IMPACTOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS SOBRE ALGAS E CIANOBACTÉRIAS

Bárbara Medeiros Fonseca
Simpósio "Mudanças Climáticas e Criptógamas"
Universidade Católica de Brasília, Curso de Biologia, QS 07, Lote 01, EPCT, Águas Claras-DF, CEP 71.966-700
e-mail: bm_fonseca@yahoo.com.br

RESUMO - A atual discussão sobre as mudanças climáticas globais tem se baseado na observação de valores cada vez maiores de duas variáveis principais: concentração de carbono e temperatura atmosférica. O presente texto tem como objetivo discorrer sobre os efeitos de mudanças climáticas globais sobre as comunidadades de algas e cianobactérias. Estas, como bons produtores primários, são diretamente influenciadas por variações nas concentrações de carbono e na temperatura do meio onde vivem. Neste contexto, vários trabalhos têm sido publicados com dados de campo e de laboratório sobre as respostas dessas comunidades. Ecologicamente, os estudos demonstram respostas em termos de mudanças na composição das comunidades e na distribuição e abundância de espécies. Do ponto de vista fisiológico, destacam-se eventuais respostas nos mecanismos de concentração de carbono (MCC). Ressaltam-se ainda os efeitos indiretos de mudanças climáticas, particularmente em função de aumentos de temperatura, acentuando a estratificação térmica e a entrada de nutrientes em ambientes já eutrofizados ou em processo de eutrofização, favorecendo a frequência e intensidade de florações de cianobactérias potencialmente tóxicas.

Palavras-chave: carbono, ecossistemas aquáticos, eutrofização, temperatura.

INTRODUÇÃO

A atual discussão sobre as mudanças climáticas globais têm se baseado na observação de valores cada vez mais altos de duas variáveis principais: concentração de carbono e temperatura atmosférica. O lançamento de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera, proveniente, dentre outras causas, de atividades humanas, intensifica o efeito estufa, com consequências diretas e indiretas em todos os ecossistemas do planeta, particularmente os aquáticos. As comunidades biológicas de modo geral podem responder a tais mudanças por meio de uma série de adaptações comportamentais, ecológicas e fisiológicas. O presente texto tem como objetivo discorrer sobre os efeitos das mudanças climáticas globais sobre as comunidadades de algas e cianobactérias.

MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS E ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS

Os vários ecossistemas aquáticos respondem de forma diferenciada às variações climáticas de escala global. Os oceanos, por exemplo, são mais sensíves a estas mudanças do que os ecossistemas aquáticos continentais (Beardall *et al.* 2009). Parte do carbono atmosférico dissolve-se nos oceanos, formando ácido carbônico (H_2CO_3). O aumento nas concentrações de CO_2 na atmosfera altera o equilíbrio das formas de carbono na água, pelo aumento das concentrações do CO_2 e bicarbonato (HCO_3^-) e pela diminuição do pH e das concentrações de carbonato (CO_3^{2-}) (Raven *et al.* 2011). Nestas condições, os oceanos ficariam menos alcalinos, ou seja, sua capacidade de receber íons H^+ ou OH^- sem alterar seu pH fica comprometida (Lampert & Sommer 1997). Por outro lado, em lagos, a relação do carbono da água com o da atmosfera é atenuada pela forte interação dos corpos d'água com os ecossitemas terrestres vizinhos. De modo geral, os efeitos das mudanças climáticas globais nos ambientes aquáticos continentais seriam mais indiretos, por meio de mudanças na produtividade da bacia de drenagem.

Em relação à temperatura, o aquecimento de oceanos e lagos significa uma diminuição da densidade da água nas camadas superficiais. Isso favorece a manutenção de estratificações térmicas mais estáveis e dificulta a mistura da coluna d'água. Por consequência, há alterações na ciclagem de nutrientes e no regime hidráulico. Ao mesmo tempo, a incidência de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e de radiação ultravioleta B (UVB) sobre as células das camadas superficiais aumenta. Acrescentando-se a esse quadro o número cada vez maior de ambientes eutrofizados artificialmente em todo o mundo, tem-se o ambiente perfeito para a dominância de alguns grupos fitoplanctônicos, com destaque para as cianobactérias.

RESPOSTAS DAS ALGAS E CIANOBACTÉRIAS AOS EFEITOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS

As cianobactérias estão entre os microorganismos fotossintetizantes mais citados nos cenários de previsão de aumento da temperatura do planeta (Newcombe *et al.* 2012). Uma série de adaptações fisiológicas, tais como a habilidade de crescer em temperaturas mais altas, flutuabilidade, alta afinidade e capacidade de armazenar fósforo, capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, produção de acinetos

e eficientes mecanismos de captação de luz favorece o predomínio de cianobactérias em detrimento de outros grupos do fitoplâncton (Carey *et al.* 2012). Grande parte das cianobactérias formadoras de florações são produtoras de toxinas, o que aumenta a preocupação por parte dos gestores de qualidade da água quanto às suas estratégias de manejo (Paerl & Paul 2012). Alguns estudos discutem ainda o efeito do aumento da temperatura global ampliando a distribuição geográfica de espécies produtoras de toxinas, particularmente *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju (Briand *et al.* 2004).

Huber *et al.* (2012), por sua vez, enfatizam que, num cenário de aquecimento global, não seria o aumento médio da temperatura por si que levaria a uma maior frequência de florações de cianobactérias, mas sim variações meteorológicas de curto prazo interferindo na velocidade dos ventos e na estabilidade das estratificações. A diversidade de estratégias eco-fisiológicas das cianobactérias pode ser observada pela alternância de espécies deste grupo (e.g., as dos gêneros *Planktothrix* Anagnostidis et Komárek e *Microcystis* Kützing) em ambientes eutrofizados, sob diferentes regimes de mistura. Esta substituição entre as espécies permite que o grupo apareça como dominante na maioria dos cenários climáticos futuros.

Outra abordagem na relação entre algas e aquecimento glogal tem sido a utilização de alguns grupos, particularmente diatomáceas e cistos de crisofíceas, como indicadores de mudanças climáticas a longo prazo (Smol & Cumming 2000). Estudos paleoficológicos partem da análise do sedimento de lagos, em especial daqueles localizados em altas latitudes, as quais responderiam mais rapidamente a eventuais aumentos de temperatura no planeta. O derretimento de geleiras influencia uma série de processos limnológicos, como o regime de mistura, as concentrações de nutrientes e as trocas gasosas destes lagos. Uma vez que se conheça a preferência de habitat de diferentes espécies (e.g., táxons aerofílicos, de águas rasas, de águas correntes, planctônicos, perifíticos, etc.), é possível rastrear o passado por meio do estudo da composição e da abundância das comunidades preservadas nos sedimentos. Em geral, em períodos de aquecimento, ocorre maior entrada de nutrientes nos lagos e as comunidades tornam-se mais diversificadas. Smol & Cumming (2000) trazem uma revisão sobre o assunto, citando trabalhos que encontraram evidências de aumentos recentes (últimos duzentos anos) da temperatura em lagos do Ártico.

O crescimento de algas verdes filamentosas oportunistas em áreas estuarinas da Europa também foi apontado como uma resposta a mudanças na temperatura da região, nos últimos 100 anos (Cossellu & Nordberg 2010). Mais uma vez, a análise do sedimento apontou que o aumento das temperaturas no inverno levou a um aumento da estocagem de nutrientes e reciclagem da matéria orgânica, o que favoreceu o crescimento de tais espécies oportunistas nas áreas de remanso do estuário.

Do ponto de vista fisiológico, muitas das respostas das algas e cianobactérias a mudanças climáticas globais estão diretamente relacionados aos mecanismos de concentração de carbono inorgânico (MCC), os quais estão presentes em todas as cianobactérias e em várias algas. Entre as algas que não possuem MCC estão algumas rodófitas (e.g., *Plocamium* J.V. Lamouroux) e as classes Chrysophyceae e Synurophyceae (Raven 2010).

Os MCC aumentam as concentrações de CO_2 em torno da Rubisco a níveis superiores aos encontrados no ambiente circundante, seja ele água do mar, água doce, ou ar. Se as concentrações de CO_2 no ambiente aumentam, a afinidade do MCC pelo carbono inorgânico diminui e o sistema é desativado. Embora as taxas de divisão celular sejam usualmente saturadas pelos níveis atuais de carbono inorgânico em ambientes marinhos, a assimilação de C pela fotossíntese bruta e líquida pode aumentar com o CO_2 adicional. Observa-se uma diminuição da qualidade do alimento para herbívoros se carbono orgânico adicional é retido nas células. Por outro lado se o carbono orgânico é excretado, ocorre um aumento no crescimento heterotrófico e na competição por nitrogênio, fósforo e ferro.

Raven *et al.* (2011) ressaltam, porém, que a expressão dos MCC também está relacionada à RFA, à radiação UVB, à temperatura e às concentrações de nitrogêncio, fósforo e ferro na água. Neste sentido, a soma dos efeitos de um aumento de temperatura nos oceanos, como a diminuição da concentração de nutrientes nas camadas superficiais, o aumento da RFA e da radiação UVB sobre as células das algas pode ter um efeito inverso sobre os MCC, ou seja, estimular sua expressão, ao invés de inibi-los.

CONCLUSÕES

Tanto algas quanto cianobactérias, como bons produtores primários, são diretamente influenciadas por variações nas concentrações de carbono e na temperatura do meio onde vivem. Ecologicamente, os vários estudos já publicados têm demonstrado respostas em termos de mudanças na composição das comunidades e na distribuição e abundância de espécies. Do ponto de vista fisiológico, destacam-se eventuais efeitos sobre a expressão dos MCC. Ressaltam-se ainda os efeitos indiretos de mudanças climáticas acentuando a estratificação térmica e a entrada de nutrientes em ambientes já eutrofizados ou em processo de eutrofização, favorecendo a frequência e intensidade de florações de cianobactérias potencialmente tóxicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEARDALL, J.; ALLEN, D.; BRAGG, J.; FINKEL, Z.V.; FLYNN, K.J.; QUIGG, A.; REES, T.A.V.; RICHARDSON, A.; RAVEN, J.A. Living in a high CO_2 world: impacts of global climate change on marine phytoplankton. **Plant Ecology; Diversity**, 2:191-205, 2009.

BRIAND, J.-F.; LEBOULANGER, C.; HUMBERT, J.-F.; BERNARD, C.; DUFOUR, P. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanobacteria) invasion at mid-latitudes: selection, wide physiological tolerance, or global warming? **Journal of Phycology**, 40(2): 231-238, 2004.

CAREY, C.C.; IBELINGS, B.W.; HOFFMANN, E.P.; HAMILTON, D.P.; BROOKES, J.D. Eco-physiological adaptations that favour freshwater cyanobacteria in a changing climate. **Water Research**, 46:1394-1407, 2012.

COSSELLU, M.; NORDBERG, K. Recent environmental changes and filamentous algal mats in shallow bays on the Swedish west coast – a result of climate change? **Journal of Sea Research**, 63:202-212, 2010.

HUBER, V.; WAGNER, C.; GERTEN, D.; ADRIAN, R. To bloom or not to bloom: contrasting responses of cyanobacteria to recent heat waves explained by critical thresholds of abiotic drivers. **Oecologia**, 169:245-256, 2012.

LAMPERT, W.; SOMMER, U. **Limnoecology: the Ecology of Lakes and Streams**. Oxford: Oxford University Press, 1997.

NEWCOMB, G.; CHORUS, I.; FALCONER, I.; LIN, T-F. Cyanobacteria: impacts of climate change on occurrence, toxicity and water quality management. **Water Research**, 46:1347-1348, 2012.

PAERL, H.W.; PAUL, V.J. Climate change: links to global expansion of harmful cyanobacteria. **Water Research**, 46:1349-1363, 2012.

RAVEN, J.A. Inorganic carbon acquisition by eukaryotic algae: four current questions. **Photosynthesis Research**, 106:123-134, 2010.

RAVEN, J.A.; GIORDANO, M.; BEARDALL, J.; MABERLY, S.C. Algal and aquatic plant carbon concentrating mechanisms in relation to environmental change. **Photosynthesis Research**, 109(1-3):281-296, 2011.

SMOL, J.P.; CUMMING, B.F. Tracking long-term changes in climate using algal indicators in lake sediments. **Journal of Phycology**, 36:986-1011, 2000.