do processo de lodos ativados: determinação de parâmetros de projeto para esgotos predominantemente domésticos. Rev. DAE, São Paulo, v.43, n.132, p.49-85, 1983.
2. APHA, AWWA, WPCF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 17.ed. Washington: 1989.
3. BRAILE, P. M., CAVALCANTI, J. E. W. A. *Manual de tratamento de águas residuárias*. São Paulo: CETESB, 1993. 764p.
4. BRANCO, S. M., HESS, M. L. Tratamento de resíduos. In: AQUARONE, E.; BORZANI, W.; LIMA, U. de A. (Coords.). *Biotechnologia: tópicos de microbiologia industrial*. São Paulo: Edgard Blücher, 1975. v.2, cap.3, p.47-76.
5. CETESB. *Guia de coleta e preservação de amostras de água*. São Paulo: CETESB, 1987. 150p.
6. CULP, R. L., WESNER, G. M., CULP, G. L. *Handbook of advanced wastewater treatment*. 2.ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1978. 632p.
7. GIESSMANN, E. *Biologia e técnica de manejo do esterco líquido*. Palmeira: Colônia Witmarsum/Cooperativa Mista Agropecuária Witmarsum, 1981. 12p. (Mimeo.).
8. IRVINE, R. L., BUSH, A. W. Sequencing batch biological reactors: an overview. *Journal WPCF*, Alexandria, v. 51, n.2, p.235-43, 1979.
9. KAMIYAMA, H. Lodo ativado por batelada (LAB): suas vantagens no tratamento de esgotos das comunidades de médio e pequeno porte (parte 1). Rev. DAE, São Paulo, v.49, n.157, p.218-21, 1989.
10. KIEHL, E. J. *Fertilizantes orgânicos*. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492p.
11. METCALF & EDDY. *Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse*. 3.ed. New York: McGraw-Hill, 1991. 1334p.
12. VON SPERLING, M. Critérios de dados para uma seleção preliminar de tratamento de resíduos de esgotos. *Revista Bio*, São Paulo, v.3, n.1, p.7-21, 1994.

QUADRO 1 - Variação da concentração de alguns parâmetros em relação aos valores médios do efluente decantado (ED), após duas horas de decantação, e do efluente de irrigação (EI)					
Parâmetros	Afluente (S <sub>0</sub> )	ED (S)	EI (S)	Redução ED (%)	Redução EI (%)
DBO <sub>5</sub> , mg/l	9.734	472 <sup>(1)</sup>	549 <sup>(1)</sup>	95,15	94,36
DBO <sub>5</sub> , mg/l	9.734	3.304	3.296	66,06	66,15
DQO, mg/l	30.338	4.550 <sup>(1)</sup>	6.700 <sup>(1)</sup>	85,00	77,92
DQO, mg/l	30.338	13.600	13.000	55,17	57,15
Sólidos Totais (ST), mg/l	116.865	19.520	51.455	83,30	55,97
Sólidos Fixos Totais (SFT), mg/l	28.575	4.220	5.820	85,23	79,63
Sólidos Voláteis Totais, MO (SVT), mg/l	88.290	15.300	45.635	82,67	48,31
Nitrogênio Kjeldahl Total (NKT), mg/l	1.945	1.238	1.626	36,35	16,40
Nitrogênio Amoniacal (N-NH <sub>4</sub> ), mg/l	329	463	586	+29,15	+43,76
Fósforo Total (P), mg/l	683	198	284	71,01	58,42
Potássio (K), mg/l	6.148	3.092	2.388	49,71	61,16
Cálcio (Ca), mg/l	8.248	282	311	96,58	96,23
Magnésio (Mg), mg/l	1.591	152	187	90,45	88,25
Carbono Total (C), mg/l	51.331	8.895	26.532	82,67	48,31
Relação Carbono/Nitrogênio (C/N)	26,4	7,2	16,3	72,73	38,26
Potencial Hidrogeniônico (pH)	7,26	7,25	7,40	-	-

(1) DBO e DQO Solúveis do efluente, escapando do tratamento. DBO Solúvel = MO na forma de sólidos dissolvidos (SD).