



sisippa 89

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED APPROACHES
TO WATER POLLUTION PROBLEMS
SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR DES SOLUTIONS INTÉGRÉES
POUR DES PROBLÈMES DE POLLUTION DE L'EAU
SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE SOLUÇÕES INTEGRADAS
PARA PROBLEMAS DE POLUIÇÃO DA ÁGUA

BIODEGRADAÇÃO DE EFLUENTES DE CRIAÇÃO DE BOVINOS DE LEITE
CINÉTICA DE REMOÇÃO DE POLUENTES

BIODEGRADATION OF EFFLUENTS FROM DAIRY CATTLE
KINETIC OF POLUTANTS REMOVAL

José Filipe dos Santos OLIVEIRA⁽¹⁾; Benilde Simões MENDES⁽²⁾
Manuel MARTINS⁽³⁾

RESUMO

A criação de bovinos representa uma fracção significativa de poluição orgânica gerada em Portugal com forte impacte negativo em algumas áreas onde a criação é intensiva. A biodegradabilidade desses efluentes justifica a adopção generalizada de processos biológicos no seu tratamento e eventual valorização.

Discutem-se alguns modelos que permitem traduzir a cinética de remoção da poluição orgânica e dimensionar, nessa base os reactores, até ao grau de tratamento pretendido.

Palavras Chave: Bovinos, Produção de Leite, Cinética, Remoção de poluentes.

ABSTRACT

Cattle breeding represent a significant fraction of organic pollution generated in Portugal, with very negative impacts in some areas where animal population is treated in an intensive way. Biodegradability of these effluents leads to the general adoption of biological processes in the treatment and eventual valorization of these wastes.

Some models are presented which make possible the description of the removal kinetics of organic pollution and the dimension, on this base, of the reactors needed to attain a certain degree of treatment.

Key Words: Dairy, Cattle, Kinetics, Pollutants Removal.

(1) Professor Catedrático da FCT/UNL, (2) Professora Auxiliar da FCT/UNL
(3) Assistente Estagiário da FCT/UNL

1- INTRODUÇÃO

A criação de bovinos é uma fonte importante de poluição hídrica em Portugal, onde representa uma carga equivalente a cerca de $8,9 \times 10^6$ habitantes (GASPAR et al, 1984).

O impacto ambiental resultante desta actividade assume alguns aspectos característicos, em consequência:

- da diversidade de dimensões das explorações de bovinicultura existentes e sua dispersão geográfica
- da diversidade de sistemas de exploração, incluindo desde criação es tabulada até ao pastoreio, livre ou condicionado, como sucede nos Açores
- da diversidade dos regimes alimentares existentes, com diferentes graus de intensificação cultural.

Os resíduos da criação de bovinos têm, como se disse, aspectos específicos que importa, neste contexto, analisar. Com efeito eles são formados por excrementos húmidos, incluindo constituintes sólidos e líquidos, por vezes com palhas ou outros materiais destinados a absorver a humidade.

No seu conjunto podem ser definidos pelos seguintes parâmetros:

a) Nas fezes dos bovinos vamos encontrar resíduos não digeridos, constituídos por celulose e fibras, na sua maior parte. Esses materiais, que escaparam às acções enzimáticas produzidas pelos microorganismos do rumen, constituem com a biomassa, viva ou morta, igualmente presente, cerca de 20 a 30% dos excrementos sólidos e neles se concentram cerca de 1/2 do Azoto eliminado pelos animais.

b) Esses materiais fecais têm valor nutricional, podendo ser reciclados por reutilização alimentar directa, sujeitos a processos de ensilagem e/ou compostagem, valorizados por via microbiana, adicionados ao solo como fertilizante ou correctivo orgânico, ou utilizados para a produção de biogaz.

A estabulação, como se disse, pode ser livre ou confinada, em função do clima, do número de animais em exploração, do grau de intensificação da exploração e do sistema de maneo aplicado.

Nos sistemas estabulados a remoção dos resíduos pode, por sua vez, ser feita por via seca ou por meio de água, de forma contínua ou descontínua, gerando por isso volumes muito diferentes de águas residuais, por animal.

Esses efluentes apresentam como vimos elevadas cargas orgânicas, de biodegradabilidade em geral reduzida, nos quais se podem também detectar elementos minerais, resultantes da alimentação ou de tratamentos sanitários vários, assim como, por razões idênticas, de antibióticos e de produtos farmacêuticos.

2 - BIODEGRADAÇÃO DOS EFLUENTES

2.1 - Material e métodos

As características menos favoráveis que aqueles efluentes apresentam, justificam a reduzida biodegradabilidade que muitas vezes apresentam, em especial no caso dos bovinos leiteiros. Daí o interesse de acompanhar o processo biodegradativo desses materiais e de estudar a cinética dessa biodegradação.

Recorreu-se para isso às técnicas normalizadas de biodegradação, baseadas em reactores descontínuos de 10 litros de capacidade, onde o efluente é submetido a um processo de arejamento contínuo, durante 21 dias, com recolha sistemática de amostras ao longo desse período.

Nas amostras colhidas efectuaram-se determinações químicas diversas, destinadas a controlar o processo biodegradativo de forma global e de alguns parâmetros específicos, de forma particular.

A composição química dos efluentes é apresentada no Quadro 1, onde se indicam os valores médios e desvios extremos observados, no que respeita aque

les parâmetros.

A biodegradabilidade da matéria orgânica do efluente bruto e do efluente diluído de 1:10 com água de torneira, pode ser acompanhada pela evolução temporal de alguns desses parâmetros. Concretamente, em relação à poluição orgânica, expressa pelos índices globais referidos no Quadro 1, ela pode ser acompanhada pelo excesso do Quadro 2.

2.2 - Cinética da remoção de matéria orgânica

A cinética da remoção pode ser descrita recorrendo a modelos diversos, propostos na literatura de especialidade. Apresentaremos, por isso, os resultados obtidos recorrendo aos modelos de

a) ADAMS et al., 1974

$$\frac{S_t - S_e}{S_0 - S_e} = B e^{-K_b t} \quad (1)$$

onde S_e representa a menor concentração observada durante o ensaio e que se assimila por isso à fracção inerte ou não biodegradável.

b) ADAMS et al., 1975

$$\frac{S_0 (S_0 - S_e)}{X_v t} = K S_e \quad (2)$$

onde X_v representa a biomassa activa presente e t o período de arejamento.

c) GRAU et al., 1975

$$\frac{S_e}{S_0} = \exp \left(- \frac{K_1(s) X_0 t}{S_0} \right) \quad (3)$$

ou

$$- \log \frac{S_e}{S_0} = p t \quad (4)$$

sendo a taxa de remoção da matéria orgânica K_{1j} igual a

$$K_{1j} = \frac{p}{X_0} \quad (5)$$

e a taxa de remoção de substrato $K_{1(s)}$, igual a

$$K_{1(s)} = p \frac{S_0}{X_0} \quad (6)$$

d) MONOD, 1950 (equação linearizada na forma integrada)

$$\frac{2,3}{t} \log \frac{S_0}{S_e} = - \frac{1}{K_s} \frac{S_0 - S_e}{t} + \frac{V_{\max}}{K_s} \quad (7)$$

Como se pode observar nas Figuras 1, 2, 3 e 4, respectivamente, a significancia desses ajustamentos é muito elevada em geral, pelo que o recurso a estas metodologias para descrever os processos biodegradativos destes efluentes é pertinente.

2.3 - Modelo bifásico de Oliveira et al, 1985

Para aplicação deste modelo bifásico, respeitante à evolução dos sólidos em suspensão presentes no meio arejado, em simultâneo com a evolução da carga orgânica, realizou-se uma série de ensaios cujas condições médias, expressas através de índices, são sumarizadas no Quadro 2.

Foi possível modelizar o processo recorrendo às seguintes equações (Figura 5).

A) Efluente bruto

1ª Fase (Síntese dominante)

$$X = 3687,2 - 1123,3 t + 934,7 t^2 - 187,8 t^3 + 11,1 t^4 \quad (8)$$

($r^2 = 0,864$; $F = 13,05$)

2ª Fase (Respiração endígena dominante)

$$X = 8327,3 e^{-0,0278 t} \quad (9)$$

($r^2 = 0,787$; $F = 7,0$)

B) Efluente diluído (1:10)

1ª Fase

$$X = 274,8 + 143,9 t - 18,6 t^2 \quad (10)$$

($r^2 = 0,884$; $F = 14,38$)

2ª Fase

$$X = 646,1 e^{-0,071 t} \quad (11)$$

($r^2 = 0,879$; $F = 9,0$)

3 - CONCLUSÕES

A matéria orgânica dos efluentes da criação de bovinos leiteiros apresenta reduzida biodegradabilidade. Demonstra-se, contudo, a possibilidade da sua biodegradação efectiva em reactores arejados, como base de um sistema de tratamento desses efluentes, susceptível até se transformar num processo de valorização alimentar (OLIVEIRA et al, 1988). A modelização desses processos biodegradativos é possível, dispondo-se assim metodologia auxiliar, para efeito de projecto de instalações e sistemas de transformação / valorização destes resíduos.

BIBLIOGRAFIA

- ADAMS, C.E.; ECKENFELDER, W.W.; HOVIOUS, J.C. (1975) - "A Kinetic model for design of completely - mixed activated sludge treating variable - strength industrial - Wastewater". Water Res. 9 : 37-42.
- CARTAXO, L.; PINELAS, R. (1985) - "Estimativa das cargas poluentes brutas produzidas pelas actividades industriais em Portugal Continental". In Poluição Industrial, Lisboa LNEC.
- CORREIA, M.M. (1985) - "Características, tratamento e destino final de resíduos de bovinos". M. Caparica, FCT, (Diss. de Mestrado).
- GASPAR, N.; GASPAR, A. OLIVEIRA, J.S. (1984) - "Characteristics and treatment of swine effluents". Istanbul, Symp. Environ. Manag. Devel. Countries.
- GRAU, P.; DOHANYOS, M.; CHUDOBA, J. (1975) - "Kinetics of multicomponent substrate removal by activated sludge". Water Res. 9 : 637-642.

- MONOD, J. (1950) - "La technique de culture continue, theorie et applications". Ann. Inst. Pasteur, 79 : 590.
- OLIVEIRA, J.S.; COSTA, M.L.; RODRIGUES, A.; MENEZES, J.G.; PEREIRA, M. A. (1985) - "Biodegradability of swine effluents". I. Oxygen consumption. Acta Biotechnol. 5(3), pp.245-250.
- OLIVEIRA, J.S.; COSTA, M.H.; RODRIGUES, A.; MENEZES, J.G.; BORIÉ, M.C. (1985) - "Biodegradability of swine effluents". II. Kinetics of pollutants removal. Acta Biotechnol. 5(3), pp.251-261.
- OLIVEIRA, J.S.; MENDES, B.; SANTANA, F.P. (1987) - "Biomass production from dairy breeding effluents". Eur. Congress on Biology and Production, Atenas.
- OLIVEIRA, J.S. et al., (1988) - "Tratamento e valorização de resíduos de criação animal. Rev. Ciências Agrárias. 88 pp. (submetido para publicação).
- PEREIRA, L.A. (1986) - "Contribuição para o estudo da influência do tratamento químico na toxicidade e biodegradabilidade dos efluentes e destilarias vinicas". M. Caparica, FCT, (Diss. de Mestrado).
- TISCHLER, L.T.; ECKENFELDER, W.W. (1968) - "Linear substrate removal in activated sludge process". Ind. Waste Conf. on Water Pollut. Res., 4th, Prague Pergamon London, Section II, pp.361-383.
- VAVILIN, V.A. (1982) - "The theory and design of aerobic biological treatments". Biotechn. Bioengineering 24 : 1725-1747.

QUADRO 1

Características dos efluentes do gado bovino leiteiro

Parâmetros	Valor médio	Valores extremos	
		mínimo	máximo
pH	7,91	6,59	8,74
Potencial redox (mV)	-129	-274	+75
Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	0,93	0,00	3,73
Consumo químico de oxigênio (mg O ₂ . L ⁻¹)			
- amostra bruta	19118	9336	28870
- amostra centrifugada	14554	8585	20522
Consumo total de oxigênio (mg O ₂ . L ⁻¹)			
- amostra centrifugada	17980	17060	18900
Carbono orgânico (mg C . L ⁻¹)			
- amostra bruta	7016	3850	10182
- amostra centrifugada	6008	4240	7343
Cor (unid. P _t - C _o)	8000	7150	8850
Turbidez (FTU)	2500	2010	2990
Sol. totais (g.L ⁻¹)	11,99	10,04	25,83
Sol. voláteis totais (g.L ⁻¹)	6,15	5,15	9,07
Sol. totais em suspensão (g.L ⁻¹)	3,87	2,71	7,28
Sol. voláteis em suspensão (g.L ⁻¹)	2,42	2,03	3,58
Condutividade (µmhos.cm ⁻¹)	72500	60000	85000
Acidez (mg CaCO ₃ . L ⁻¹)	50,0	0,0	150,0
Alcalinidade (mg CaCO ₃ . L ⁻¹)	466	10	1050
Sulfatos (mg SO ₄ ⁻² . L ⁻¹)	150	140	160
Cloretos (mg CL ⁻ . L ⁻¹)	112	107	116
Cálcio (mg Ca ⁺ . L ⁻¹)	418	181	655
Magnésio (mg Mg ⁺ . L ⁻¹)	142	88	196
Fosforo total (mg P . L ⁻¹)	80,8	36,1	125,5
Ortofosfatos (mg P . L ⁻¹)	48,2	7,4	104,5
N. total (mg N . L ⁻¹)	2089	899	2912
Azoto proteico (mg N . L ⁻¹)	159	148	179
N-NH ₄ ⁺ (mg N . L ⁻¹)	1161	815	1507
N-NO ₂ ⁻ (mg N . L ⁻¹)	4,9	2,1	7,7
N-NO ₃ ⁻ (mg N . L ⁻¹)	314	145	483

QUADRO 2

Evolução da carga orgânica, expressa pelo valor do TOC em amostras centrifugadas, e dos teores em sólidos suspensos ao longo do período de ensaio

Tempo de arejamento (dias)	Efluente bruto		Efluente diluído	
	TOC	VSS	TOC	VSS
0,0	1,00	100	100	100
0,25	95,1	110	63,5	120
1	88,0	115	48,0	170
2	78,1	128	42,0	182
3	70,2	160	36,2	193
6	50,0	120	32,2	148
8	45,8	105	25,5	96
10	44,0	92	25,2	67
14	41,2	85	26,8	52
17	38,0	64	29,1	41
20	46,1	46	31,0	12
valor médio (mg.L ⁻¹)	6008	3580	595	280

QUADRO 3

Evolução de alguns parâmetros em amostras de efluente bruto e diluído (1:10) ao longo do tempo*

	Tempo de arejamento (dias)										
	0	0,25	1	2	3	6	8	10	14	17	20
Efluente bruto											
pH	8,74	8,82	8,98	9,03	8,91	9,30	9,23	9,29	9,31	9,38	9,41
Condutividade (µmhos/cm ⁻¹)	75000	n.d.	40500	37500	37500	37500	30000	28000	27500	30000	30500
Sol. totais (g.L ⁻¹)	7,28	n.d.	5,62	5,72	7,36	6,94	6,28	7,31	8,08	8,18	5,58
Sol. Vol. totais (g.L ⁻¹)	3,58	n.d.	4,51	4,53	5,74	4,37	3,76	3,30	3,03	2,29	1,64
N-total (mgN.L ⁻¹)	2298	n.d.	2140	1603	1519	1121	908	684	516	342	325
N-NH ⁺ (mgN.L ⁻¹)	1507	n.d.	n.d.	2560	2344	1442	807	522	236	139	86
N-NO ⁻ (mgN.L ⁻¹)	483	n.d.	670	746	788	363	296	262	232	223	223
Efluente diluído											
pH	8,64	8,66	8,23	8,76	8,75	8,91	8,84	8,82	9,79	8,85	8,95
Condutividade (µmhos/cm ⁻¹)	4600	4500	5000	4050	4000	4000	3900	3800	3750	3750	3750
Sol. totais (g.L ⁻¹)	0,31	n.d.	0,60	0,59	0,55	n.d.	0,49	n.d.	0,33	0,25	0,17
Sol. Vol. totais (g.L ⁻¹)	0,28	0,34	0,49	0,51	0,54	0,41	0,27	0,175	0,14	0,11	0,04
N-total (mgN.L ⁻¹)	264	n.d.	223	213	200	157	141	111	90	54	65
N-NH ⁺ (mgN.L ⁻¹)	270	n.d.	218	n.d.	207	107	133	90	48	31	18
N-NO ⁻ (mgN.L ⁻¹)	55	n.d.	57	60	53	35	33	26	25	24	22

*Ensaio acompanhado pela lic. M.L. Costa, a quem agradecemos.

EFLUENTE BRUTO

EFLUENTE DILUÍDO



