

# CIANOBACTÉRIAS: IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

MARIA HELENA PIMENTA PINOTTI<sup>a</sup>  
ROSIMEIRE SEGATO<sup>b</sup>

PINOTTI, M.H.P. & SEGATO, R. Cianobactérias: importância econômica. *Semina*, v. 12, n. 4, p.27S-280, dez. 1991.

## RESUMO

O cultivo em massa de algas tem chamado muito a atenção devido à sua utilização na produção de alimentos para o homem e animais, reciclagem de resíduos, tratamento de esgoto e suprimento de matéria-prima para alguns compostos naturais e agentes bioativos. Neste particular, as cianobactérias representam um importante papel, consistindo uma fonte rica em proteínas, carboidratos, lipídeos, vitaminas, enzimas e outros compostos. Outros usos correntes e potenciais incluem: a) inoculante para o solo; b) produção de energia pela produção do biogás metano e conversão da energia solar através da biofotólise; c) fornecimento de produtos especiais como por exemplo: corantes para alimentos e indústrias de cosméticos, ácidos graxos essenciais e agentes marcadores fluorescentes; d) tratamento de águas residuárias; e) remoção de metais pesados; e) na piscicultura, como alimento para peixes, ostras, mariscos, etc. No entanto, podem representar elementos perigosos no meio ambiente, através de suas cepas produtoras de toxinas, fato que deve ser levado em consideração quando de sua utilização como biomassa e como produtoras de compostos bioativos, na purificação da água para uso humano e no estudo da degradação do meio ambiente.

**PALAVRAS CHAVES:** *Cianobactérias, Microalgas, Proteína unicelular, Biotecnologia de microalgas.*

## 1 - INTRODUÇÃO

As cianobactérias são microalgas. As microalgas compreendem uma série de organismos distintos de natureza microbial e com capacidade de produzir oxigênio através da fotossíntese. São organismos unicelulares ou apresentando filamentos ou colônias multicelulares com quase nenhuma diferenciação. Dentro da definição de microalgas incluem-se tanto organismos procarióticos (algas azuis-verdes, agora chamadas de cianobactérias) como organismos eucarióticos (algas verdes, vermelhas, diatomáceas, dinoflagelados, etc).

As cianobactérias (ou algas cianofíceas) são um grupo de microrganismos considerados bactérias altamente desenvolvidas e/ou plantas muito simples, compreendendo uma linhagem muito específica na evolução biológica. Pertencem ao reino Monera, divisão Cyanophyta, e têm papel muito importante entre os microrganismos presentes na água, principalmente como produtores primários de matéria orgânica (WETZEL, 1983) e como fixadores de nitrogênio (WETZEL, 1983; NEWTON & BURGESS, 1983). Porém, quando em crescimento excessivo, prejudicam todo o sistema, chegando em certos casos a tomar características tóxicas, dependendo da linhagem da ciano-

bactéria em questão (COOD & BELL, 1985; CARMICHAEL et al., 1986; GUARAPI RANGA, 1991).

O interesse pelo uso de microalgas em geral, como uma fonte proteica não convencional ("Single Cell Protein", SCP), para alimentação humana e ração animal, assim como para outros objetivos, tem aumentado, como resultado das necessidades de um suprimento de alimento cada vez maior, problemas crescentes de controle de despejos e deficiências cada vez maiores de recursos energéticos.

Quando comparadas com outros microrganismos como bactérias, leveduras e fungos, observa-se uma falta de informação detalhada sobre o cultivo de cianobactérias, assim como de microalgas em geral, principalmente em consequência de seu cultivo não convencional. Só muito recentemente foram incluídas em programas de monitoramento, para cultivo industrial em larga escala (BECKER, 1981; BENNEMAN, 1990). Portanto, representam uma fonte ainda pouco explorada para uso como proteína unicelular, para a produção de agentes bioativos que possam ter aplicação médica, compostos bioquímicos específicos, além de outros propósitos.

Nesta revisão procuramos abordar os diversos aspectos da utilização das cianobactérias bem como os pro-

a Departamento de Bioquímica — CCE/Universidade Estadual de Londrina, Caixa Postal 600Í, CEP 86051-970, Londrina - Paraná - Brasil.  
b Aluna do Curso de Especialização em Bioquímica — CCE/Universidade Estadual de Londrina — Bolsista do programa RHAÉ (CNPq).

blemas acarretados quando de seu crescimento excessivo no fitoplâncton.

## 2 - USOS E PRODUTOS

1 - Valor nutritivo das cianofíceas e produção de biomassa - As cianofíceas têm sido consideradas recentemente, uma fonte nutricional potencial para animais, assim como para o homem.

Na república do Chad (África Central) viceja em lagos alcalinos, a *Spirulina platensis*, que é coletada e utilizada pelos nativos como uma espécie de torta, chamada "Dihe" para a preparação de molhos e sopas. A mesma alga pode ser encontrada também, em lagos alcalinos, na Ásia, América do Norte, América do Sul e América Central. Sabe-se que foi utilizada pelos Astecas, no México, que a chamaram "Tecuitlati" (FAY, 1983).

A *Spirulina* cresce bem em lagos alcalinos, e a uma concentração de bicarbonato de 15g/l irá dominar qualquer sistema de cultivo. Dessa forma, um dos problemas cruciais no cultivo de algas, que é o controle da espécie, pode ser contornado. Além disso, como é filamentosa, a colheita torna-se facilitada, podendo ser colhida usando-se peneira de malha grossa.

A *Spirulina* cresce naturalmente em um lago próximo a cidade do México, onde a Companhia Sosa Texcoco, estabelecida no início da década de 70 (BENEMANN, 1990), colhe em torno de duas toneladas de alga (peso seco) por dia, que são vendidas principalmente para os Estados Unidos, Japão e Canadá (BECKER, 1981; KYLE, 1989). Em torno de 1980, a *Spirulina* tornou-se um "produto natural" popular nos Estados Unidos e a partir daí, em outros países, sendo encontrada aqui no Brasil não somente em lojas de "produtos naturais" mas também na grande maioria das farmácias, onde é vendida em forma de cápsula, principalmente.

O sucesso comercial da *Spirulina* fez com que houvesse o desenvolvimento de empresas de produção adicionais tanto no Extremo Oriente, principalmente Tailândia e Taiwan, como nos Estados Unidos. No início da década de 80, as "Earthrise Farms", fazendas localizadas próximo a Salton Sea, criaram a primeira empresa de produção de *Spirulina* nos Estados Unidos com capital de risco dos japoneses (BENEMANN, 1990). Em torno de 8 hectares de lagos estão sob cultivo nestas fazendas. O produto é exportado primariamente para o Japão, onde, além de ser usado como alimento natural é sujeito à extração para obter o pigmento ficocianina, usado como corante em produtos derivados do leite (KATO, 1977), gomas de mascar (LOTTE, 1980), sorvetes e bebidas (SHOTEN & KOGYO, 1981; KATO, 1987).

Análises químicas da proteína extraída da *Spirulina* têm demonstrado, quando comparada com a proteína padrão da FAO, que esta contém todos os aminoácidos em concentrações adequadas para consumo humano ou por animais, com exceção dos aminoácidos que contêm enxofre (cistina e metionina), que estão em quantidades relativamente baixas (Tabela 1). O valor nutritivo, índice

**TABELA 01** -- Padrão de Aminoácidos da Alga *Spirulina* comparado com a proteína padrão da FAO (g/100g proteína).

AMINOÁCIDOS	PROTEÍNA PADRÃO	<i>Spirulina</i>
Isoleucina	4,0	6,7
Leucina	7,0	9,8
Valina	5,0	7,1
Fenilalanina	6,0	5,3
Tirosina		5,0
Lisina	5,5	4,8
Metionina		2,5
Cistina	3,5	0,9
Triptofano		1,0
Treonina	4,0	6,2
Alanina		9,5
Arginina		7,5
Ac. Aspártico		11,8
Ac. Glutâmico		10,3
Glicina		5,7
Histidina		2,2
Prolina		4,2
Serina		5,4

Adaptado de BECKER, 1981

de proteína, foi estimado ser aproximadamente 50% (para comparação, o índice de proteína do amendoim é 50%, da farinha de soja, 75%; da carne, 83% e ovos, 100%). A *Spirulina* é ainda uma fonte rica em certas vitaminas, principalmente beta caroteno (Tabela 2), assim

**TABELA 02** -- Conteúdo em vitaminas da Alga *Spirulina* comparado com o ovo (mg/kg matéria seca)

VITAMINAS	<i>Spirulina</i>	OVO
Tiamina	27,8	1,2
Riboflavina	33,4	3,4
Piridoxina	1,32	2,5
Cobalamina	2,4	0,02
Biotina	0,06	0,2
Beta caroteno	500,0	10,0

FONTE: BECKER, 1981

como em enzimas, amins, esteróides, compostos aromáticos, pigmentos, carboidratos e lipídeos.

Além da *Spirulina*, outras cianobactérias vêm sendo testadas em laboratório, para produção de biomassa, tais como: *Anabaena*, *Nostoc*, *Tolypotrix*, *Anacystis nidulans* e cepas não tóxicas de *Microcystis* e *Oscillatoria* (BECKER, 1981; PIORRECK & POHL, 1984).

No Brasil, FAINTUCH e colaboradores (1991) têm realizado estudos com *Spirulina maxima*, *Oscillatoria agardhii* e *Oscillatoria limnetica*, sobre diversos parâmetros relacionados com o cultivo dessas algas.

Nos laboratórios do Departamento de Bioquímica da Universidade Estadual de Londrina estamos realizando estudos com cepas de *Oscillatoria* e *Microcystis* isoladas da Estação de Piscicultura dessa mesma Universidade, sobre as velocidades de crescimento dessas algas em diferentes meios de cultura.

2 - Proteção ambiental - Lagoas com microalgas têm sido usadas extensivamente no tratamento de águas

de despejo em torno de 50 anos. A maior parte dos sistemas não envolve um processo de cultivo controlado, O processo de eutrofização natural em lagos abertas, não aeradas, é explorado para a degradação dos resíduos.

Oswald et al. (1972), citado por BECKER (1981), formularam um sistema de tratamento de águas residuárias substituindo os tanques convencionais por tanques de altas vazões, introduzindo um sistema de aeração e movimentação de água, em um tanque especial, tendo múltiplas finalidades: tratamento de água, produção de biomassa algal e recuperação de afluentes. Estes tanques de altas vazões têm sido objeto de investigação extensiva nos Estados Unidos, Israel e outros países, sendo que uns poucos sistemas comerciais foram instalados (BENEMANN, 1990; SILVA & MARA, 1979).

Uma outra aplicação de microalgas na proteção ambiental leva em consideração a capacidade que elas apresentam de adsorverem metais pesados, sendo utilizadas então para remoção dos mesmos de corpos de água e ainda na mineração de vários metais (BENEMANN, 1990).

3 - Usos na agricultura - Está aparecendo no mercado nos Estados Unidos, a microalga como inoculante para o solo, com a finalidade de melhorar a sua estrutura em termos de fertilidade e, através dos seus polissacarídeos extracelulares, serem ligadas às partículas do mesmo, prevenindo a sua erosão (BENEMANN, 1990). Além disso, capas de cianobactérias fixadoras de nitrogênio inoculadas no solo podem aumentar o seu conteúdo de nitrogênio. O uso de microalgas fixadoras de nitrogênio já tem sido feito na prática em campos de arroz alagados e tem sido usado em várias partes do mundo mantendo grande produtividade. A fertilidade dos solos de arroz é mantida pela atividade de cianobactérias heterocfísticas, que crescem espontaneamente e abundantemente nesses campos. Elas fazem a fixação do nitrogênio atmosférico e secretam substâncias nitrogenadas e, através de sua decomposição, aumentam o conteúdo de substâncias orgânicas do solo (BECKER, 1981).

O efeito benéfico da fixação do nitrogênio na produção de colheitas torna-se ainda mais visível em campos alagados de arroz que apresentam a *Azolla*, uma planta pteridófito que tem como endossimbionte a cianobactéria *Anabaena*, que se encarrega da fixação do nitrogênio. A aplicação da *Azolla* pode aumentar a produção de arroz em até 30% na colheita (FAY, 1983).

4 - Produção de energia - Outra utilidade para biomassa algal, especialmente algas que crescem em águas residuárias, é na produção do biogás, metano (BECKER, 1981; BENEMANN, 1990). Este processo de digestão anaeróbica é um sistema artificial que copia o processo biológico natural para reciclagem de matéria orgânica. Desde o início de 1970, o Departamento de Energia dos Estados Unidos tem financiado em torno de US\$10 milhões em pesquisa básica e aplicada sobre produção de microalgas, com o objetivo de desenvolver tecnologia de baixo custo para produção de combustível a partir destas. Um programa similar está sendo desenvolvido na Europa (BENEMANN, 1990).

Uma outra fonte de pesquisa nessa área é a conversão da energia solar através da biofotólise. As cianobactérias heterocfísticas possuem a capacidade excepcional de evoluir oxigênio durante a fotossíntese, em células vegetativas e, simultaneamente, evoluir H<sub>2</sub> pela transferência de elétrons a íons H<sup>+</sup>, catalizada pela nitrogenase presente nos heterocistos, na ausência de nitrogênio ou outros substratos da nitrogenase. Muitos pesquisadores têm tentado explorar este potencial para desenvolver um "sistema biofotolítico" para conversão de energia solar. Sistemas ao ar livre foram estabelecidos nos quais *Anabaena cylindrica* foi usada para produzir hidrogênio e oxigênio, passando, através destas, em presença da luz, uma mistura de gases contendo argônio e gás carbônico. A eficiência termodinâmica da "coleta" da energia luminosa e conversão a energia química através da ação da fotossíntese e nitrogenase está entre 0,35% e 0,85%. É um valor muito baixo e melhorias são necessárias antes que este sistema torne-se uma proposta viável (BECKER 1981, FAY, 1983).

5 - Outras aplicações - As algas cianofíceas também são usadas com sucesso em piscicultura. O aumento do custo da farinha de peixe é uma das razões para se tentar substituí-la por algas. Experimentos concluídos em Israel com *Cyprinus* e *Tilapia* mostram que não há efeito nocivo em se usar algas provenientes de culturas feitas a partir de resíduos, para cultivo de peixes (BECKER, 1981). São usadas também no cultivo de ostras, caranguejos e mariscos.

Há um grande número de produtos especiais que poderão ser, e, em alguns casos já são, derivados de cianobactérias. A ficocianina, além de ser usada, como já vimos, principalmente no Japão, na indústria de alimentos, tem também sido usada, juntamente com a ficoeritrina, outra ficobiliproteína isolada de cianobactéria, como agentes marcadores fluorescentes para reagentes de diagnósticos devido ao seu alto coeficiente de extinção e fluorescência. Têm sido usados também como pigmentos na indústria de cosméticos (KYLE, 1989; BENEMANN, 1990).

A produção de lipídeos especiais, por exemplo, os ácidos graxos omega 3, presentes em óleos de certos peixes, pode ser um mercado promissor futuramente. Acredita-se que estes ácidos graxos sejam responsáveis pela redução de doenças coronarianas em populações que consomem grandes quantidades de peixe. Estes provavelmente obtêm esses ácidos graxos do fitoplâncton, através da cadeia alimentar. Estas espécies de fitoplâncton são realmente ricas em reservas de óleos, como ácido eicosapentaenóico e ácido docosahexaenóico. O sucesso desta idéia dependerá do melhoramento genético do conteúdo de gordura e desses ácidos graxos das algas, redução do custo de produção e exploração do fato de serem produtos derivados de um processo controlado, mais homogêneo com respeito à composição do óleo que o óleo de peixe (KYLE, 1989).

Outra utilização é a produção de substâncias bioquímicas marcadas, pela substituição na cultura, da água comum por água tritiada ou CO<sub>2</sub> normal por <sup>14</sup>C<sub>2</sub>, resultando na produção de células marcadas radioativamente que posteriormente são utilizadas para isolamento e

purificação de várias substâncias marcadas. Este mercado está aumentando e as algas autotróficas são as fontes mais ativas economicamente.

Outra aplicação potencial de microalgas em geral é no programa espacial, para regeneração da atmosfera e tratamento de despejos (BENEMANN, 1990).

6 - O futuro - A cultura de cianobactérias, assim como de microalgas em geral, está claramente caminhando do laboratório e operações de planta piloto para uma realidade comercial. BENEMANN (1990) cita que, de 1984 a 1990, três sistemas de produção de microalgas foram estabelecidos nos Estados Unidos, com muitos hectares de lagoas sendo cultivadas. Muitas outras companhias nos Estados Unidos e outros países cultivam as microalgas em uma escala menor para obtenção de produtos com alto valor comercial. Os produtos e usos correntes de cianobactérias, assim como dos processos envolvidos, estão mostrados na tabela 3.

### 3 ~ CIANOBACTÉRIAS TÓXICAS

As cianobactérias são encontradas na maior parte dos ambientes, desde fontes termais até solos da Antártica mas a maior parte das espécies que apresentam cepas tóxicas são, na sua maioria, planctônicas (CARMICHAEL et al., 1986, CARMICHAEL 1988). A toxicidade refere-se ao envenenamento agudo letal ou envenenamento subletal, produzido por certos gêneros de água doce, como: *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcystis*, *Nodularia* e *Oscillatoria*, e à atividades citotóxicas ou antineoplásias de produtos secundários de algumas cianobactérias terrestres cultivadas em laboratório (CARMICHAEL, 1988).

Muitos relatos implicam cianobactérias no envenenamento de animais domésticos e selvagens em muitas regiões do mundo (SCHWIMMER & SCHWIMMER, 1955; OLSON, 1960; CARMICHAEL, 1981; CARMICHAEL, 1982; CARMICHAEL, 1988).

TABELA 03 - PRODUTOS DE CIANOBACTÉRIAS

PRODUTOS	USOS	TAMANHO DO MERCADO	CONTEÚDO DO PRODUTO	ESTADO
Compostos isotópicos	pesquisa, diagnóstico	pequeno	1-10%	comercial
Ficobiliproteínas	diagnósticos; corantes para alimentos:	pequeno	1-5%	comercial
Produtos farmacêuticos	anticancerígenos, antibióticos	pequeno		comercial
Alimentos naturais	suplementos alimentares	grande	0,1-1%	pesquisa
Trocadores de íons	bioadsorção de metais pesados	médio a grande	100%	comercial
Inoculante para o solo	fertilizantes	grande	10-20%	comercial
Aminoácidos	arginina: aspartato:	desconhecido	100%	pesquisa
Óleos marinhos	suplementos alimentares	pequeno	10%	conceitual
Tratamentos de resíduos	geral: águas residuárias:	pequeno	10%	conceitual
Vitaminas C & E	vitaminas naturais	grande	15-30%	pesquisa
		grande	n.a.	comercial
		grande		comercial
		médio	< 1-?	pesquisa

Nem todos os produtos de cianobactérias estão listados.

Tamanho de mercados (milhões de dólares): pequeno >\$10; médio-\$10-100; grande >\$100.

n.a. - não aplicável

Adaptado de Benneman, 1991

Existem muitos problemas técnicos que devem ser solucionados antes que a biotecnologia baseada em microalga possa fazer uma exploração total dos produtos e processos envolvidos na produção desses organismos fotossintéticos. No entanto, o progresso feito na última década já possibilitou que muitos desses produtos e processos viessem de encontro às necessidades do homem e, no futuro, certamente, o cultivo de microalgas sofrerá um avanço muito grande, com o desenvolvimento de sistemas economicamente competitivos.

Presentemente, é evidente que, a intoxicação por cianobactérias é um fenômeno que ocorre no mundo todo e, conseqüentemente, tem recebido a atenção de cientistas e órgãos governamentais em muitos países (BOURKE & HAWES, 1983; CARMICHAEL & SCHWARTZ, 1984; SKULBERG et al., 1984; GUARAPIRANGA, 1991).

Apesar de envenenamento agudo de seres humanos por estas toxinas não terem sido relatados, há evidências que apontam para as cianobactérias como agentes causadores de surtos de gastroenterite em algumas localidades

(DILLENBERG & DEHNEL, 1960; LIPPY & ERB, 1976; KELETI et al., 1979; BILLINGS, 1981; CARMICHAEL et al., 1985). Além disso, foi descoberto que uma toxina de *Microcystis aeruginosa* Kutzing produz acúmulo de fluido em alças intestinais ligadas, em cobaias (AZIZ, 1974).

Estas toxinas parecem também estar relacionadas a episódios alérgicos em certas águas recreacionais (BILLINGS, 1981) e, FALCONER et al. (1983) documentaram um aumento em injúria no fígado, mostrada por uma elevação significativa dos níveis de gama glutamil transpeptidase, na população humana de Armidale (Austrália) que obtinha água potável de um reservatório com um crescimento excessivo da cianobactéria *M. aeruginosa*. Além disso, efeitos embrionários, teratogênicos e gonadotróficos foram mostrados em ratas grávidas (KIRPENKO et al., 1981). Cianobactérias são também, capazes de produzir produtos químicos que trazem problemas de odor desagradável na água potável (CARMICHAEL, 1981).

O tratamento geralmente usado para evitar o crescimento de um número excessivo de algas indesejáveis é a aplicação de sulfato de cobre na concentração de 0,5 a 1,0mg/l (FAY, 1983). Nesta concentração o cobre não apresenta toxicidade a peixes ou outros animais aquáticos mas, com aplicações repetidas, a concentração de cobre na água pode aumentar a um nível tóxico. As cianobactérias planctônicas são mais sensíveis ao cobre do que diatomáceas ou algas verdes, portanto, concentrações muito baixas deste sal podem suprimir o crescimento das mesmas, sem afetar o crescimento das outras algas. Outros algicidas que são usados em estações de tratamento de água compreendem compostos fenólicos, derivados amídicos, compostos de amônio quaternário e derivados de quinona (FAY, 1983).

O controle biológico é, em princípio, possível, apesar de não ser tão efetivo e tão prático quanto o controle químico. Porém, tem a vantagem de, sendo seletivo, não apresentar toxicidade a outros organismos presentes.

Uma das maneiras de se fazer o controle biológico é pela introdução de organismos do zooplâncton que usam as cianobactérias como alimentos. Por exemplo, o cope-

pode ciclopede *Cyclops hyalinus*, comum no lago George, na Uganda, alimenta-se das cianobactérias do fitoplâncton e foi claramente demonstrado que cianobactérias não são somente ingeridas mas também assimiladas e digeridas por esses organismos (FAY, 1983). No lago Severson, estado de Minnesota, nos Estados Unidos, o copepode *Diaptomus* utiliza a *Anabaena* presente no fitoplâncton do lago e, em Londres, no parque St. James, outro copepode, *Cyclop vernalis*, alimenta-se de *Oscillatoria*, presente nos lagos pouco profundos desse parque. O ostracode *Cypris* que habita campos de arroz inundados, provavelmente diminuiria muito as cianobactérias presentes se o uso de pesticidas não os mantivessem em baixo número (FAY, 1983). Entre os peixes, foi mostrado que a *Tilapia nilotica* e o *Haplochromis nigripinnis*, comuns no lago George, alimentam-se principalmente de cianobactérias (FAY, 1983). Outra maneira de controle é através da introdução de microrganismos patógenos (fungos, bactérias e vírus) que parecem ter um papel muito importante na regulação das populações de cianobactérias em água doce. Patógenos bacteriais pertencentes a vários gêneros são capazes de lisar uma faixa grande de cianobactérias unicelulares e filamentosas. A bactéria ataca sempre por meio de contato lado a lado com a célula hospedeira; desta maneira, ela progride de célula para célula através do tricoma (BURNHAMI, 1981). Vários patógenos virais que infectam cianobactérias (cianofagos) foram também isolados e exibem algum grau de especificidade em relação ao hospedeiro. Os vírus aumentam em número no fitoplâncton em resposta ao desenvolvimento sazonal das populações de cianobactérias e podem ter um papel importante no controle das mesmas na natureza (FAY, 1983).

Com o famoso ditado em mente "é melhor prevenir que remediar", a abordagem a longo termo do controle de crescimento das cianobactérias em águas poluídas é, sem dúvida, a remoção sistemática dos principais nutrientes que são responsáveis pelo crescimento extensivo das populações planctônicas. A purificação das águas de esgoto está agora sendo realizada em muitos países, evitando pelo menos em parte a eutrofização artificial de rios e lagos

**PINOTTI, M.H.P. & SEGATO, R. Cyanobacteria: economical importance. *Semina*, v. 12, n. 4, p.275-280, Dec. 1991.**

#### ABSTRACT

*The cultivation in large scale of algae has been called attention due to their utilization in the food production for animals and even for man, residue recycling, waste-water treatment and raw-material for some natural compounds. Particularly, cyanobacteria represent an important role, being a rich source of proteins, carbohydrates, lipids, vitamins, enzymes, and other bioactive compounds. Other current and potential uses include: a) soil inoculant; b) energy production through obtention of the biogas, methane, and solar energy conversion by biophotolysis; c) supply of specialty products such as: food and cosmetic coloring agents, specialty lipids, fluorescent labels in diagnostic reagents, and isotopically enriched compounds; d) waste-water treatment; e) heavy metal adsorption; f) food for fish, clams, oysters, etc. However, they may represent dangerous elements in the environment, through their strains capable of producing toxins, this fact having to be considered when they are used as biomass and source of bioactive compounds, when water is purified for domestic use, and in the study of the environmental deterioration.*

**KEY-WORDS:** *Cyanobacteria, Algae biomass, Single cell protein, Microalgae, Microalgae biotechnology.*

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 – AZIZ, K.M. Diarrhea toxin obtained from a waterbloom producing species, *Microcystis aeruginosa* Kutz. Science, (183): 1206-1207, 1974.
- 2 – BECKER, E.W. Algae mass cultivation – production and utilization. Process Biochem., 16(5): 10-14, 1981.
- 3 – BENEMANN, J.R. Microalgae products and production: an overview. Dev. Ind. Microbiol., 31: 247-256, 1990. Suppl. n. 5.
- 4 – BILLINGS, W.H. The Water environment: algal toxins and health. New York: Plenum, 1981. p. 243-255: Water associated human illness in northeast Pennsylvania and its suspected association with blue-green algae blooms.
- 5 – BOURKE, A.T.C. & HAWES R.B. Freshwater cyanobacteria (blue – green algae) and human health. Med. J. Aust., 1: 491-492, 1983.
- 6 – BURNHAM, J.C. The utilization of bacteria in managing cyanobacterial populations: a review and update. Pages 230-238. In: WORKSHOP ON ALGAL MANAGEMENT AND CONTROL, 1981, Las Vegas. Proceedings... Las Vegas: U.S. Environ. Prot. Agency, 1981. p. 230-238.
- 7 – CARMICHAEL, W.W. The water environment: algal toxins and health. New York: Plenum, 1981. p. 1-13: Freshwater blue – green algae (Cyanobacteria).
- 8 – CARMICHAEL, W.W. Chemical and toxicological studies of the toxic freshwater Cyanobacteria *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena flos-aquae* and *Aphanizomenon flosaquae*. S. Afr. J. Sci., 78: 367-372, 1982.
- 9 – CARMICHAEL, W.W. Handbook of natural toxins. New York: Marcel Dekker, 1988. p. 121-147: Toxins of freshwater algae.
- 10 – CARMICHAEL, W.W.; JONES C.L.A.; MAHMOOD, N.A. et al., Algal toxins and water based diseases. Crit. Rev. Environ. Control, Boca Raton, 15(3): 275-313, 1985.
- 11 – CARMICHAEL, W.W.; PINOTTI, M.H.; FRALEIGH, P.C. Toxicity of a clonal isolate of the cyanobacterium (blue-green alga) *Microcystis aeruginosa* from Lake Erie. In ANNUAL MEETING OHIO ACADEMY OF SCIENCE, 95, 1986. Proceedings... Toledo: (s.n), 1986. Abstract.
- 12 – CARMICHAEL, W.W. & SCHWARTZ, L.D. Preventing livestock deaths from blue-green algae poisoning. Farmer's Bulletin, (2275):3-11, Jan. 1984.
- 13 – CODD, G.A. & BELL, S.G. Eutrophication and toxic cyanobacteria in freshwater. Water Pollut. Control, 84: 225-232, 1985.
- 14 – DILLENBERG, H.O. & DEHNEL, M.K. Toxic waterbloom in Saskatchewan, 1959. Can. Med. Assoc. J., 83:1151-1154, 1960.
- 15 – FAINTUCH, B.L.; SATO, S.; AQUARONE, E. Efeitos dos meios de cultura sobre as velocidades de crescimento das cianobactérias. Arq. Biol. Tecnol., 34(1): 13-30, mar. 1991.
- 16 – FALCONER, I.R.; BERESFORD, A.M.; RUNNEGAR, M.T.C. Evidence of liver damage by toxin from a bloom of the blue green alga, *Microcystis aeruginosa*. Med. J. Aust., 1: 511-514, 1983.
- 17 – FAY, P. *The Blue-greens*. London: Edward Arnold, 1983. p. 77-84: Economic importance.
- 18 – GUARAPIRANGA também pede água. Meios e Métodos, 14(68): 6-10, Jun. 1991.
- 19 – KATO, T. Blue edible pigment from *Spirulina*. Japanese Patent 77134058, 1977.
- 20 – KATO, T. Utilization of blue pigments from *Spirulina* particularly for frozen desserts and drinks. New Food Industry, 29(3): 17-21, 1987.
- 21 – KELETI, G. et al. Composition and biological properties of lipopolysacharides isolated from *Schizothrix calcicola* (Ag.) Gomont (Cyanobacteria). Appl. Environ. Microbiol., 38: 471-474, 1979.
- 22 – KIRPENKO YU. A.; SIRENKO L.A.; KIRPENKO N.Y. The water environment: algal toxins and health. New York: Plenum, 1981. p. 257-269: Some aspects of blue-green algae toxin impact on warm blooded animals.
- 23 – KYLE, D. Market applications for microalgae. JAOCS 66(5): 648-652, May 1989.
- 24 – LYPPY, E.C. & ERB L. Gastrointestinal illness at Sewickley Pa. J. Am. Water Works Assoc., 68: 606-610, 1976.
- 25 – LOTTE, K.K. Blue chewing gum. Japanese Patent 5547866, 1980.
- 26 – NEWTON, W.E. & BURGESS, B.K. *Nitrogen Fixation*. New York: Müller A.; Newton W.E. Plenum, 1983. p. 1-19: Nitrogen fixation: its scope and importance.
- 27 – OLSON, T.A. Water poisoning study of poisonous algae bloom in Minnesota. Am. J. Public Health, 50: 883-884, 1960.
- 28 – PIORRECK, M. & POHL, P. Formation of biomass, totalprotein, chlorophylls, lipids, and fatty acids in green and blue-green algae during one growth phase. Phytochemistry, 23(2): 217-223, 1984.
- 29 – SCHWIMMER, M. & SCHWIMMER, D. The role of algae and plankton in medicine. New York: Grune and Stratten, 1955.
- 30 – SHOTEN, K.K. SHIMIZUGEN & KOGYO, K.K.D.I.K. Method for food colouring. Japanese Examined Patent 5605143, 1981.
- 31 – SILVA, S.A. & MARA, D.D. Tratamentos biológicos de águas residuárias: lagoas de estabilização. São Paulo ABES, 1979.
- 32 – SKULBERG, O.; CODD, G.A.; CARMICHAEL, W.W. Toxic blue-green algal blooms in Europe: a growing problem. AMBIO, 13: 244-247, 1984.
- 33 – WETZEL, R.G. Limnology Philadelphia: Saunders, 1983.

Recebido para publicação em 2/6/1992