



ESTUDO DO CULTIVO DE MICROALGA EM SISTEMA ABERTO CONSTRUÍDO POR MANUFATURA ADITIVA

Palavras-Chave: [*Chlorella* sp.], [Impressão 3D], [Raceway]

Autores(as):

MARCOS TEIXEIRA NOVAIS; VINÍCIUS DA SILVA; BIANCA DE PAULA RAMOS;

GABRIELA F. FERREIRA; Dr. ANDRÉ L. JARDINI; Dr^a. LUISA F. RÍOS PINTO;

Prof. Dr. LEONARDO VASCONCELOS FREGOLENTE (orientador)

Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas (FEQ/UNICAMP)

INTRODUÇÃO:

As microalgas constituem um grupo de microrganismos unicelulares e fotossintetizantes que crescem em água doce ou salgada (BENNOUNA, 2020). Sua biomassa pode ser processada para originar diferentes produtos, com aplicações nas indústrias de biocombustíveis e alimentos, por exemplo (KASVI, 2020). Entretanto, o cultivo das microalgas em larga escala ainda possui desafios técnico-econômicos (FRANCO, 2013), sendo o objetivo deste projeto avaliar um sistema de baixo custo.

Diversos sistemas podem ser utilizados para cultivar as microalgas, que podem ser divididos em abertos e fechados. As principais diferenças entre eles são os custos de fabricação e operação, a taxa de crescimento da biomassa e a complexidade do sistema (BENNOUNA, 2020). O sistema aberto consiste em uma estratégia mais simples, por se basear no crescimento natural em lagoas. As vantagens técnicas desse sistema incluem o aproveitamento da luz natural e baixos custos de capital e operacional. Entretanto, este sistema sofre influência das condições ambientais e climáticas (BENNOUNA, 2020). O sistema aberto mais comumente utilizado é o raceway: um tanque de cultivo com agitação por pás (GARCIA, 2015).

Para construir um raceway em escala laboratorial, podem-se utilizar as técnicas de manufatura aditiva - impressão em três dimensões (3D). A impressão 3D é um processo de fabricação de objetos com geometria ilimitada a partir de um modelo digital CAD. O método mais popular é a impressão por Modelagem de Deposição Fundida (FDM) que cria camada por camada dando dimensões aos objetos impressos (PORTELA, 2017). Dentre os materiais que podem ser utilizados para impressão 3D, está o filamento de Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS). O ABS é um plástico obtido a partir de petróleo, que apresenta boas propriedades de resistência mecânica e térmica, podendo ser exposto ao sol sem qualquer prejuízo à estrutura do material (PORTELA, 2017). Além disso, pode-se realizar o acabamento da peça com tratamento químico ou físico.

Este projeto de pesquisa propôs o dimensionamento e impressão 3D de um tanque de cultivo raceway em pequena escala, bem como a avaliação do crescimento da microalga *Chlorella*

sp. neste sistema. Foram determinadas a concentração de biomassa e densidade de células para obtenção das curvas de crescimento e avaliação do sistema projetado.

METODOLOGIA:

Os cálculos de dimensionamento do raceway foram feitos em Excel® para que tivesse volume total de aproximadamente 500 mL e altura que não prejudicasse a passagem de luz até a base do tanque. O impelidor foi dimensionado com a mesma largura do canal do raceway e comprimento das pás de maneira a evitar o contato com a base, ou seja, com uma margem mínima para rotação na estrutura. Após dimensionadas, as peças foram plotadas no software AutoCAD® e ampliadas para três dimensões no software SketchUp®. A modelagem da estrutura do raceway e do impelidor foi feita em software Autodesk Fusion 360 e o fatiamento da imagem foi realizado com o software Ultimaker Cura.

Após o projeto, a impressão do material foi realizada pela empresa AgnoLab, utilizando impressora 3D “Creality Ender 3 Pro” com a técnica FDM, temperatura da mesa a 110 °C e do bico a 235 °C. A impressão levou quatro horas para o impelidor, e vinte e quatro horas para o raceway, com velocidade de impressão de 50 mm/s. O material utilizado foi o ABS, com tratamento em acetona para obter uma superfície lisa sem cantos vivos internamente. O impelidor foi furado com broca de 2 mm para o encaixe na haste que o conecta a um motor rotativo com as seguintes especificações: marca Synchronous, 110 V, 5-6 rpm e 50-60 Hz. Acoplou-se um dissipador de calor de alumínio pois a utilização contínua do motor levava ao aquecimento da peça.

O cultivo e crescimento da microalga *Chlorella* sp. foi estudado no raceway dimensionado e construído nesta pesquisa. A microalga foi cultivada em meio sintético BG-11 com pH regulado em 7,5 - utilizando solução de KOH 1,0 M. O meio de cultivo foi previamente autoclavado a 121 °C por 15 min a fim de eliminar possíveis contaminações por outros microrganismos. O cultivo foi mantido a 25 °C, com 24 horas de luz e intensidade luminosa de 60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$.

Em um primeiro momento, foi realizado o monitoramento do cultivo sem reposição de meio BG-11, e em um segundo estágio da pesquisa, fez-se o monitoramento com reposição de meio de cultivo. Ambos os cultivos foram monitorados diariamente, realizando contagem de células em câmara de Neubauer e determinação da concentração de biomassa por Espectroscopia no Ultravioleta-Visível com leitura da absorbância a 680 nm (LEE, 2016). Foi construído um gráfico com a curva de crescimento da microalga e calculada a produtividade de biomassa conforme a Equação 1. As atividades realizadas encontram-se resumidas no fluxograma apresentado na Figura 1.

$$P_b = \frac{C_f - C_i}{t} \quad \text{Equação 1}$$

Em que: P_b é a produtividade de biomassa ($\text{g}/\text{L}\cdot\text{d}$), C_f e C_i são as concentrações de biomassa (g/L) no final e no início do cultivo, respectivamente, e t é o tempo de cultivo (d).

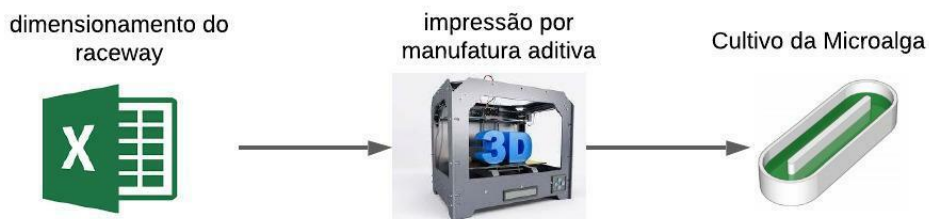
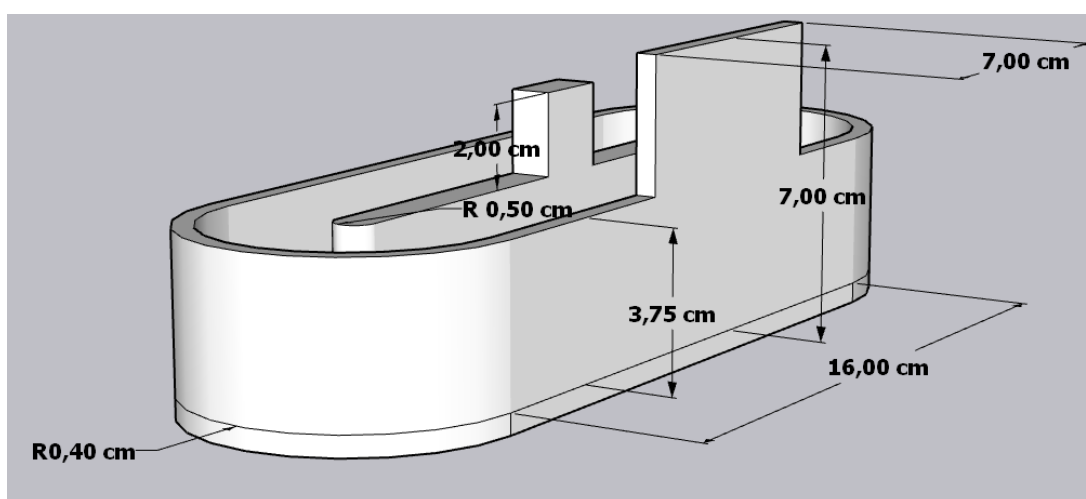


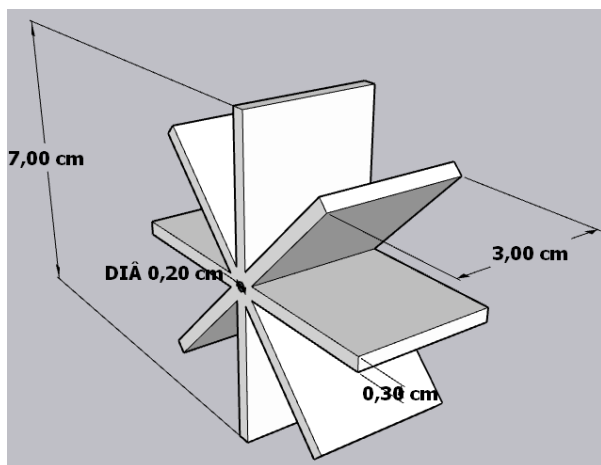
Figura 1: Etapas do desenvolvimento da pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Com relação aos resultados alcançados em termos de construção do raceway, foram estipulados valores de dimensionamento apresentados na Figura 2-A, com profundidade de 3,75 cm, largura de 8,0 cm e comprimento de 24,0 cm. Sendo cada canal com 3,5 cm e a parede central com 1,0 cm de largura. O impelidor (Figura 2-B) foi plotado com 7,0 cm de altura e 3,5 cm de largura. Foram inseridas paredes em uma das laterais e ao centro do raceway para acoplamento do motor e eixo rotativo. Após a impressão da estrutura, adicionou-se o motor rotativo e o dissipador de calor, deixando a peça conforme Figura 2-C.



A

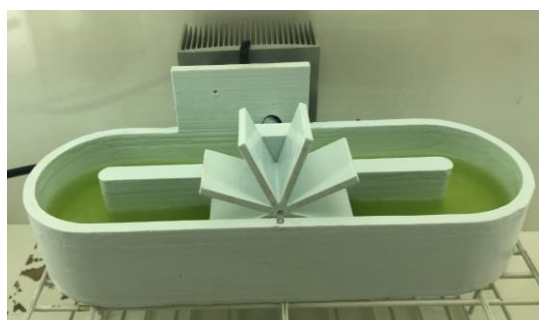


B



C

Figura 2: Dimensionamento do (A) raceway e do (B) impelidor, e (C) estrutura montada.



A



B



C

Figura 3: Cultivo da microalga em raceway (A) início do cultivo, (B) fim do cultivo sem reposição de meio de cultura e (C) fim do cultivo com reposição de meio de cultura.

O estudo sem reposição de meio de cultura apresentou taxa de evaporação em torno de 50 mL/d, e por isso foi monitorado por apenas três dias. Neste, foi observado um aumento na densidade de células, passando de 0,15 g/L para 0,86 g/L, com concentração de células de 20×10^6 células/mL no terceiro dia; e atingindo produtividade de biomassa de 0,24 g/L·d (Tabela 1). Entretanto, deve-se levar em conta que houve influência externa da evaporação - característica do sistema aberto - tornando o cultivo mais concentrado. Na Figura 3-B pode-se observar a ausência aparente de contaminação e a evaporação do meio.

O cultivo da microalga em raceway com reposição de meio de cultura foi monitorado por sete dias (Tabela 1), repondo 50 mL de meio de cultivo BG11 diariamente. Atingiu-se maior produtividade de biomassa no sexto dia (0,26 g/L·d). Foi também alcançada uma concentração de 1,87 g/L de biomassa, com densidade de células de 65×10^6 células/mL. Nota-se ainda que, mesmo com a reposição de BG11, o meio tornou-se visivelmente concentrado e sem contaminação aparente (Figura 3-C).

Tabela 1: Resultados do cultivo da *Chlorella* sp. em raceway.

Meio de cultura	Tempo (dias)	Densidade de células (10^6 células/mL)	Concentração de biomassa (g/L)	Produtividade de biomassa (g/L·d)
Sem reposição	0	4,35	0,15	-
	1	9,80	0,25	0,09
	2	13,7	0,45	0,15
	3	20,0	0,86	0,24
Com reposição (50 mL/d)	0	3,25	0,13	-
	1	6,60	0,17	0,05
	2	10,10	0,23	0,05
	3	26,20	0,46	0,11
	4	41,40	0,82	0,17
	5	53,00	1,25	0,23
	6	62,80	1,66	0,26
7	65,40	1,87	0,25	

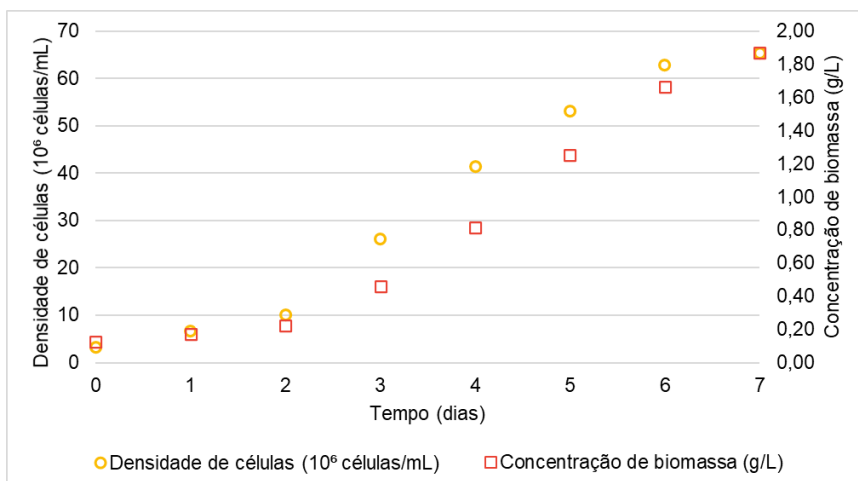


Figura 4: Curva de crescimento da microalga *Chlorella sp.* em raceway com reposição de meio de cultura.

Foi traçada a curva de crescimento da microalga *Chlorella sp.* com base nos sete dias de cultivo em raceway com reposição de meio (Figura 4), em que se pode observar que o cultivo inicia a fase exponencial no terceiro dia e apresenta uma desaceleração do crescimento entre o sexto e sétimo dia – principalmente ao observar a densidade de células (círculos amarelos).

CONCLUSÕES:

O dimensionamento e modelagem do raceway e do impelidor foram realizados de forma adequada possibilitando o cultivo da microalga. Com os resultados do cultivo constatou-se a necessidade de reposição de meio de cultura para suprir o volume evaporado pelo contato direto com ambiente e durante o crescimento da microalga. No cultivo com reposição do meio, pode-se constatar que após 3 dias a cultura inicia o crescimento exponencial e com sete dias atinge $65 \cdot 10^6$ células/mL e concentração de biomassa de 1,82 g/L. A máxima produtividade de biomassa foi de 0,26 g/L·d no sexto dia de cultivo com reposição de meio BG11, garantindo um cultivo contínuo da microalga. Pode-se verificar que a concentração de microalgas utilizada para o cultivo foi suficiente para manter a espécie como predominante no meio, evitando contaminações

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à M^a. Danubia Santiago Martins pelo treinamento para uso dos softwares AutoCAD® e SketchUp® e ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – Ensino médio (PIBIC-EM) 2020/21 pelo apoio financeiro e estrutural.

BIBLIOGRAFIA

- BENNOUNA, Clara. **Escolher o seu sistema de cultura de microalgas**. Synoxis Algae, 2020. Disponível em: <https://www.synoxis-algae.com/escolher-o-seu-sistema-de-cultura-de-microalgas/> Acesso em: 29/07/2021.
- DERNER, Roberto Bianchini. **Metabolismo das microalgas**. Aquaculture Brasil. Mar Grosso Laguna - Santa Catarina. 2017 n° 6, parte I. Disponível em: <https://www.aquaculturebrasil.com/coluna/82/metabolismo-das-microalgas> Acesso em 23/08/2021.
- FRANCO, André Luiz Custodio. et al. **Biodiesel De Microalgas: Avanços E Desafios**. Química. Nova, 2013. vol. 36, no. 3, pp. 437-448. DOI: 10.1590/S0100-40422013000300015
- LEE, Yuan Kun. **Microalgae Cultivation Fundamentals**. In: Bux F., Chisti Y. (eds) Algae Biotechnology. Green Energy and Technology. Springer, Cham. 2016. pp. 1-19. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12334-9_1
- KASVI, **Microalgas: um potencial biotecnológico**. Disponível em: <https://kasvi.com.br/microalgas-um-potencial-biotecnologico/>. Acesso em: 20/08/2021.
- PORTELA, Sérgio. **Filamento ABS: como imprimir com esse material**. 3DLab: soluções em impressão 3D. 2017. Disponível em: <https://3dlab.com.br/como-imprimir-com-filamento-abs/> Acesso em: 23/08/2021.