

AVALIAÇÃO DA BIODEGRADABILIDADE AERÓBIA DE MANIPUEIRA

ARYANE PEREIRA BATISTA¹, BETHÂNIA DE OLIVEIRA E SILVA², ALINE DOS REIS SOUZA³, DANIELI LAZARINI DE BARROS⁴, FÁTIMA RESENDE LUIZ FIA⁵

¹ Engenheira Ambiental, Mestranda em Engenharia Agrícola, DEG/UFLA, Lavras-MG. Fone: (31) 9853-7252. e-mail: batista.aryane@gmail.com.

² Bióloga, Mestranda em Engenharia Agrícola, DEG/UFLA, Lavras-MG.

³ Engenheira Ambiental, Mestranda em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, DEG/ UFLA, Lavras-MG.

⁴ Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Engenharia Agrícola, DEG/UFLA, Lavras-MG.

⁵ Engenheira Agrícola pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), Mestre e Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), Professora do Departamento de Engenharia da UFLA, Lavras – MG.

Apresentado no
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

RESUMO: Devido às características da manipueira e elevado potencial poluidor que essa água residuária pode causar nos corpos hídricos, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a biodegradabilidade aeróbia da manipueira, por meio da obtenção dos coeficientes de degradação da matéria orgânica (k). O ensaio de biodegradabilidade foi composto por um reator, constituído por frasco de vidro de 2 L, onde foi inserido 1 L de manipueira e 1 L de água, mantendo a DQO (substrato) em 4,52 g L⁻¹, e 0,32 L do lodo de esgoto (inóculo) com 18,82 g L⁻¹ de SVT, de forma a estabelecer a relação substrato (DQO)/biomassa (SVT) inicial em torno de 0,75. 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. O valor de k obtido foi de 0,0171 h⁻¹ para valores de pH entre 7,0 e 7,8 e oxigênio dissolvido de 4,6 mg L⁻¹ a 26°C. O valor de R² acima de 0,8 confirmou que o modelo foi capaz de descrever o comportamento de remoção de DQO no reator aeróbio para o tratamento da manipueira.

PALAVRAS-CHAVE: mandioca, digestão aeróbia, cinética.

EVALUATION OF AEROBIC BIODEGRADABILITY OF CASSAVA INDUSTRY WASTEWATER

ABSTRACT: Owing to cassava industry wastewater feature and knowing about the damage from this wastewater on the environment, this study aimed to evaluate the aerobic biodegradability of cassava industry wastewater in environment temperature, by obtaining degradation coefficients of organic matter (k). The biodegradability assay was composed of a glass reactor with approximately two litres capacity, was inserted 1 L cassava industry wastewater, 1 L of water to reduce the high concentration of COD (substrate) and 320 mL of the inoculum (aerated sewage sludge). Samples was collected to determinate COD, the results over time, allowed the obtainment of degradation coefficients organic matter (k), by adjusting the first-order kinetics model with experimental data. The k value obtained was 0,0171 h⁻¹ for the effluent's treatment with pH between 7,04 and 7,81 and the dissolved oxygen from 4,6 ppm to 26 ° C. The R² value obtained 0,83 confirmed the kinetic model of the first order was able to describe the behavior of an aerobic reactor, when used to treat of cassava industry wastewater.

KEYWORDS: cassava, aerobic digestion and biodegradability.

INTRODUÇÃO: Durante o processamento e beneficiamento da mandioca para a produção de farinha e polvilho, é gerada uma grande quantidade de resíduos sólidos e líquidos que, se não tratados corretamente, podem causar sérios prejuízos aos recursos naturais. A água residuária, comumente chamada de manipueira é exemplo disso, estima-se que para cada tonelada de raiz processada na produção da farinha de mandioca, gera-se entre 267 a 419 litros de manipueira (CAMILI et al., 2007). A manipueira é um líquido de cor amarelada que sai da mandioca após sua prensagem. Se descartada inadequadamente, pode provocar a poluição do solo e das águas, impactando diretamente nos ecossistemas. Tal fato é atribuído à presença de uma alta carga orgânica e de derivados cianogênicos. O tempo de tratamento e estabilização da matéria orgânica pode variar dependendo das características do efluente, temperatura e da presença de agentes inibidores. Para isso, pode ser aplicada a digestão aeróbia por ser um processo mais rápido, e ocupar menor espaço físico. O teste de biodegradabilidade consiste em estimar o coeficiente de desoxigenação ou de degradação da matéria orgânica (k) a partir do monitoramento da trajetória do consumo acumulado de oxigênio no tempo. Valores de k mais elevados indicam uma taxa de consumo de oxigênio mais rápida, assim, quanto maior o valor da constante, mais biodegradável é o substrato (Von Sperling, 2005). A fim de conhecer a cinética de degradação desse efluente como ferramenta para concepção e operação de sistemas de tratamento aeróbios, o presente trabalho teve como objetivo a obtenção da taxa de degradação/estabilização aeróbia da matéria orgânica (DQO) da manipueira.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Análise de Águas Residuárias do Núcleo de Engenharia Ambiental e Sanitária do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA). A amostra de manipueira foi coletada na Cooperativa Agrícola Padre Trindade (COAPT), localizado no Município de Formiga-MG. Primeiramente foi realizada a caracterização da manipueira por meio da avaliação das características físicas e químicas, bem como do lodo utilizado como inóculo (Tabela 1) de acordo com APHA et al. (2005).

Tabela 1. Valores médios das variáveis físicas e químicas obtidos na avaliação da manipueira.

Variáveis	Resultados
pH	4,1
Turbidez (NTU)	927
Compostos Fenólicos (mg L ⁻¹ de ácido tânico)	64,9
DQO (mg L ⁻¹)	9.026
DBO (mg L ⁻¹)	2.440
Nitrogênio total Kjeldahl (NTK) (mg L ⁻¹)	115,7

Como inóculo para o teste de biodegradabilidade foi utilizado lodo proveniente de um reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) utilizado no tratamento de esgoto doméstico da cidade de Santo Antônio do Amparo-MG. O lodo com características anaeróbias foi adaptado à condição aeróbia, por meio do seguinte procedimento: 500 mL de lodo juntamente com 1,5 L de esgoto doméstico foi mantido sob agitação, por meio de agitador magnético, e aeração, com o auxílio de bombas utilizadas para aeração de aquário, durante 72 horas. Durante esse período o esgoto foi renovado, retirando-se alíquotas de 500 mL e adicionando o mesmo volume de esgoto bruto, diariamente, até o lodo se apresentar com coloração mais clara, indicando as condições aeróbias. Após esse processo foi realizada a caracterização em termos de Sólidos Totais (ST), Sólidos Fixos Totais (SFT) e Sólidos Voláteis Totais (SVT) (APHA et al., 2005), dos quais os valores encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização do lodo aeróbio utilizado como inoculo no ensaio de biodegradabilidade da manipueira.

Variáveis	ST (mg L ⁻¹)	SFT (mg L ⁻¹)	SVT (mg L ⁻¹)
Lodo	34.462	15.646	18.816

Com base na concentração de sólidos voláteis totais do lodo (18.816 mg L⁻¹) e da DQO inicial da manipueira após diluição de 50% (v/v) em água (4.520 mg L⁻¹), foram calculados os volumes do

efluente e do lodo a serem inseridos no reator, de forma a estabelecer a relação substrato/biomassa em torno de $0,75 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ na forma de $[\text{DQO}] [\text{SVT}]^{-1} [\text{d}^{-1}]$, de acordo com Almeida (2008).

O ensaio de biodegradabilidade foi realizado em um reator, constituído por frasco de vidro de 2 L, no qual foi inserido 2 L de substrato (manipueira diluída) e 320 mL do inóculo (lodo de esgoto aerado). O reator foi mantido sobre agitador magnético, para a agitação e mistura do conteúdo, e o líquido aerado por meio de dois aeradores utilizados em aeração de aquírios. O experimento foi conduzido por aproximadamente 148 horas, em temperatura ambiente.

Durante o período de monitoramento, amostras de 20 mL foram coletadas, filtradas em membrana de $1,2 \mu\text{m}$, para determinação da DQO. Inicialmente, os intervalos de coleta foram de uma hora durante as primeiras 48 horas, se estendendo a intervalos de duas horas no restante do monitoramento. Os valores de oxigênio dissolvido, utilizando oxímetro portátil, e pH também foram observados afim de garantir que os mesmos não limitassem a atividade microbiana. Com os resultados da 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 representado pela Eq. 1:

$$C = C_0 \times e^{-k.T} \quad (1)$$

onde,

C - concentração de substrato para um tempo (T), mg L^{-1} de DQO;

C₀ - concentração inicial de substrato, mg L^{-1} de DQO;

k - constante de velocidade para reação de primeira ordem, h^{-1} ;

T - tempo de detenção hidráulica (h).

Para a estimativa da constante de velocidade para reação de primeira ordem (k), utilizou-se o método de regressão não linear ajustados aos vários pontos experimentais de tempo (t) e DQO. A constante encontrada indicou a velocidade de reação de degradação da matéria orgânica, ou seja, a variação da concentração de DQO no tempo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O pH da manipueira permaneceu na faixa de 7,0 a 7,8, portanto, pode-se entender que o reator não foi submetido a grandes variações de pH, a ponto de comprometer seu desempenho, favorecendo desta forma a atividade dos microrganismos. Para Chernicharo (2007) valores de pH abaixo de 6,0 e acima 8,3 afetam o crescimento e a atividade microbiana degradadora de compostos orgânicos. O valor médio de oxigênio dissolvido ($3,0 \text{ mg L}^{-1}$) foram adequados à degradação microbiana da matéria orgânica de forma aeróbia.

A curva de decaimento de DQO ao longo do tempo, obtida pelo ajuste da equação cinética de primeira ordem aos dados experimentais pode ser visualizada na Figura 1.

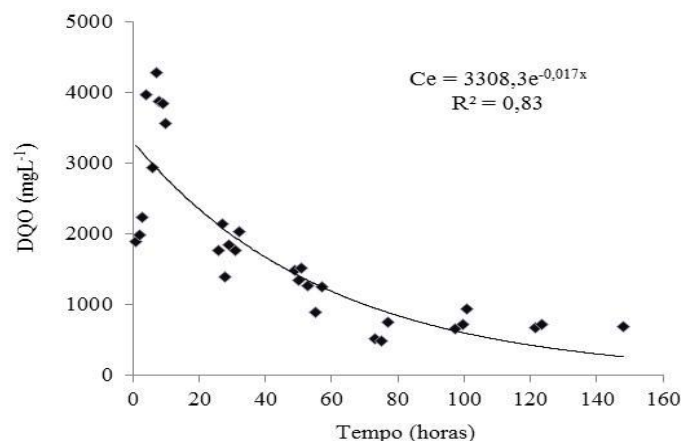


Figura 1. Curva de decaimento de DQO da manipueira ao longo do tempo de monitoramento do ensaio de biodegradabilidade em condições aeróbias.

No início do monitoramento, observa-se aumento nos valores de DQO, provavelmente em função do processo de mistura no reator em estudo. Com o passar do tempo e melhor homogeneização do substrato com o inóculo, os valores se mantiveram elevados e próximos aos 4.000 mg L^{-1} de DQO.

Além deste fato, notou-se maior resistência no processo de degradação da DQO da manipueira, em que os valores passaram a se reduzir de forma mais efetiva somente próximo das 20 horas de degradação. Entretanto, após este período inicial, houve um decaimento constante ao longo do tempo, fato que pode ser mais bem observado a partir de 48 horas de tratamento.

No entanto, o valor de k obtido no tratamento foi relativamente baixo, igual a $0,0171 \text{ h}^{-1}$, que analisado juntamente aos elevados valores de DQO, caracteriza a manipueira como um efluente de alto valor poluente por possuir uma grande quantidade de material orgânico de lenta degradação biológica. Isso faz da manipueira um composto de baixa biodegradabilidade, que também pode ser comprovado por sua relação DQO/DBO de 3,7. Este valor caracteriza a fração não biodegradável (inerte) elevada, e indica potencialmente o tratamento físico-químico para o efluente (VON SPERLING, 2005).

Tal fato pode ser atribuído à presença de derivados de nitrogênio, compostos cianogênicos e fenólicos que podem se comportar como substâncias inibidoras, limitando os processos de estabilização (EBBS, 2004). Ainda de acordo com o autor, a maioria dos organismos capazes de degradar o cianeto é sensível a determinadas concentrações dessa substância e como algumas indústrias podem ter níveis acima do alcance máximo para a maioria dos organismos, nem todos os efluentes contendo cianeto podem ser passíveis de tratamento biológico.

O valor encontrado de R^2 , superior a 0,8, confirma que o modelo cinético de primeira ordem foi perfeitamente capaz de descrever o comportamento de um reator aeróbio, quando utilizado no tratamento da manipueira.

CONCLUSÕES: A avaliação da biodegradabilidade aeróbia da manipueira pôde ser realizada por meio de testes simplificados de bancada com o monitoramento da DQO ao longo do tempo e da estimativa da taxa de utilização de substrato, permitindo, dessa forma, agregar conhecimentos do processo de biodegradação desse resíduo ainda tratado com descaso pela maioria das indústrias.

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

O valor do coeficiente de biodegradabilidade obtido ($k = 0,0171 \text{ h}^{-1}$) se mostrou coerente, apesar da estabilização lenta da matéria orgânica, ligada à presença de fenóis e cianetos, substâncias que podem ter dificultado a ação dos microrganismos decompositores.

REFERÊNCIAS

1. ALMEIDA, E. R. L. Avaliação da biodegradabilidade aeróbia de efluentes vinícolas. 2008. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental Materiais e Valorização de Resíduos) - Universidade de Aveiro, Aveiro, 2008. 104 p.
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. CAMILI, E. A. et al. Obtenção de etanol utilizando resíduo líquido (Manipueira) secado ao sol obtido em indústrias processadoras de farinha de mandioca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 8., 2007, Botucatu. Obtenção de etanol utilizando resíduo líquido (Manipueira) secado ao sol obtido em indústrias processadoras de farinha de mandioca. Botucatu: [s.n], 2007. 5 p.
4. CHERNICHARO, C. A. L. Reatores anaeróbios. 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA/UFMG), 2007. 380p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v.5).
5. EBBS, S. Biological degradation of cyanide compounds. Current opinion in biotechnology, v. 15, n. 3, p. 231–6, 2004. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15193331>>. Acesso em: 12/2/2015.
6. 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).