



MATIAS BORBA BRUSCHI

LEONARDO NAME VILLARI ZANETTI

**ÁRVORE BIOLÓGICA ARTIFICIAL DE MICROALGAS CAPAZ DE
PRODUZIR BIOMASSA E REDUZIR O AQUECIMENTO GLOBAL**

LONDRINA

2023

RESUMO:

Em um projeto anterior, foi construído um painel de produção de microalgas que atuava com um sequestrador de carbono e como uma intervenção artística urbana. As algas são organismos de muita importância para todos os seres vivos pois produzem a maior parte de gás oxigênio presente na atmosfera, sendo a base da cadeia alimentar dos ambientes aquáticos. Sua biomassa e composição química tem alto valor agregado e é composta, principalmente, por carboidratos, proteínas e lipídios que são base para insumos energéticos, fertilizantes e suplementos alimentares, sendo ainda utilizada para a produção de remédios, suplementos alimentares, cremes, entre outras coisas. Podem ser cultivadas em situações adversas e em sistemas de produção escaláveis, ou seja, de qualquer tamanho. Apesar de serem conhecidas muitas espécies, somente quatro têm produção comercial significativa: Spirulina (Arthrospira), Dunaliella, Haematococcus pluvialis e Chlorella vulgaris. A última foi escolhida neste trabalho para o desenvolvimento de uma espécie de “árvore artificial” para produção de microalgas movida à energia solar, realizando a captação de CO₂ em sua produção e produzindo matéria orgânica como insumo captável. O projeto foi construído a partir de materiais transparentes por onde circulam microalgas, permitindo seu processo fotossintético, em pontos específicos, são gerados fluxos turbulentos que permitem a captação do CO₂. Todo o sistema é movido através de energia solar e pode ser implantado em qualquer local, desde que tenha iluminação para geração da energia necessária, sendo assim uma alternativa para o sequestro de carbono em ambientes industriais e urbanos.

Palavras-chave: microalgas, cultivos de microalgas, meio ambiente e árvore biológica.

INTRODUÇÃO

As algas são organismos de grande importância para todos os seres vivos pois elas produzem a maior parte do oxigênio presente na atmosfera, são a base da cadeia alimentar do ambiente aquático e podem ser utilizadas para fabricação de remédios, cremes, suplementos alimentares entre várias outras coisas. Dentro deste grupo biológico estão as microalgas, estas são elementos de um grupo muito heterogêneo de organismos, estão naturalmente presentes em diferentes ambientes aquáticos/úmidos, incluindo rios, lagos, oceanos e solos. São organismos com dois tipos de estrutura celular: procariontes ou eucariontes, que podem formar colônias, com pouca ou nenhuma diferenciação celular além de serem dotados de pigmentos, responsáveis por coloração variada e por metabolismo fotoautotrófico.

Trabalhar com microalgas possui diversas vantagens, elas podem ser cultivadas em diversos sistemas de produção, com volume variando desde poucos litros até bilhões de litros, podendo estes cultivos possuir ainda, baixo custo de produção, muitas empresas desenvolvem cultivos a céu aberto, sob condições naturais de iluminação e temperatura, e com baixo ou nenhum controle de parâmetros ambientais.

A biomassa de microalgas pode ser fonte de uma vasta gama de compostos de elevado valor comercial, como cremes, cosméticos, medicamentos, suplementos alimentares, entre vários outros. Segundo Derner (2016), apesar do considerável e desconhecido número de espécies, conforme dados da literatura somente quatro microalgas têm produção comercial significativa: *Spirulina (Arthrospira)*, *Chlorella*, *Dunaliella* e *Haematococcus pluvialis*, entretanto pouco se sabe sobre o volume e o valor deste comércio.

Além de serem fontes de biomoléculas para o desenvolvimento de novos produtos, com aplicações nas indústrias alimentícia, cosmética, farmacêutica e petroquímica, entre outras, as microalgas também podem ser utilizadas para o sequestro biológico. E também nos oceanos, que ocorrem cerca de 50% da fixação do CO₂, além disso, muitas vezes o processo de fixação (fotossíntese) supera o processo de liberação (respiração), fato que ocorre na zona eufótica e isso se dá graças a presença das microalgas.

As atividades humanas como a queima de combustíveis fósseis, a incineração de lixo doméstico e queimadas em campos e florestas, atividades estas que foram magnificadas a partir da revolução industrial, criaram um grande e atual problema para a humanidade, a liberação de milhões de toneladas de gases de efeito estufa como o CO₂, principal responsável pelo processo de aquecimento global. Uma forma de minimizar o impacto desse gás na atmosfera é fazendo a “remoção” do seu excesso, processo

conhecido como sequestro de carbono. O sequestro de carbono ocorre naturalmente através da absorção e armazenamento em longo prazo pelas plantas, nos solos, nas formações geológicas e no oceano. No presente projeto pretende-se realizar este sequestro de carbono através das microalgas, em painéis urbanos que possam ser instalados em vários tipos de construções verticais, que possam unir arte e ecologia dentro das cidades.

REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Microalgas

Atualmente existem mais de 150 espécies de algas que são usadas comercialmente, as microalgas fazem parte de um grupo muito heterogêneo de organismos. São predominantemente aquáticos e geralmente microscópicos unicelulares, podendo formar colônias, e apresentar pouca ou nenhuma diferenciação celular. Sua coloração variada é característica oportunizada pela presença de pigmentos e mecanismo fotoautotrófico (Schimtz, 2012).

As microalgas são seres unicelulares que utilizam a energia solar para manter o seu metabolismo através do processo da fotossíntese e da respiração celular. Estes organismos são distinguidos, principalmente, pela sua pigmentação, ciclo de vida e estrutura celular. As principais linhagens de microalgas em termos de abundância são descritas por RAVEN et al. (2005): a) Diatomáceas (*Bacillariophyta*), da qual existem aproximadamente 100.000 espécies, sendo considerada a espécie que domina o fitoplâncton dos oceanos, podendo ser encontrada em ambientes de água doce. Apresenta sílica como constituinte da parede celular e a reserva de carboidratos se dá mediante óleo ou polímeros de carboidrato, conhecido como crisolaminarina; b) Algas Verdes (*Chlorophyceae*) representadas por cerca de 17.000 espécies, são encontradas em sua grande maioria, em meio marinho ou em água doce. Sua produção energética dá principalmente, em forma de amido; c) Algas azuis (*Cyanophyta*), conhecidas por desempenharem papel importante na atmosfera: a fixação de oxigênio. Compreende cerca de 2.000 espécies, podendo ser encontrados em diversos ambientes; d) Algas Douradas (*Chrysophyceae*) que possuem cerca de 1.000 espécies, com habitat predominantemente doce, são semelhantes às diatomáceas).

Segundo Kochem (2010), a preocupação com a preservação do planeta e de suas fontes naturais torna-se cada vez mais importante nos dias atuais, tendo em vista os

resultados decorrentes do desenvolvimento industrial desenfreado a partir de fontes não-renováveis de energia.

A necessidade de tornar processos produtivos cada vez mais limpos, faz com que haja incentivos em pesquisas que busquem matérias-primas e processos sustentáveis. Assim sendo, a aplicação de microalgas surge como um promissor sistema de regeneração da atmosfera no combate ao efeito estufa provocado devido aos altos índices de emissão de gás carbônico. Além disso, esses microrganismos fotossintetizantes produzem matéria-prima de alto valor agregado como proteínas, lipídeos, vitaminas, minerais e pigmentos.

As microalgas crescem rapidamente e em diferentes condições ambientais devido a sua estrutura celular simples, unicelular ou multicelular (Mata et al, 2009). Esses organismos têm de 2 a 200 μm de tamanho e podem ser eucariotos ou procariotos, o que significa que podem ter um núcleo bem definido no interior da célula separado do citoplasma ou sem núcleo respectivamente. (Kochem, 2010).

As microalgas são um dos seres mais primitivos da Terra e existem relatos antigos de sua utilização como alimento por algumas populações. Na China, há 2.000 anos, a cianobactéria *Nostoc* era utilizada como alimento (Spolaore et al, 2006), massas flutuantes de filamentosas de espécies de *Arthrospira* também serviram de alimento para indígenas nativos do México e para populações do noroeste da África. Entretanto, somente no século XIX iniciaram-se os estudos sobre microalgas e a partir do século XX que estudos mostraram efetivamente a viabilidade destes organismos de serem utilizados tanto como ração animal quanto para alimentação humana (Lourenço 2006).

Um aspecto atualmente estudado sobre as microalgas é sua capacidade de biofixação de CO_2 (gás carbônico) no processo de fotossíntese, acumulando-o como biomassa.

O gás carbônico é um dos gases mais estudados hoje em dia por ser um dos gases poluentes mais produzidos pelo homem na atmosfera e mais significantes quanto ao aquecimento terrestre devido ao efeito estufa. O cultivo de microalgas surge como uma alternativa promissora de assimilar essas emissões, pois a fotossíntese absorve esse gás transformando-o em glicose (Kochem, 2010). O número exato de espécies de microalgas ainda não é conhecido, mas muitas espécies já podem crescer em sistemas de cultivo. (Schimtz, 2012).

2.2 Cultivo de microalgas

O cultivo de microalgas é um dos mais modernos processos biotecnológicos e tem se desenvolvido significativamente. A diversidade de microalgas há muito tempo vem atraindo a atenção de vários pesquisadores, por apresentarem em sua composição altas concentrações de proteínas, sais minerais, vitaminas e ácidos graxos essenciais. Além disso, certas espécies de microalgas, quando cultivadas em meios adequados e sob determinadas condições, possuem a capacidade de duplicar sua biomassa em até um dia.

O cultivo de microalgas em grande escala para fins comerciais iniciou por volta de 1960 no Japão, com a microalga *Chlorella*, seguida pela cultura de *Spirulina* em 1970 no México, ambas utilizadas para suplemento alimentar. (Henrard, 2009).

O crescimento de uma população de microalgas é resultado da interação entre fatores biológicos, químicos e físicos. Os fatores biológicos referem-se às próprias taxas metabólicas da espécie cultivada, quanto aos fatores físico-químicos, os principais que afetam o crescimento das microalgas são luz, temperatura, pH, salinidade e disponibilidade de nutrientes, estes são os que demandam maior estudo. Não existe um meio de cultivo único para todas as espécies de microalgas, uma vez que cada uma tem suas necessidades específicas (Schimtz, 2012). Os cultivos de microalgas podem ser feitos em sistemas abertos ou fechados. Os sistemas mais antigos são os abertos, onde as microalgas são produzidas em lagoas, grandes tanques ou piscinas ao ar livre. Apesar de esses sistemas serem de fácil e barata instalação e operação, são sistemas que estão sujeitos a contaminantes, variações quanto aos parâmetros de cultivo, como por exemplo, intensidade solar, temperatura, homogeneidade de nutrientes em decorrência de evaporação da água ou diluição do meio de cultivo quando em dias de chuvas. Por isso, as microalgas ficam sujeitas a variações de rotas metabólicas, quando cultivadas dessa forma. (Kochem, 2010).

Os fotobiorreatores de placas oferecem a vantagem de ocuparem pouco espaço em sua instalação, pois consistem de placas finas que podem ser colocadas verticalmente ou inclinadas em relação à fonte de iluminação. Entretanto, em se tratando de iluminação solar, estudos quanto à maior produtividade das algas de acordo com a orientação norte/sul ou leste/oeste das placas, ainda estão sendo avaliados, já que resultados se mostram diferentes (Xu et al, 2009).

Os cultivos de microalgas, em comparação aos cultivos vegetais, além de utilizar menores áreas, independem da qualidade do solo, podendo ser desenvolvidos em solos estéreis, inutilizáveis para a agricultura e até mesmo no deserto; ou em solos férteis, sem causar impacto. Microalgas necessitam 3 vezes menos água que a soja e utiliza apenas 2% da água necessária para o gado, podendo esta ser, para a maioria destes microrganismos fotossintéticos, salina, alcalina, ou até mesmo residual, impróprias para a agricultura. Para

Para produzir a mesma quantidade de proteínas as microalgas necessitam 20 vezes menos área que a soja e 200 vezes menos área que o gado (Henrikson, 1994). As grandes vantagens que esses reatores oferecem são quanto à grande superfície de iluminação, ao baixo acúmulo de oxigênio dissolvido comparado a reatores tubulares e à facilidade de escalonamento, visto que são módulos independentes de placas. Contudo, algumas espécies de microalgas aderem-se às paredes do reator impossibilitando uma boa absorção de luz. Além disso, o controle de temperatura desses sistemas, a fim de evitar a evaporação, torna-se difícil, mesmo que algumas soluções, como acoplar trocadores de calor dentro das placas, já tenham sido criadas. (Kochem, 2010)

2.3 Utilização das microalgas

Atualmente são conhecidas numerosas aplicações comerciais de microalgas e o avanço de sua produção comercial nos últimos 60 anos é notável, porém ainda existem obstáculos relativos aos sistemas de produção. Segundo Lourenço (2006), três categorias básicas de aplicações comerciais já são conhecidas:

- 1) Uso de microalgas para aumentar o valor nutricional de alguns alimentos para animais e para o homem.
- 2) Uso de microalgas como ração para aquicultura in natura ou parcialmente processadas.
- 3) Utilização de moléculas de alto valor agregado provinda das microalgas, como vitaminas, pigmentos e ácidos graxos, em alimentos industrializados, produtos farmacêuticos e cosméticos.

Além destas, outras aplicações potenciais podem ser citadas, como a produção de biogás proveniente da biomassa microalga ou a produção de biodiesel proveniente da

extração de ácidos graxos a partir das microalgas (Kochem, 2006). A biomassa microalga apresenta cerca de 50% de carbono na sua composição, assim o fornecimento deste nutriente aos cultivos representa um importante componente dos custos de produção, seja gasoso na forma de dióxido de carbono, ou sólido, principalmente na forma de bicarbonato (Vonshak, 1997).

A utilização de algas para a produção de biocombustíveis já era proposta em 1960, todavia, foi na década de 1970, com a crise do petróleo, que foram impulsionadas pesquisas na área de fontes alternativas de combustíveis e iniciaram-se os estudos e projetos voltados para a produção de microalgas para fins energéticos. Estes programas possibilitaram a identificação de espécies e a seleção de microalgas com alto potencial de extração de lipídeos (Gazzoni, 2016).

O biodiesel de algas vem se tornando uma grande alternativa para a produção de energia, pois, além de serem renováveis, seus efluentes são menos agressivos se comparados aos dos combustíveis fósseis. Apontadas como uma das mais promissoras fontes de matérias-primas para a produção de biocombustíveis, as microalgas possuem grande potencial de produção de óleos em áreas reduzidas e não são utilizadas como insumos alimentícios. (Carneiro, et. al., 2018).

Tem-se intensificado os estudos baseados em processos biológicos para tratamento de efluentes, surgindo assim, a biossorção que consiste na absorção de metais tóxicos por microrganismos. Esse processo apresenta-se como uma tecnologia promissora e em atual expansão, apresentando vantagens como baixo custo e boa eficiência (Das et al., 2008).Dentre os micro-organismos utilizados na biossorção, as microalgas possuem destaque em função da sua capacidade de retenção e imobilização de metais.

Atualmente, as pesquisas em biotecnologia alimentar empregando microalgas vêm ganhando especial atenção; no entanto, a coleta e o cultivo para utilização na alimentação humana são realizados há séculos. Segundo o mesmo autor, povos nativos do Chade, na África, e do lago Texcoco (Astecas), no México, alimentavam-se de produtos feitos com biomassa de *Spirulina* spp. Bory, (*Cyanophyceae*) e, ainda hoje, os nativos do Chade, em determinadas épocas do ano, dependem quase que exclusivamente da coleta desta microalga para sua alimentação (Derner, 2006).

Várias espécies são cultivadas comercialmente em alguns países e a biomassa produzida tem sido utilizada como fonte de produtos para aplicação na indústria de alimentos.

Segundo PULZ & GROSS (2004), o mercado de alimentos funcionais, utilizando microalgas em massas, pães, iogurtes e bebidas, apresenta rápido desenvolvimento em países como França, Estados Unidos, China e Tailândia. As principais microalgas cultivadas comercialmente são espécies dos gêneros *Chlorella Beyerinck*, (Chlorophyceae) e *Arthrospira Stizenberger*. (Cyanophyceae) para a adição em alimentos naturais (“health food”), *Dunaliella salina* Teodoresco, (Chlorophyceae) para a obtenção de betacaroteno e *Haematococcus pluvialis* Flotow (Chlorophyceae) para a obtenção de astaxantina (Derner, 2006).

OBJETIVO

Objetivo geral: Criar uma árvore com mecanismos de produção de biomassa, que seja capaz de realizar o sequestro de carbono da atmosfera, reduzindo, portanto, os gases de efeito estufa e que seja uma árvore portátil.

Objetivos específicos:

- Avaliar os processos funcionais do protótipo da árvore de microalgas.
- Comparar o crescimento das microalgas com fotobiorreatores comuns
- Analisar a capacidade de sequestro de carbono pela árvore de microalgas.
- Quantificar a produção de biomassa por área de exposição das microalgas.

PROBLEMA E JUSTIFICATIVA

Sendo assim, seria possível produzir microalgas em estruturas verticais, que se assemelham a árvores, capazes de ser instaladas em qualquer tipo de ambiente, que seja auto sustentável energeticamente, capazes de retirar o CO₂ da atmosfera, reduzindo o aquecimento global e produzindo biomassa ao mesmo tempo?

MATERIAIS E MÉTODOS (ou Metodologia)

O presente projeto consiste em duas etapas distintas de desenvolvimento. A primeira etapa consistiu na elaboração de um cultivo de microalgas da espécie *Chlorella*

vulgaris no laboratório do Colégio Interativa. As algas foram cultivadas em Erlenmeyers de 3000 ml, com adição de nutriente NPK (5:13:5) na proporção de 2 gramas por litro. O cultivo foi mantido em iluminação artificial com 12 horas ininterruptas de luz e 12 horas de escuro, com aeração externa.



Figura 1 - Cultivo de microalgas. Fonte: Autor

Durante 3 semanas consecutivas, foram coletadas amostras para a análise de crescimento das microalgas, realizada na câmara de Neubauer em microscópio óptico.

A segunda etapa do projeto foi a montagem da “árvore de microalgas”, inicialmente pensou-se em montar todo o projeto com materiais transparentes, o que pretende-se fazer em um futuro breve, entretanto tubos de acrílico do diâmetro necessário eram muito difíceis de achar no mercado e com preços muito inacessíveis, optou-se portanto, pela elaboração de apenas uma parte transparente elaborada por mangueiras conectadas a uma estrutura semelhante a “galhos” elaboradas com conectores de mangueira e braçadeiras para evitar vazamentos conforme exposto nas figuras 2 e 3.



Figura 2 - Autores na construção do protótipo. Fonte: Autor.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela 1 - dados de crescimento da microalgas em sistema de cultivo - número de células por microlitro.

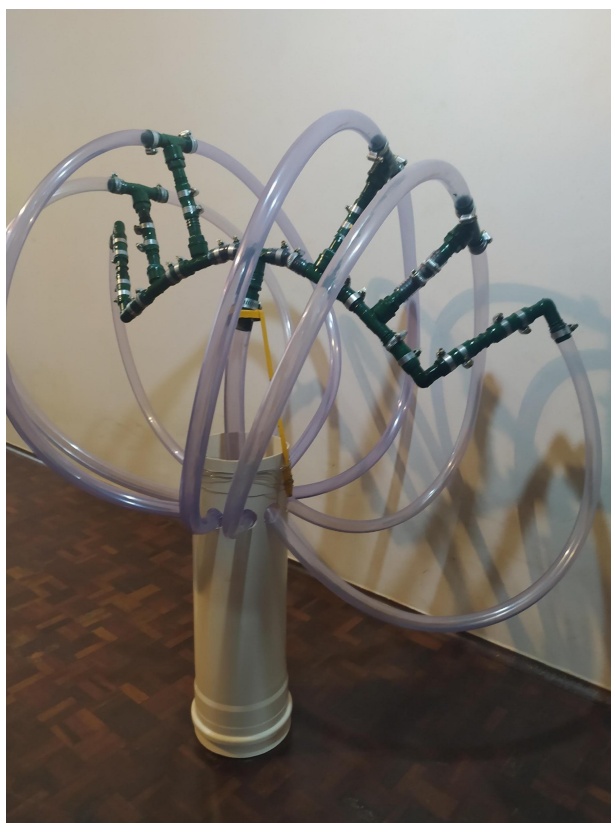
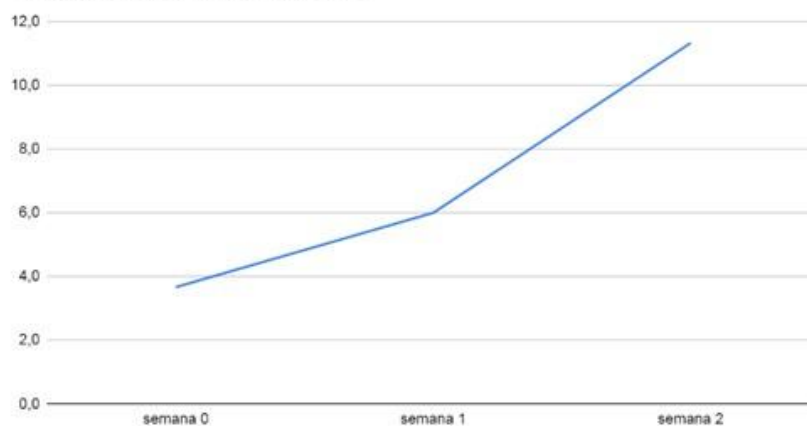


Figura 3 - Árvore artificial de microalgas. Fonte: autor

Um protótipo inicial da árvore de microalgas foi desenvolvido para que pudesse ser feito um dimensionamento da bomba de água necessária para circular a água no sistema, a construção foi realizada com um reservatório provisório que consiste num tubo de PVC.

Testes estão sendo feitos nessa etapa do projeto com diferentes tipos de bomba de água, visto a necessidade da criação de um fluxo constante de água nas várias mangueiras.

A árvore foi ligada em etapas de prova, ainda não sendo feita a medida de reprodução das microalgas no sistema estudado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A árvore de microalgas se mostrou funcional e a água circulante no mecanismo é capaz de promover o crescimento de microalgas, produzindo grandes quantidades de biomassa e seu crescimento demonstra a incorporação do CO₂ atmosférico.

Dados quantitativos da Árvore de Microalgas ainda estão sendo computados.

REFERÊNCIAS

DAS, N.; VIMALA, R.; KARTHIKA, P. Biosorption of heavy metals - An Overview. Indian Journal of Biotechnology, v. 7, p. 159-169, 2008.

DERNER, Roberto Bianchini et al. Microalgas, produtos e aplicações. **Ciência Rural**, v. 36, p. 1959-1967, 2006.

GAZZONI, Décio Luiz. Os desafios do biodiesel de algas. 2016c. Disponível em: <<http://www.gazzoni.eng.br/pagina40.htm>>. Acesso em: 14 maio 2016.

HENRARD, Adriano Seizi Arruda. **Cultivo semicontínuo das microalgas Cyanobium sp. e Chlorella sp.** 2009. Dissertação de Mestrado.

Henrikson, R. Microalga Spirulina: Superalimento del futuro. Barcelona: Ediciones S.A.

Urano, ISBN: 84-7953-047-2, 1994.

KOCHEM, Luce Helena. Caracterização de fotobioreator air-lift para cultivo de microalgas. 2010.

Lourenço O. S. Cultivo de Microalgas Marinhas: Princípios e Aplicações. 1 ed. São Carlos, SP. Ed. Rima. 2006. 367-369, 387-389, 466.

Raven JA, Walker DI, Jensen KR, Handley LL, Scrimgeour CM, et al. 2005. What fraction of the organic carbon in saccoglossan is obtained from photosynthesis by kleptoplastids? An investigation using the natural abundance of stable isotopes. *Mar. Biol.* 138:537–45 162. Rawat M, Moroney JV. 1991. Partial characterization of a new isozyme of carbonic anhydrase isolated from *Chlamydomonas reinhardtii*. *J. Biol. Chem.* 266:9719–23

Spolaore P, Joannis-Cassan C, Duran E, Isambert A. Commercial applications of microalgae. *J. Bioscience Bioeng.* 2006, 101(2), 87-96.

VONSHAK, A. *Spirulina platensis* (Arthrospira) Physiology, cell-biology and biotechnology. London: Taylor & Francis, 1997, 252 p.

Xu, Ling, Weathers J. Pamela, Xiong, Xue-Rong, Liu Chun-Zhao. Review: “Microalgal bioreactors: Challenges and opportunities”. *Eng. Life Science*, 2009, 9, No3, 178-189.