10º FEPEG FÓRUM ENSINO · PESQUISA EXTENSÃO · GESTÃO
RESPONSABILIDADE SOCIAL: INDISSOCIABILIDADE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA
ISSN 1806-549 X
RESPONSABILIDADE SOCIAL: INDISSOCIABILIDADE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA
ISSN 1806-549 X

Autor(es): ROSILANNY SOARES CARVALHO, PEDRO HENRIQUE DE OLIVEIRA GOMES, ÉRIKA APARECIDA NUNES PEREIRA, VITOR HUGO ENDLICH FERNANDES, SAULO FERNANDO DOS SANTOS VIDAL

Modelagem e simulação no Xcos de um biorreator para a fermentação de glicose a etanol

Introdução

Atualmente existem diversas tecnologias para se obter etanol pela via biotecnológica, desde a conversão de materiais lignocelulósicos até o uso de *Escherichia coli* para a produção de etanol. Tão importante quanto à escolha do microorganismo adequado para a fermentação é a escolha do processo para a condução do bioprocesso. A literatura tem registrado inúmeros modelos de biorreatores para a produção biotecnológica de etanol e atualmente o uso de células livres é o método mais empregado.

Biorreatores ou reatores bioquímicos é o termo utilizado para descrever um recipiente contendo uma reação biológica, ou seja, representam todo e qualquer local onde células e enzimas realizam a conversão de substrato em produto e, neste sentido até uma célula pode ser considerada como um reator. Os fermentadores foram os primeiros reatores desenvolvidos (Fogler, 2009).

O Xcos, ambiente de simulação do *software* Scilab, apresenta uma interface fácil e intuitiva, facilitando no aprendizado de estudantes de engenharia química, como por exemplo, predizer o efeito de alguns parâmetros nas condições de operacionais em processos, desenvolver um diagrama de blocos do processo de forma rápida e facilitar a visualização completa do comportamento do sistema por meio de uma saída gráfica (Amaral et al, 2015).

Material e métodos

O presente trabalho desenvolveu-se em três etapas, nas quais envolve a seleção de um problema de modelagem de um biorreator, a implementação e simulação do problema no XCOS e a análise dos dados gerados.

Etapa I- Seleção do problema

Primeiramente, selecionou-se um problema proposto pelo Fogler (2009) da seção 7.6 no qual se tem um biorreator cujo reator é utilizado para a fermentação de glicose tendo como microorganismo fermentador a levedura *Saccharomyces cerevisae* a uma concentração de 1 g/dm^3 e com 250 g /dm^3 de substrato o qual é possível descrever pelas seguintes equações dos modelos cinéticos de fermentação:

$$\text{Equação 1 : } \frac{dC_c}{dt} = \mu_{máx}\left(1-\frac{C_p}{Cp^*}\right)^n \frac{C_c C_s}{K_s+C_s} - k_d C_c$$

$$\text{Equação 2 : } \frac{dC_s}{dt} = -\gamma_{s/c}\mu_{máx}\left(1-\frac{C_p}{Cp^*}\right)^n \frac{C_c C_s}{K_m+C_s} - mC_c$$

$$\text{Equação 3 : } \frac{dC_p}{dt} = \frac{\gamma_{p/c} k_{obs} C_c C_s}{K_s+C_s}$$

Onde:

C_c é a concentração de células;

$\mu_{máx}$ =0,33 h^{-1} é a velocidade específica de crescimento;

n=0,52 é uma constante empírica de inibição;

Cp*= 93 g/ dm^3 é uma concentração de produto na qual todo metabolismo cessa ;

K_s= 1,7 g/ dm^3 é a constante de Monod;

K_d=0,01 h^{-1} é a constante relacionada a morte natural das células;

$Y_{p/c}$=5,6 g/g é o coeficiente de rendimento produto por célula;

$Y_{p/s}$=0,45g /g é o coeficiente de rendimento produto por substrato;

$Y_{c/s}$=0,08 g/g é o coeficiente de rendimento célula por substrato;

m= 0,03 (g de substrato)/ (g de células.h).

Com base no problema descrito acima, tem-se como objetivo plotar os gráficos das concentrações das células, do substrato e do produto (etanol) ao longo do tempo.

Após a escolha do problema, implementou-se no Xcos as Equações 1, 2 e 3 por meio de um diagrama de blocos. Este diagrama é a forma pela qual as equações citadas são representadas para que posteriormente sejam resolvidas. Dispondo os blocos conforme as equações que modelam o processo de fermentação em um biorreator no Xcos, tem-se na Figura 1 a representação do diagrama de blocos que modela o sistema em estudo.

Etapa III- Análise dos dados gerados

Posteriormente obteve-se como resposta da *Etapa II* uma saída gráfica das concentrações das células, do substrato e de etanol ao longo do tempo apresentada na Figura 2.

Resultados e discussão

As simulações foram efetuadas segundo as condições de contorno descritas na Tabela 1, adotando-se as equações dos modelos cinéticos de fermentação.

Com base nas simulações, foi possível apresentar graficamente as concentrações tanto de glicose como das células de *Saccharomyces cerevisae* e etanol com o tempo. Pelo resultado obtido da simulação, apresentado na Fig.2, pode-se concluir que a concentração de substrato diminuiu com o tempo e as concentrações de células e de produto aumentaram com o tempo. Os referidos resultados são satisfatórios tento em vista que o substrato é consumido tanto para a manutenção energética da célula quanto para a produção de etanol.

Considerações finais

Neste trabalho, foram apresentadas considerações em relação às características da modelagem do processo de fermentação da glicose a etanol, metodologia que posteriormente será utilizada para simular dados experimentais de uma fermentação de glicose proveniente de um material lignocelulósico.

O emprego do Xcos para a construção diagramas de bloco do processo de fermentação mostrou-se eficiente e prático. A interface, recursos gráficos e matemáticos e a manipulação intuitiva mostraram que o Xcos é uma excelente ferramenta de simulação que pode ser usada na modelagem de processos de fermentação. Diante dos resultados obtidos, percebe-se que o uso do Xcos torna muito mais viável o estudo de parâmetros operacionais, com difícil visualização de fenômenos internos. O Xcos tende a ser uma ferramenta promissora para o estudo de sistemas dinâmicos.

Agradecimentos

Ao IFNMG e a UFMG pela oportunidade á nós proporcionada para a realização do projeto.

Referências bibliográficas

[1] COELHO, Filipe Alves et al. **Modelagem do processo de fermentação de alcoólica em batelada alimentada e determinação do perfil ótimo de alimentação de mostro.** Disponívelem:<http://www.cobeqic2009.feq.ufu.br/uploads/media/80621831.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2016.

[2] CUNHA, M. B; OLIVEIRA-LOPES, L. C.**Simulação de biorreatores contínuos com células mobilizadas para a produção de etanol.** Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/viewFile/4207/3148>. Acesso em: 06 nov. 2016.

[3] FOGLER, H. Scott. Elementos de engenharia das reações químicas. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

10º FEPEG FÓRUM ENSINO · PESQUISA EXTENSÃO · GESTÃO
RESPONSABILIDADE SOCIAL: INDISSOCIABILIDADE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA
ISSN 1806-549 X

Tabela 1. Valores das condições de contorno para a modelagem cinética da fermentação.

Variáveis de estado	Valor inicial (g/dm^3)
C_c	1
C_s	250
C_p	0

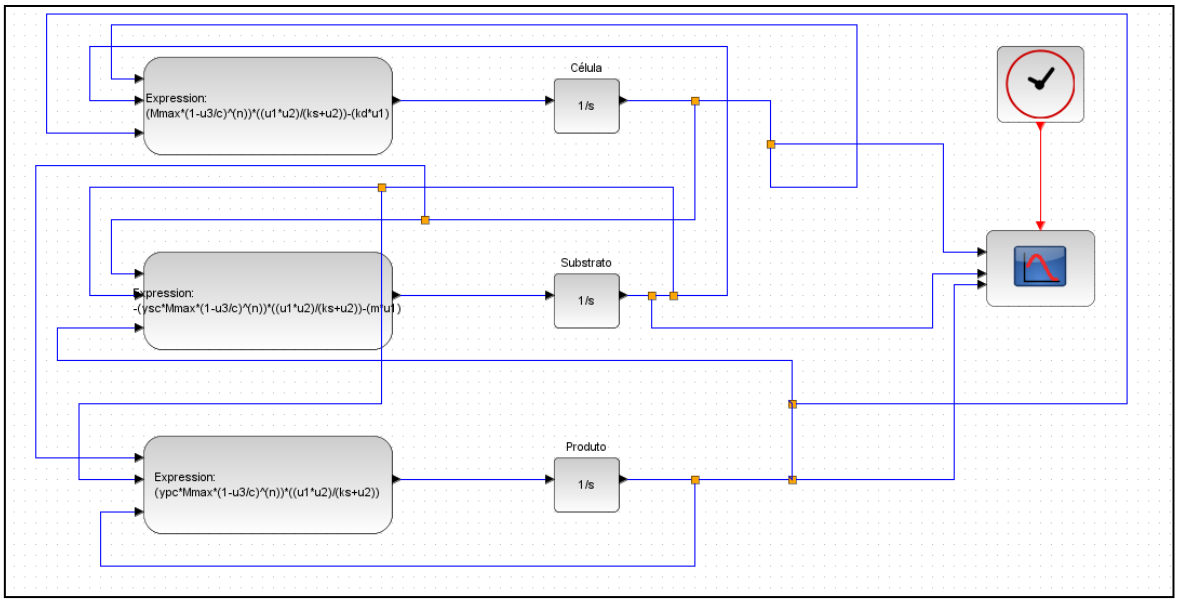

Figura 1. Diagrama de blocos da modelagem de produção de etanol em um Biorreator.

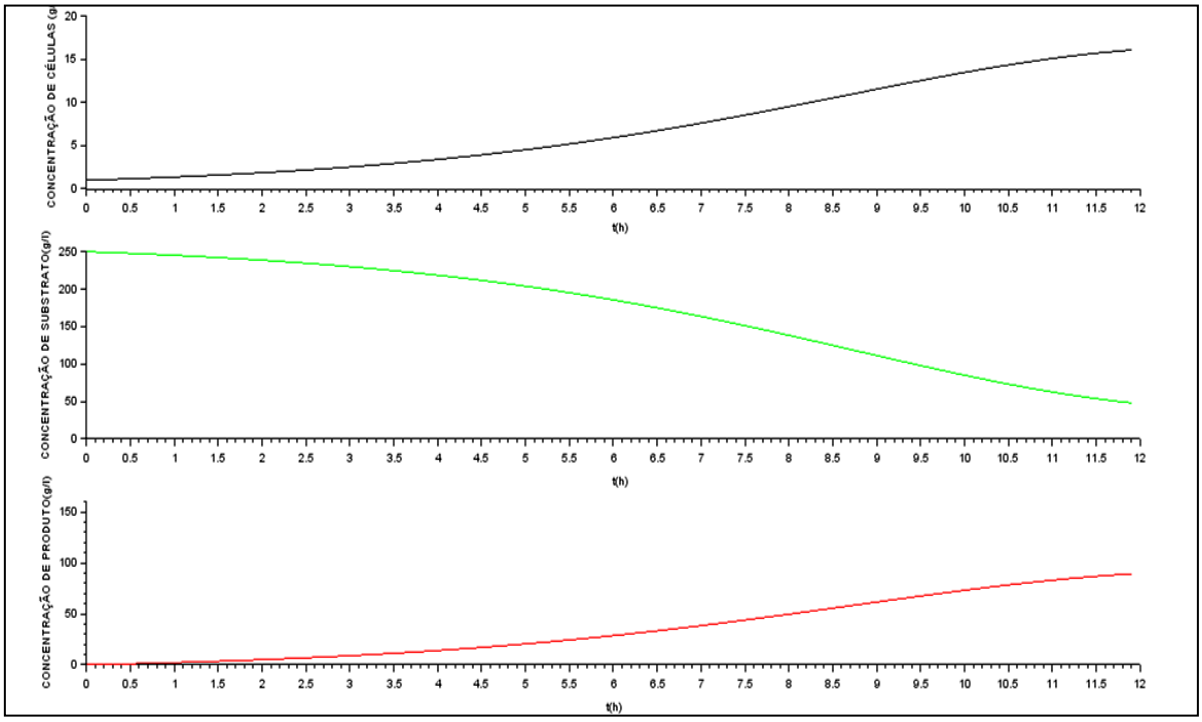

Figura 2: Representação gráfica do resultado da simulação do processo de fermentação em um biorreator.