

DETERMINAÇÃO DA NÃO-IDEALIDADE DE BIORRETORES TIPO LAGOA ANAERÓBIA

DJONATHAN L. G. LENZ^{1*}, GUILHERME D. MUMBACH¹, BRUNO M. WENZEL^{1*}

¹ Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Cerro Largo;

*Autores para correspondência: djonathanlenz@hotmail.com (D.L.G. Lenz); bruno.wenzel@uffs.edu.br (B.M. Wenzel)

1 Introdução

No contexto brasileiro atual, em que se apresenta um grande déficit quanto à coleta e tratamento de esgotos, é fundamental a implementação de tecnologias de baixo custo construtivo e simplicidade operacional (CHERNICHARO, 2007). Tanto no meio urbano quanto no meio rural, onde cabe destacar a pecuária intensiva, os reatores do tipo lagoa anaeróbia são amplamente utilizados no tratamento biológico de efluentes em vista destas virtudes e possibilidade de recuperação de energia através do metano produzido.

Para o correto dimensionamento deste tipo de reator, torna-se necessários dois principais elementos: o balanço material do reator e a cinética do processo. Um modelo cinético válido deve ser capaz de descrever a influencia das condições reacionais sobre a velocidade das conversões catalisadas por microrganismos. Quanto ao balanço material para os reatores, as características fluidodinâmicas do escoamento devem ser avaliadas.

As lagoas anaeróbias normalmente são modeladas como reatores ideais contínuos, como o CSTR (reator de mistura perfeita). Entretanto, na prática, nos reatores apresentam diversas anomalias de fluxo inerentes à geometria do reator. Estas são passíveis de identificação e quantificação através da técnica de distribuição de tempos de residência (DTR) (FOGLER, 2009). A DTR, por sua vez pode ser utilizada para o estabelecimento de modelos matemáticos capazes de descrever a não-idealidade dos reatores, visando uma predição mais realista das transformações que nele ocorrem.

2. Objetivos

Os objetivos do presente trabalho podem ser resumidos como: (i) avaliar as não-idealidades relacionadas à hidrodinâmica para reatores do tipo lagoa anaeróbia utilizando a

técnica da DTR; (ii) investigar a influência do tempo de residência e altura sobre a função DTR; (iii) desenvolver expressões teóricas para a função DTR e suas propriedades com base em modelos de não-idealidade utilizando configurações de reatores CSTR; (iv) ajustar os dados experimentais aos modelos desenvolvidos; (v) definir o melhor modelo de não-idealidade para predição do comportamento hidrodinâmico de reatores tipo lagoa.

3. Metodologia

Foi confeccionado um protótipo de lagoa anaeróbia de $0,92 \text{ m}^3$, com parâmetros geométricos (proporções) típicos daqueles utilizados no tratamento de efluentes urbanos e resíduos animais no sul do Brasil – ver Figura 1.

Os ensaios experimentais foram conduzidos de forma a se obter a função DTR através da técnica da injeção em pulso utilizando como traçador o azul de metileno, mantendo alimentação constante de água. A concentração de traçador foi monitorada na saída do sistema ao longo do tempo e determinada por espectrofotômetro UV-vis no comprimento de onda de 665 nm, com método previamente calibrado.

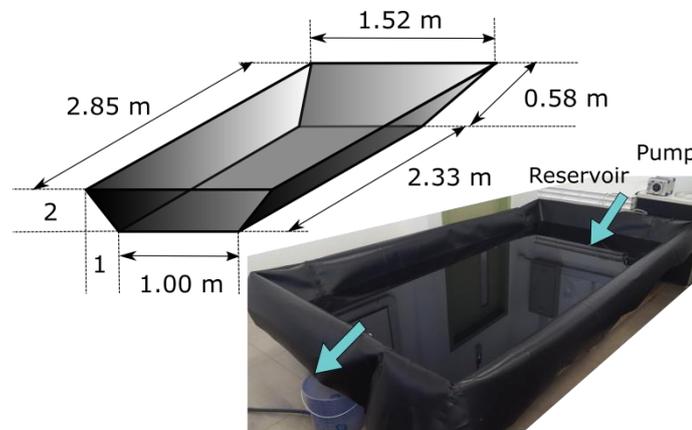


Figura 1: Protótipo de reator tipo lagoa utilizado nos experimentos: dimensões e fotografia.

Foram realizadas cinco corridas experimentais, nas quais foram investigados tempos de residência de 3,6 e 9 dias, além de relações altura/largura da lagoa (H/D) de 0,25 e 0,18. A partir dos perfis de concentração obtidos em função do tempo, foi determinada a função DTR e suas propriedades (tempo de residência médio, variância e assimetria).

Foram desenvolvidos modelos de não-idealidade baseados na combinação e/ou modificação de reatores CSTR. Visando determinar o melhor modelo, os modelos foram ajustados aos dados experimentais através de regressão não linear.

4. Resultados e Discussão

A observação das funções DTR obtidas, mais especificamente as propriedades da distribuição (tempo médio de residência, variância e assimetria), evidenciaram a presença zonas mortas no reator e a tendência de comportamento hidrodinâmico do reator em estudo mais próximo de um CSTR em detrimento de um escoamento *plug-flow*.

Os valores das propriedades da DTR foram utilizados para uma análise de variância. Determinou-se que as curvas DTR não apresentaram diferença significativa, com confiança de 95%. Portanto, pode-se dizer que o reator apresenta o mesmo padrão de mistura (comportamento hidrodinâmico) para tempos de residência entre 3 e 9 dias e relação H/D entre 0,25 e 0,18.

Foram desenvolvidos seis modelos de não idealidade baseados em diferentes configurações e/ou modificações de CSTRs para possível representação do padrão de mistura do reator tipo lagoa (modelos A-F). Os modelos foram ajustados aos dados experimentais através de regressão não linear, resultando no apresentado na Figura 1.

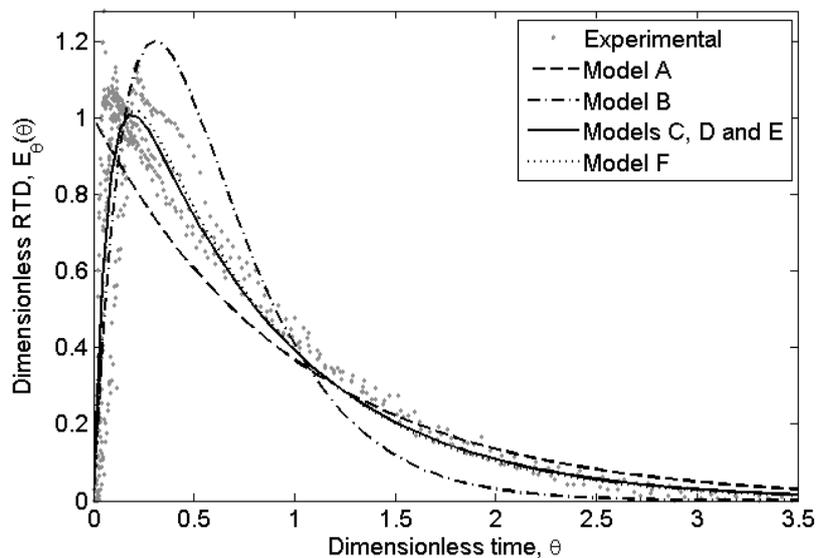


Figura 2: Função DTR normalizada: dados experimentais e modelos ajustados.

Com base no coeficiente de correlação ajustado, o melhor modelo foi o de dois reatores de diferentes volumes em série com volume morto (Modelo C). Ignorando os efeitos de escala, para a faixa de tempos de residência e relações geométricas adotadas, os reatores tipo lagoa podem ser modelados como dois CSTRs em série, sendo o primeiro com um

volume de 91,5% em relação ao volume total do reator e volume útil igual a 84,9% do volume total.

5. Conclusão

A partir da análise dos resultados experimentais da função DTR, pode-se concluir que na faixa de tempo de residência entre 3 e 9 dias e parâmetro geométrico H/D entre 0,18 e 0,25 o reator possui comportamento hidrodinâmico equivalente. Foi demonstrado que modelos baseados em diferentes configurações/modificações de reatores CSTR podem ser utilizados para predição do comportamento hidrodinâmico do reator. O melhor modelo obtido representa o reator tipo lagoa como uma série de dois CSTRs, sendo o primeiro com 91,5% do volume total, com a presença de volume morto corresponde a 15,1% do volume dos reatores. Ignorando efeitos de escala, este modelo pode ser utilizado no dimensionamento racional de biorreatores tipo lagoa anaeróbia.

Palavras-chave: Distribuição de tempos de residência; lagoa anaeróbia; reator não ideal; hidrodinâmica.

Fonte de Financiamento

D.L.G. Lenz e G.D. Mumbach agradecem à FAPERGS e à UFFS (programa PRO-ICT).

Referências

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores Anaeróbios**. In: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, 2 ed. Minas Gerais: Editora UFMG, 2007.

FOGLER, H. S. **Elementos de Engenharia das Reações Químicas**. 4 ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2009.

Dados adicionais

Projeto Edital 317/UFFS/2015 (Processo 23205.002084/2015-18). Coordenador: B.M. Wenzel; Estudantes: G.D. Mumbach (bolsista entre 08/2015 e 12/2015) e D.L.G. Lenz (voluntário entre 08/2015 e 12/2015 e bolsista ente 01/2016 e 07/2016).