

AVALIAÇÃO DA CINÉTICA DE CRESCIMENTO DE *PHORMIDIUM AUTUMNALE* EM FOTOBIORREATORES

R. S. BIZELLO¹, R. B. SARTORI¹, L. G. RAMIREZ MERIDA¹, L. Q. ZEPKA¹, M. I. QUEIROZ², E. JACOB-LOPES¹

¹Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Departamento de Tecnologia e Ciência de Alimentos, CEP 97105-900 – Santa Maria, RS, Brasil.

²Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Departamento de Química, CEP 96201-900 – Rio Grande, RS, Brasil.

E-mail para contato: jacoblopes@pq.cnpq.br

RESUMO – O objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento da cianobactéria *Phormidium autumnale* em cultivo autotrófico com diferentes intensidades de iluminação em um fotobiorreator. Utilizou-se um fotobiorreator de coluna de bolhas com aeração constante de 1 VVM (volume de ar por volume de meio por minuto), concentração inicial de CO₂ de 15%, 100 mg/L de inóculo, temperatura constante de 25°C e intensidade luminosa numa faixa de 8000 a 15500 lux. Os resultados indicam que a produtividade máxima de biomassa foi de 21,21 mg/L.h, a uma taxa de fixação de carbono de 38,89 mg/L.h, em intensidade luminosa de 15500 lux.

1. INTRODUÇÃO

As microalgas vêm sendo utilizadas em processos biotecnológicos para a transformação e obtenção de produtos de interesse comercial, como por exemplo, biomassa, óleo e proteínas unicelulares, carboidratos, sais inorgânicos e compostos orgânicos voláteis, que são importantes nas indústrias de alimentos, química e farmacêutica (Queiroz *et al.*, 2013). As microalgas são organismos autotróficos que apresentam organização celular procariótica e ausência de flagelo e da maioria das organelas celulares.

As cianobactérias constituem um grupo bem definido de eubactérias, sendo as únicas microalgas capazes de produzir oxigênio como produto colateral da fotossíntese. Clorofila *a* e diversos pigmentos acessórios de proteção e ampliação da captação de luz são elementos que se fazem presente nas cianobactérias. (Kühl *et al.*, 2005).

Phormidium autumnale é uma cianobactéria filamentosa de 3 a 4 µm de diâmetro. Sua espécie é conhecida por viver em ambientes extremos, como fontes termais, solos de desertos e lugares contaminados. Por esta razão, apresentam grande potencial para o uso em processos biológicos com poucas exigências nutricionais (Guiry e Guiry, 2014). A obtenção intensiva de produtos através do cultivo microalgal pode ser realizada por meio de um fotobiorreator, que apresenta vantagens sobre outros tipos de reatores, por possuir maiores taxas de crescimento, melhor aproveitamento de CO₂ e menor índice de contaminação. O metabolismo fotossintético destes microrganismos converte dióxido de carbono em produtos de alto valor agregado (Ramírez *et al.*, 2013). Em face disto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o

crescimento de *Phormidium autumnale* em cultivo autotrófico com diferentes intensidades de iluminação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A microalga utilizada foi a cianobactéria *Phormidium autumnale* obtida a partir de um isolamento de uma área localizada no deserto de Cuarto Cienéguas (26° 59' N, 102° 03' W – México). A cultura estoque foi mantida e propagada em agar inclinado (20g/L) contendo meio sintético BG11 (Rippka *et al.*, 1979) com a seguinte composição (g/L): K₂HPO₄ (0,03), MgSO₄ (0,075), CaCl₂.2H₂O (0,036), citrato de amônio e ferro (0,0006), Na₂EDTA (0,001), NaCl (0,00072), NaNO₃ (0,015), ácido cítrico (0,0006), Na₂CO₃ (1,5), traços de metais [H₃BO₃ (0,0028), MnCl₂.4H₂O (0,0018), ZnSO₄.7H₂O (0,00022), Na₂MoO₄.2H₂O (0,00039), CoSO₄.6H₂O (0,00004)] em intensidade luminosa de 1 klux, pH de 7,6, por um fotoperíodo de 12h.

Utilizou-se um fotobiorreator de coluna de bolhas operado com 2L de meio BG11 (Rippka *et al.*, 1979), o qual foi suplementado com 15% de CO₂ e aeração contínua de 1 VVM (volume de ar por meio de volume por minuto). As condições operacionais utilizadas foram: concentração celular inicial de 100 mg/L, a temperatura constante de 25°C e intensidades luminosas no intervalo de 8000 a 15500 lux. Foram avaliadas a concentração celular e a taxa de fixação do carbono na biomassa, a cada 12 h por um máximo de 156 h.

A concentração de biomassa celular foi determinada por gravimetria, usando filtros de 0,45 µm de porosidade e 47 mm de diâmetro (Millex FG, Billerica, MA, EUA) (precisão de ± 10% no método gravimétrico). A intensidade de luz foi medida com um luxímetro digital (MLM 1010, Minipa, São Paulo-SP, Brasil). A temperatura foi controlada através de um termostato ((HT-1300, ROXIN, China). Para a medição do fluxo de mistura de ar enriquecido com CO₂ foram utilizados rotâmetros (KI-Key Instruments®, Trevoise, PA, EUA).

O tempo de geração, a velocidade máxima específica de crescimento celular, a produtividade em biomassa e a taxa de remoção de carbono foram calculadas pelas equações 1-4.

$$t_g(h) = \frac{\ln 2}{\mu} \quad (1)$$

$$\left[\ln \frac{x}{x_0} \right] (h^{-1}) = \mu_{\max} t \quad (2)$$

$$Px(mg / L.h) = (x_i - x_{i-1})(t_i - t_{i-1}) \quad (3)$$

$$r_c(mg / L.h) = Cb.P_x \left(\frac{M_{CO_2}}{M_C} \right) \quad (4)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os parâmetros cinéticos para *Phormidium autumnale* em função da intensidade luminosa. Obteve-se maior crescimento celular no tempo de residência de 108 h e intensidade luminosa de 15500 lux. Atingindo produtividade em biomassa de 21,21 mg/L.h com taxa de fixação de carbono de 38,89 mg/L.h. O tempo de geração (t_g) foi de 34h com uma máxima velocidade específica de crescimento de $0,020h^{-1}$. Esses resultados apresentaram-se 1,7 vezes abaixo do mostrado por Jacob Lopes *et al.* (2008) em cultivo de *Aphanotece microscopica* Nägeli utilizando a mesma concentração de CO_2 . No entanto são semelhantes aos valores reportados por Hsueh *et al.* (2007) e Sakai *et al.* (1995) para a microalga *Chlorella* sp.

Adicionalmente, verifica-se que com o aumento da intensidade luminosa há um aumento da produtividade de biomassa e velocidade de consumo de CO_2 como fonte de carbono. Esses resultados estão de acordo com o apresentado por Liu *et al.* (2014) que avaliaram a fixação de carbono inorgânico dissolvido por *Chlorella* sp. e *Scenedesmus obliquus*, com cinco diferentes intensidades de iluminação em ciclos de 12/12h de luz/escuro, obtendo acima de 60% de remoção de carbono.

A partir da análise dos dados, observa-se uma variabilidade no desempenho do processo em função da intensidade luminosa, obtendo-se produtividades em biomassa entre 3,81 a 21,21mg/L.h e taxas de consumo de substrato entre 6,98 e 38,89mg/L.h. Evidenciando que as maiores taxas alcançadas foram em decorrência da intensidade luminosa de 15500 lux. Foi observada maior dependência em relação à intensidade de iluminação em comparação ao tempo de residência.

Tabela 1 – Parâmetros cinéticos para *Phormidium* em função da intensidade luminosa

Intensidade de iluminação (lux)	Tempo de residência (h)	X_{max} (mg/L)	t_g (h)	μ_{max} (h^{-1})	P_X max (mg/L.h)	r_c max (mg/L.h)
8000	96	380	40	0,017	3,81	6,98
10500	84	580	38	0,018	10,56	19,35
12000	96	380	21	0,019	11,55	21,18
13000	108	700	37	0,019	13,02	23,87
15500	108	1050	34	0,020	21,21	38,89

4. CONCLUSÃO

As células expostas a intensidades luminosas adequadas apresentaram melhor desempenho quanto à produtividade de biomassa e consumo de carbono. Em intensidades luminosas de 15500 lux, evidenciou-se produtividades em biomassa de 21,21 mg/L.h em paralelo a taxas de fixação de carbono de 38,89 mg/L.h.

5. NOMENCLATURA

C_b = Porcentagem de carbono celular (%)

M_{CO_2} = Massa molecular de dióxido de carbono (g/mol)

M_C = Massa molecular de carbono (g/mol)

μ = Velocidade máxima (h^{-1})

μ_{max} = Velocidade máxima específica de crescimento celular (h^{-1})

P_x = Produtividade em biomassa (mg/L.h)

r_c = Taxa de remoção de carbono (mg/L.h)

t = Tempo (h)

t_g = Tempo de geração (h)

x = Concentração celular (mg/L)

x_0 = Concentração celular inicial (mg/L)

6. REFERÊNCIAS

GUIRY, M.D., GUIRY, G. M. *AlgaeBase:World-wide* electronic publication, National University of Ireland, Galway. from. <http://www.algaebase.org>, Retrieved 21 June 2014.

HSUEH H.T., CHU H., YU S.T. A batch study on the bio-fixation of carbon dioxide in the absorbed solution from a chemical wet scrubber by hot springs and marine algae, *Chemosphere*. 66 p.878–886, 2007.

JACOB-LOPES, E., LACERDA, L.M.C.F., FRANCO, T.T. Biomass production and carbon dioxide fixation by *Aphanothece microscopica* Nägeli in a bubble column photobioreactor. *Biochem. Eng. J.* v.40, p.27-34, 2008.

KÜHL, M.; CHEN, M.; RALPH, P.J.; SCHREIBER, U.; LARKUM, A.W.D. A niche for cyanobacteria containing chlorophyll.d. *Nature*. v.433, p.820-820, 2005.

LIU G, QIAO L, ZHANG H, ZHAO D, SU X. The effects of illumination factors on the growth and HCO₃⁻ fixation of microalgae in an experiment culture system. *Energy, In Press, Corrected Proof*, Available online 11 June 2014.

QUEIROZ, M.I, HORNES, M.O, MANETTI, A.G.S, ZEPKA, L.Q, JACOB-LOPES, E. Fish processing wastewater as a platform of the microalgae biorefineries. *Biosystems Eng.* p.195 e 202, Publicado on-line 20 de abril de 2013.

RAMÍREZ-MÉRIDA L., ZEPKA Q.L., JACOB-LOPES E. Fotobiorreator: herramienta para cultivo de cianobacterias. *Cienc. Technol.* p.9-19, 2013.

RIPPKA, R.; DERUELLES, J.; WATERBURY, J.B.; HERDMAN, M.; STANIER, R.Y. Generic assignments strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria. *J. Gen. Microbiol.*, v.111, p.1-61, 1979.

SAKAI N, SAKAMOTO Y, KISHIMOTO N, CHIHARA M, KARUBE I. Chlorella strains from hot springs tolerant to high-temperature and high CO₂. *Energy Convers. Manage.* V.36, p.693-696, June-September 1995.