

II-312 – AVALIAÇÃO DA BIODEGRADABILIDADE ANAERÓBIA DA VINHAÇA EM TEMPERATURA CONSTANTE DE 20°C E DIFERENTES VALORES DE pH

Fernanda Ribeiro Pinheiro⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Lavras.

Juliana Campos Amorim⁽²⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Lavras.

Fátima Resende Luiz Fia⁽³⁾

Engenheira Agrícola pela UFLA. Mestre e Doutora em Engenharia Agrícola pela UFV. Professora do Departamento de Engenharia da UFLA.

Ronaldo Fia⁽⁴⁾

Engenheiro Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Doutor em Engenharia Agrícola (Recursos Hídricos e Ambientais) pela UFV. Professor do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras.

Sílvia de Nazaré Monteiro Yanagi⁽⁵⁾

Meteorologista pela Universidade Federal do Pará. Professora Doutora na área de controle de Poluição do ar da Universidade Federal de Lavras.

Endereço⁽¹⁾: Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras - Lavras - MG - CEP: 37200-000 - Brasil - Tel: (35) 3829-1481 - e-mail: fernandapinheiro01@live.com

RESUMO

O conhecimento da cinética de degradação da matéria orgânica é uma importante ferramenta para a concepção e operação de sistemas anaeróbios, bem como para a previsão da qualidade do efluente final. No presente trabalho objetivou-se avaliar a biodegradabilidade anaeróbia da vinhaça com diferentes valores de pH e em temperatura constante de 20°C, por meio da obtenção dos coeficientes de degradação da matéria orgânica (k). O ensaio de biodegradabilidade foi composto por reatores, constituídos por frascos de vidro de 300 mL com tampas nos quais foram inseridos 80 mL de substrato (vinhaça) e 152 mL do inóculo (lodo proveniente da suinocultura). Amostras foram coletadas para determinação da DQO, cujos resultados ao longo do tempo possibilitaram a obtenção dos coeficientes de degradação da matéria orgânica (k), por meio do ajuste do modelo cinético de primeira ordem aos dados experimentais. Os valores médios de k obtidos para os diferentes valores de pH avaliados (2,9; 5,5; 6,5 e 7,5) correspondentes aos diferentes tratamentos (T1, T2, T3 e T4) foram 0,0842; 0,0701; 0,0648 e 0,0696 h⁻¹, respectivamente. Os valores de R² acima de 0,8 confirmam que o modelo cinético de primeira ordem foi capaz de descrever o comportamento dos reatores anaeróbios, quando utilizados no tratamento da vinhaça.

PALAVRAS-CHAVE: Vinhaça, digestão anaeróbia, biodegradabilidade, cinética.

INTRODUÇÃO

A vinhaça, produto da destilação fracionada do licor de fermentação do caldo de cana-de-açúcar; é um líquido residual, também conhecida, regionalmente, por restilo e vinhoto (GEMTOS et al., 1999). A vinhaça tem como constituinte principal a matéria orgânica, basicamente sob a forma de ácidos orgânicos, além de cátions como o K, Ca e Mg. Dos efluentes líquidos da indústria sucroalcooleira, a vinhaça é a que possui maior carga poluidora. A quantidade despejada pelas destilarias pode variar de 10 a 18 L de vinhaça por litro de álcool produzido, dependendo das condições tecnológicas da destilaria (ROSSETTO, 1987).

Devido à elevada carga poluidora a vinhaça deve ser tratada antes de ser disposta no ambiente. Assim, tem aumentado nos últimos anos, o interesse pelo tratamento anaeróbio, de resíduos líquidos e sólidos provenientes da agroindústria, por apresentar vantagens significativas quando comparado aos processos comumente utilizados de tratamento aeróbio de águas residuárias, ou aos processos convencionais de compostagem aeróbia de resíduos orgânicos sólidos (MORAES E JUNIOR, 2004). Dentre essas vantagens, estão a ausência de equipamentos sofisticados, menor consumo de energia, baixa produção de lodo a ser disposto e produção de metano, utilizável energeticamente (CAMPOS et al., 2006).

A caracterização dos efluentes por meio de testes de biodegradabilidade, é de fundamental importância, uma vez que as águas residuárias apresentam grande variabilidade quanto à quantidade e à qualidade, por exemplo, a DQO e presença de compostos orgânicos refratários. Acrescentam-se ainda outras características importantes ao tratamento anaeróbio, notadamente: pH, alcalinidade, nutrientes inorgânicos, temperatura e a eventual presença de compostos potencialmente tóxicos (MORAES e JUNIOR, 2004).

Os ensaios de biodegradabilidade das águas residuárias permitem determinar que fração da matéria orgânica, neste caso a DQO, que pode ser degradada em condições anaeróbias. Tal observação permite obter parâmetros a serem utilizados no dimensionamento de unidades de tratamento do efluente em estudo.

No presente trabalho teve-se como objetivo estudar a biodegradabilidade anaeróbia da vinhaça com diferentes valores de pH e em temperatura constante de 20°C, por meio da estimativa da taxa de utilização de substrato, de forma a promover maior conhecimento da cinética da sua biodegradação.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Análise de Água do Departamento de Engenharia (LAADeg) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). A água residuária utilizada durante o teste de biodegradabilidade foi coletada na Cachaçaria Bocaina, localizada no Município de Lavras-MG.

A vinhaça, por conter alto teor de sólidos suspensos, foi submetida, antes do ensaio de biodegradabilidade ao processo de sedimentação, a fim de remover estas partículas. Um volume de, aproximadamente, 5 litros de vinhaça foi colocado em um recipiente aberto e deixado em repouso durante 12 horas, e em seguida, o sobrenadante foi retirado para ser utilizado como substrato no ensaio. Amostras foram coletadas para a determinação das seguintes variáveis: pH, sólidos totais (ST), sólidos fixos totais (SFT), sólidos voláteis totais (SVT), demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio total Kjeldahl (NTK) e fósforo total de acordo com a metodologia descrita em APHA et al. (2005). A alcalinidade total (AT) e os ácidos voláteis totais (AVT) foram determinados seguindo a metodologia descrita por RIPLEY et al. (1986). Para determinação dos fenóis totais utilizou-se o reagente Folin-Denis (FOLIN & DENIS, 1912). A caracterização inicial do substrato encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização inicial da vinhaça após o processo de sedimentação

Amostra	pH	AT ^(a)	AVT ^(b)	ST	SFT	SVT	DQO	DBO	NTK	PT	Fenol
mg L ⁻¹											
Vinhaça	2,9	0	918	18.292	1.056	17.236	36.446	30.125	153	26	74
Observações:											
^(a) AT = mg L ⁻¹ de CaCO ₃											
^(b) AVT = mg L ⁻¹ de HAc											

Como inóculo para os ensaios de biodegradabilidade foi utilizado lodo proveniente de um reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) utilizado no tratamento da água residuária da suinocultura, sendo que sua caracterização em termos de sólidos totais (ST), sólidos fixos totais (SFT) e sólidos voláteis totais (SVT) encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização inicial do lodo anaeróbio utilizado como inóculo

Amostra	ST	SFT	SVT
mg L ⁻¹			
Lodo anaeróbio	66.290	28.066	38.224

Com base na concentração de SVT presente no lodo e na concentração de DQO da vinhaça, foram calculados os volumes de vinhaça e lodo para cada reator, de forma a estabelecer a relação substrato/biomassa em torno de 0,5, de acordo com MORAES & JÚNIOR (2004). A relação substrato/biomassa foi calculada por meio da eq.(1):

$$\frac{C_0}{X_0} = 0,5$$

eq. (1)

em que,

C₀ - concentração inicial de substrato, mg L⁻¹ de DQO, e

X₀ - concentração inicial de microrganismos, mg L⁻¹ de SVT.

O ensaio de biodegradabilidade foi composto por reatores, constituídos por frascos de vidro de 300 mL com tampas nos quais foram inseridos 80 mL de substrato (vinhaça) e 152 mL do inóculo (lodo proveniente da suinocultura). No tratamento 1 - T1, foi mantido o pH da água residuária, que foi de 2,9. Nos demais tratamentos realizou-se a correção do pH da vinhaça com hidróxido de sódio (NaOH) 40% (m/v), o que resultou em valores de pH de 5,50 (tratamento 2 -T2); 6,50 (tratamento 3 - T3) e 7,50 (tratamento 4 - T4). O ensaio foi feito em duplicata.

Os frascos foram tampados e colocados em ambiente com temperatura constante de 20°C, onde foram mantidos por um período de aproximadamente 12 horas. Durante este período, amostras foram coletadas para determinação da DQO. Com os resultados de DQO ao longo do tempo foram obtidos os coeficientes de degradação da matéria orgânica (k), por meio do ajuste do modelo cinético de primeira ordem aos dados experimentais. A equação integrada, expressa em termos de concentração, pode ser escrita como:

$$C = C_0 \times e^{-k.T}$$

eq. (2)

em que,

C - concentração de substrato para um tempo (T), mg L⁻¹ de DQO, e

C₀ - concentração inicial de substrato, mg L⁻¹ de DQO.

k - constante de velocidade para reação de primeira ordem, h⁻¹.

A constante cinética (k), denominada constante de velocidade para reação de primeira ordem, quantifica a velocidade de uma reação em condições específicas e pode ser definida como a variação da concentração de um reagente ou produto na unidade de tempo, em uma reação nos quais todos os reagentes se encontram em concentrações unitárias, desde que as mesmas condições experimentais sejam mantidas. Assim, quanto maior for o valor da constante, mais biodegradável será o substrato.

O conhecimento da cinética de degradação da matéria orgânica é uma importante ferramenta para a concepção e operação de sistemas anaeróbios, bem como para a previsão da qualidade do efluente final. Além disso, na literatura há uma carência de dados a respeito da constante de primeira ordem (k) para águas residuárias agroindustriais, sendo que na maioria das vezes, o aumento de escala destes reatores é feito com base em constantes obtidas para esgoto doméstico, o que pode subestimar ou superestimar o tamanho destas unidades, bem como impossibilitar a previsão do efluente final de um reator, o que justifica a realização do presente trabalho.

RESULTADOS

As curvas de decaimento de DQO ao longo do tempo, bem como as constantes de degradação do substrato (k), obtidas pelo ajuste da equação cinética de primeira ordem aos dados experimentais, para cada tratamento em duplicata podem visualizadas na Figura 1.

Esperava-se em temperatura constante de 20°C, que o aumento do pH da vinhaça favorecesse a degradação da matéria orgânica presente neste efluente, o que resultaria em maiores valores de k. No entanto, apesar da pequena variação nos valores de k entre os tratamentos, verifica-se na Figura 1 uma tendência de redução desta constante com o aumento nos valores de pH. Os valores médios de k obtidos para os tratamentos, T1, T2, T3 e T4 foram 0,0842; 0,0701; 0,0648 e 0,0696 h⁻¹, respectivamente.

Os valores da constante k obtidas neste trabalho foram superiores as obtidas por MORAES & JÚNIOR (2004) em ensaios de biodegradabilidade com efluentes de suinocultura utilizando como inóculo lodo de suinocultura, a qual foi de 0,0409 h⁻¹. Isto demonstra que a vinhaça apresenta uma maior biodegradabilidade que efluentes da suinocultura, fato que também pode ser comprovado pela sua relação DQO/DBO de 1,2, que segundo von SPERLING (2005) quanto mais próximo da unidade esta relação mais biodegradável é a amostra.

Os valores de R^2 acima de 0,8 (Figura 1) confirmam que o modelo cinético de primeira ordem foi capaz de descrever o comportamento dos reatores anaeróbios, quando utilizados no tratamento da vinhaça.

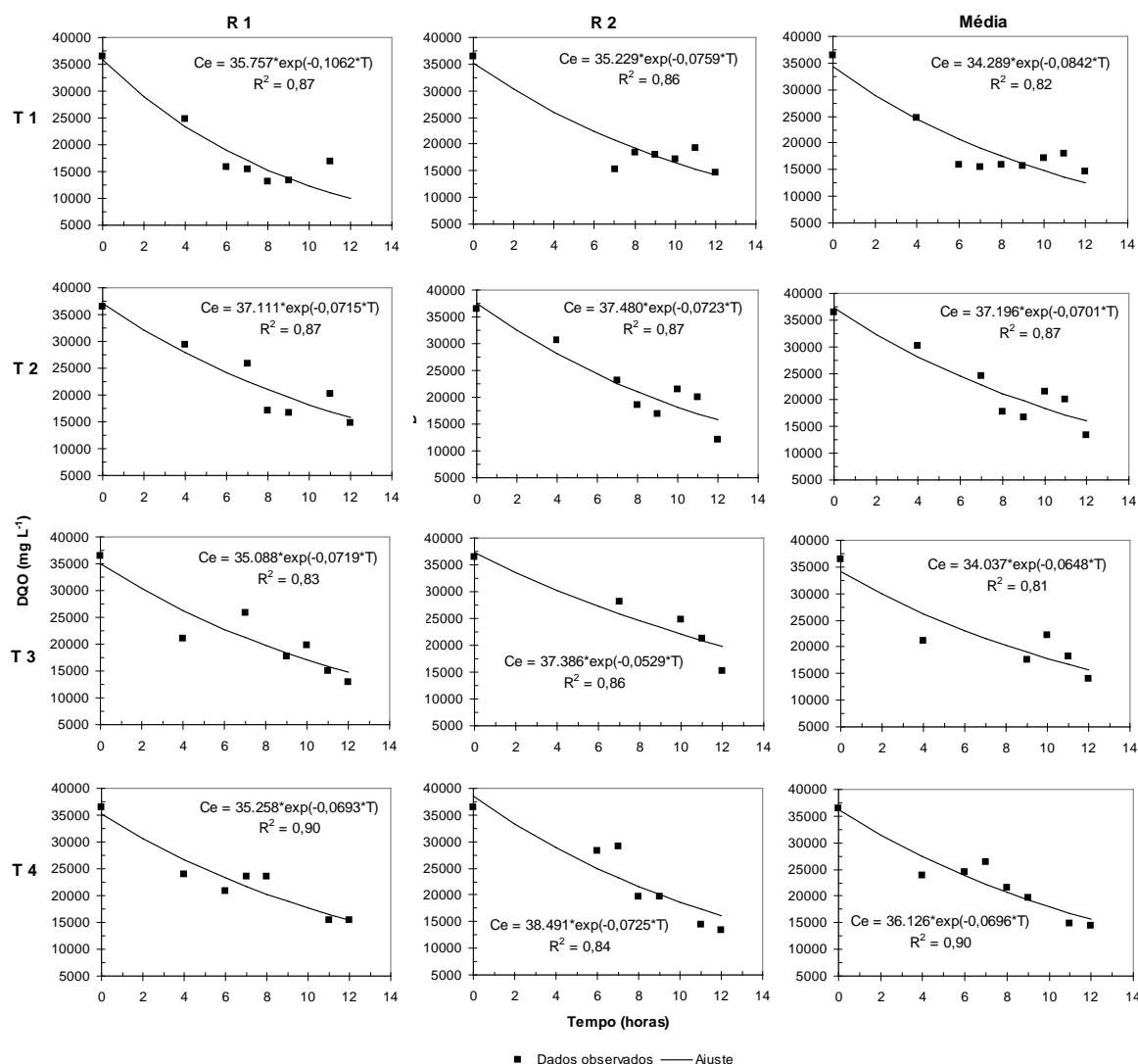


Figura 1. Curvas de decaimento da DQO ao longo do tempo e constantes de degradação de primeira ordem para cada tratamento em duplicata (T1: pH = 2,9; T2: pH = 5,50; T3: pH = 6,50; T4: pH = 7,50; R1 = repetição 1; R2 = repetição 2 e média das repetições)

CONCLUSÕES

A avaliação da biodegradabilidade anaeróbia da vinhaça, resíduo proveniente do processamento da cana de açúcar para produção de cachaça pode ser realizada por testes simplificados de bancada por meio do monitoramento da DQO ao longo do tempo e da estimativa da taxa de utilização de substrato, permitindo, dessa forma, agregar conhecimentos ao processo de biodegradação desses resíduos.

O modelo cinético de primeira ordem foi capaz de descrever o comportamento dos reatores anaeróbios, quando utilizados no tratamento da vinhaça ($R^2 > 0,8$).

A máxima biodegradabilidade ($k_1 = 0,0842 \text{ h}^{-1}$) foi observada no T1, ensaio realizado com vinhaça sem correção de pH (pH = 2,9) em temperatura constante de 20°C.

AGRADECIMENTOS

à Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo aporte financeiro para a apresentação deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, E. R. L. Avaliação da Biodegradabilidade Aeróbia De Efluentes Vinícolas. Aveiro: UA, 2008. 117 p. Dissertação – (Mestrado) – Gestão Ambiental, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2008.
2. APHA [AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION]; AWWA [AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION]; WEF [WATER ENVIRONMENT FEDERATION]. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21th. ed. Washington. D.C.: APHA/AWWA/WEF, 2005, [s.n.].
3. CAMPOS, C.M.M.; CARMO, F.R.; BOTELHO, C.G.; COSTA, C.C. Desenvolvimento e operação de reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) no tratamento dos efluentes da suinocultura em escala laboratorial. *Ciência e Agrotecnologia*, v.30, n.1, p. 140-147, 2006.
4. FOLIN, O.; DENIS, W. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *The Journal of Biological Chemistry*, v. 12, n. 2, p. 239-243, 1912.
5. GEMTOS, T. A.; Chouliaras, N.; Marakis, S. Vinasse rate, time of application and compaction effect on soil properties and durum wheat crop. *Journal of Agriculture and Engineering Research*, v.73, n.3, p.286, 1999.
6. MORAES, L.M.; JÚNIOR, D.R.P. Avaliação da biodegradabilidade anaeróbia de resíduos da bovinocultura e da suinocultura. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.24, n.2, p.445-454, 2004.
7. MULLER, D.; ROCHARD, J. E BARTRA, E. (1999). Gestion des effluents vinicoles. CD-Rom. SLFA-ITV-CIVC-INCAVI.
8. RIPLEY, L. E.; BOYLE, W. C.; CONVERSE, J. C. Improved alkalimetric monitoring anaerobic digestion of high-strength wastes. *Journal of Water Pollution Control Federation*, v. 58, p. 406-411, 1986.
9. ROSSETTO, A. J. Utilização agronômica dos subprodutos e resíduos da indústria açucareira e alcooleira. In: Paranhos, S.B. (ed.). *Cana-de-açúcar: cultivo e utilização*. Campinas: Fundação Cargill, v.2, p.436, 1987.
10. von SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3.ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2005. 452p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; v.1).