

TRANSFERÊNCIA DE OXIGÊNIO EM BIORREATOR CONVENCIONAL COM MODELO ALTERNATIVO DE IMPELIDOR

LUANA K. C. DOS SANTOS¹, VITOR T. MAZZIERO², MARCEL O. CERRI³, MATEUS N. ESPERANÇA⁴

¹ Graduanda em Tecnologia em Processos Químicos, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Campus Capivari, Capivari, luana.karoline@aluno.ifsp.edu.br

² Graduando em Engenharia de Bioprocessos, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara, Departamento de Bioprocessos e Biotecnologia, Araraquara, vitortmazziero@gmail.com

³ Professor Assistente, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara, Departamento de Bioprocessos e Biotecnologia, Araraquara, marcel@fcfar.unesp.br

⁴ Professor de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico, IFSP, Campus Capivari, Capivari, esperanca@ifsp.edu.br
Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.06.02.02-5 Operações Características de Processos Bioquímicos

Apresentado no
10º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP
27 e 28 de novembro de 2019- Sorocaba-SP, Brasil

RESUMO: O fornecimento de oxigênio a taxas adequadas é fundamental para o bom desempenho de bioprocessos que envolvem cultivos aeróbios de microrganismos, pois a ausência de O₂ pode levar à morte celular, inviabilizando a obtenção do bioproduto de interesse. Essa operação é realizada em biorreatores, sendo o tanque agitado e aerado (*stirred tank bioreactor* - *STB*) o modelo de biorreator mais utilizado industrialmente. A transferência de O₂ é caracterizada pelo coeficiente volumétrico de transferência de oxigênio (k_{La}), cujo valor depende do tipo e geometria de biorreator e impelidor, das condições operacionais e do fluido utilizado. Nesse sentido, o estudo em questão visa avaliar o k_{La} em biorreator tipo tanque agitado e aerado equipado com o impelidor Orelha de Elefante de Fluxo Descendente (EEDP), que consiste de um modelo de alternativo de impelidor ao tradicional impelidor Turbina de Rushton. O k_{La} foi avaliado através do Método Dinâmico, em biorreator *STB* equipado com impelidor EEDP operando com água destilada a 30°C, para velocidades de agitação (N) de 400 a 700 rpm e vazões específicas de ar (Φ_{AR}) de 0,5 e 1,0 vvm. Para a faixa de condições operacionais avaliada, o k_{La} variou de 0,0095 a 0,0173 s⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: biorreator tanque agitado e aerado; impelidor Orelha de Elefante; transferência de oxigênio.

OXYGEN TRANSFER IN CONVENTIONAL BIOREACTOR WITH ALTERNATIVE IMPELLER

ABSTRACT: Oxygen supply at adequate rates is fundamental for efficient performance of bioprocesses involving aerobic microorganism cultivation, since O₂ absence can lead to cell death, making it impossible to obtain the bioproduct of interest. This operation is performed in bioreactors, with the stirred tank bioreactor (STR) being the most widely used industrial bioreactor model. Oxygen transfer is characterized by the volumetric oxygen transfer coefficient (k_{La}), whose value depends on the type and geometry of bioreactor and impeller, operating conditions and fluid employed. In this context, the present study aims to evaluate k_{La} in stirred tank bioreactor equipped with Elephant Ear Down-pumping (EEDP) impeller, which consists of an alternative impeller model to the traditional Rushton Turbine impeller. The k_{La} was evaluated by the Dynamic Method in a STR equipped with an EEDP impeller operating with distilled water at 30°C for agitation speeds (N) ranging 400 to 700 rpm and specific air flow rates (Φ_{ar}) varying from 0.5 and 1.0 vvm. For the range of operating conditions evaluated, the k_{La} ranged from 0.0095 to 0.0173 s⁻¹.

KEYWORDS: stirred tank bioreactor; Elephant Ear impeller; oxygen transfer.

INTRODUÇÃO

Um biorreator é um equipamento onde ocorrem bioprocessos com parâmetros sendo monitorados, visando seu melhor desempenho. Dentre estes parâmetros, destaca-se a concentração de oxigênio dissolvido, essencial em um bioprocessos com demanda respiratória pelas células (BUFFO, 2016). Dessa forma, o bom desempenho de um cultivo microbiano está atrelado à capacidade de transferência de oxigênio do biorreator, que é avaliada através do coeficiente volumétrico de transferência de oxigênio (k_La), cujo valor é diretamente influenciado pelas condições de operação do biorreator (vazão de ar, velocidade de agitação dos impelidores), geometria do sistema (volume do tanque, tipo e tamanho dos impelidores) e propriedades do fluido (viscosidade, densidade, etc) (SCHMIDELL et al., 2001).

Dentre os diversos modelos de biorreatores, destaca-se o tipo tanque agitado e aerado (*stirred tank bioreactor* - STB), empregado em cerca de 90% dos processos industriais, também denominado de biorreator convencional. Seu desempenho baseia-se na injeção de ar (ou oxigênio puro) à um meio líquido agitado mecanicamente a partir de impelidores acoplados ao eixo central do biorreator (BUFFO, 2016; SCHMIDELL et al., 2001). O impelidor turbina de 6 pás planas (Turbina de Rushton – TR) é o tipo de impelidor mais utilizado em biorreatores convencionais, exibindo boa transferência de oxigênio. Apesar disso, apresenta como desvantagens elevados cisalhamento e consumo de potência (BADINO e SCHMIDELL, 2001). Um modelo alternativo de impelidor é o Orelha de Elefante (Elephant Ear – EE), que ao ser operado pode impor ao fluido no interior do biorreator um fluxo descendente (Elephant Ear Down-Pumping – EEDP) ou ascendente (Elephant Ear Up-Pumping – EEUP) (BUSTAMANTE et al., 2016). Sendo assim, o estudo em questão visa avaliar o k_La em biorreator STB equipado com impelidor EEDP para diferentes condições de agitação e aeração.

MATERIAIS E MÉTODOS

O coeficiente volumétrico de transferência de oxigênio foi avaliado em biorreator convencional tipo tanque agitado e aerado de 2L (Tec-Bio-Flex, Tecnal Equipamentos Científicos) equipado com o impelidor do tipo Orelha de Elefante de fluxo descendente (EEDP). Os valores de k_La foram obtidos em triplicata, para velocidades de agitação (N) variando de 400 a 700 rpm, e vazão específica de ar (Φ_{AR}) variando de 0,5 a 1,0 vvm (vazões volumétricas de 1 e 2 L/min, respectivamente).

O coeficiente volumétrico de transferência de oxigênio foi determinado empregando-se o método dinâmico que consiste na dessorção do oxigênio dissolvido no meio a partir da injeção de gás nitrogênio de maneira que assim que a concentração de oxigênio for reduzida a quase zero o fluxo de nitrogênio é interrompido e imediatamente passa-se a injetar ar ou oxigênio puro até que a concentração de oxigênio dissolvido alcance o valor de 100 % (Blažej, 2004). A partir dos resultados de oxigênio dissolvido em porcentagem em função do tempo, o valor cálculos de k_La é determinado utilizando-se o tratamento de dados proposto por Cerri *et al.* (2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os valores de k_La para as diferentes condições operacionais (agitação e aeração) em biorreator convencional operado com água destilada a 30°C (viscosidade igual a 0,84 cP). As barras indicam o desvio padrão obtido através de ensaios em triplicata.

Analisando-se a Figura 1, verificou-se que o k_La variou de 0,0095 a 0,0173 s⁻¹, aumentando conforme a agitação e a aeração foram aumentadas. Bustamante *et al.* (2013) avaliou a transferência de oxigênio em biorreator convencional de 4L de volume útil equipado com impelidor EEDP e operado com solução de glicerol (viscosidade igual a 1,40 cP). Para uma vazão específica de ar de 0,4 vvm e agitações variando de 600 a 700 rpm, os autores observaram valores de k_La na faixa de variação de 0,002 a 0,026 s⁻¹. Portanto, os resultados obtidos no presente estudo encontram-se na mesma ordem de grandeza daqueles observados na literatura.

Realizando-se uma regressão não linear dos resultados de k_La do presente estudo em função das variáveis operacionais do biorreator (velocidade de agitação – N; e vazão específica de ar – Φ_{AR}), obteve-se a seguinte relação:

$$k_La \propto N^{0.73} \cdot \Phi_{AR}^{0.31} \quad (R^2=0,94) \quad (1)$$

Onde k_{La} encontra-se em s^{-1} ; N em rpm e Φ_{AR} em vvm. Analisando-se a Equação (1), verificou-se que o expoente da velocidade de agitação foi maior que o observado para a vazão específica de ar, indicando o maior efeito deste parâmetro sobre o k_{La} .

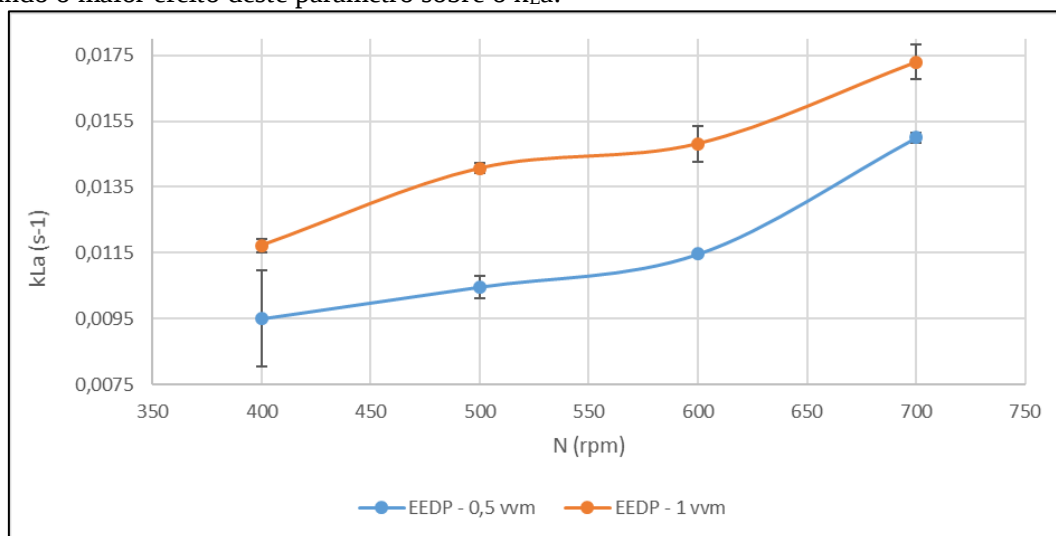


FIGURA 1. Valores de k_{La} em biorreator convencional equipado com impelidor Orelha de Elefante de fluxo descendente (EEDP) operado com água destilada a 30°C.

CONCLUSÕES

O coeficiente volumétrico de transferência de oxigênio foi afetado positivamente tanto pela velocidade de agitação quanto pela vazão específica de ar, de forma que os maiores valores foram obtidos a 700 rpm e 1,0 vvm. A velocidade de agitação desempenha um efeito maior sobre o aumento da transferência de oxigênio em relação à vazão específica de ar.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro prestado pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo (PIBIFSP).

REFERÊNCIAS

- BADINO, A.C.; SCHMIDELL, W. Variação de escala. In: **Biotecnologia industrial: Engenharia Bioquímica**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, v. 2, 2001. cap. 5
- BLAŽEJ, M.; JURAŠČÍK, M.; ANNUS, J.; MARKOŠ, J. **Measurement of mass transfer coefficient in an airlift reactor with internal loop using coalescent and non-coalescent liquid media**. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, v.79, p. 1405-1411, 2004.
- BUFFO, M. M. **Transferência de oxigênio e cisalhamento em biorreator convencional com diferentes combinações de impelidores**. 2016. 85 f. Dissertação de mestrado (Mestre em Engenharia Química área de Pesquisa e Desenvolvimento de Processos Químicos) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2016.
- BUFFO, M. M.; CORRÊA, L. J.; ESPERANÇA, M. N.; CRUZ, A. J. G.; FARINAS, C. S.; BADINO, A. C. **Influence of dual-impeller type and configuration on oxygen transfer, power consumption, and shear rate in a stirred tank bioreactor**. Biochemical Engineering Journal 114 (2016) 130-139
- BUSTAMANTE, M. C. C.; CERRI, M. O.; BADINO, A. C. **Comparison between average shear rates in conventional bioreactor with Rushton and Elephant ear impellers**. Chemical Engineering Science 90 (2013) 92-100.
- CERRI, M. O. et al. **A new approach for $k(L)a$ determination by gassing-out method in pneumatic bioreactors**. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, v. 91, n. 12, p. 3061-3069, 2016.
- SCHMIDELL, W.; LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. **Biotecnologia industrial: engenharia bioquímica**. 1ª edição. São Paulo: Blucher, 2001.