

Efeitos do _____
AQUECIMENTO GLOBAL
_____ sobre a
PRODUÇÃO PRIMÁRIA

Grupo 1

Carine de Godoi Rezende Costa
Danilo Rodrigues Vieira
Juliana dos Santos Ribeiro
Natália Tasso Signorelli

5653276
5653262
5653446
5653363

1 Introdução

1.1 O aquecimento global

Para Solomon et al. (2007), o aquecimento do sistema climático é inequívoco, como está agora evidente nas observações dos aumentos das temperaturas médias globais do ar e do oceano, do derretimento generalizado da neve e do gelo e da elevação do nível global médio do mar. Uma das causas do aquecimento mencionadas por Wallace e Hobbs (2006) é o acúmulo de gases estufa na atmosfera, como o gás carbônico, cujo aumento na concentração pode ser atribuído à queima de combustíveis fósseis.

1.2 Fitoplâncton e Produção Primária

O fitoplâncton é muito importante para todos os ecossistemas, fornecendo cerca de metade de toda a produção primária global, sendo esta 45 a 50 Pg C/ano. Sua biomassa total (~1 Pg C), que representa apenas 0,2% da biomassa fotossinteticamente ativa no planeta, é consumida a cada período de dois a seis dias, segundo Behrenfeld et al. (2006), Falkowski, Barber e Smetacek (1998).

A fixação de carbono fotossintético pelo fitoplâncton marinho forma cerca de 45 Gt C/ano de carbono orgânico por ano, dos quais 16 Gt são exportados para o interior do oceano.

As espécies fitoplanctônicas apresentam grande variedade filogenética, o que garante que resistam a mudanças climáticas consideráveis, como mostram estudos de Falkowski, Barber e Smetacek (1998)

2 Efeitos do aquecimento nos oceanos

De acordo com Bindoff et al. (2007), a temperatura média dos oceanos aumentou em profundidades de até pelo menos 3000 m e o oceano tem absorvido mais de 80% do calor acrescentado ao sistema climático. Esse aquecimento faz com que a água do mar se expanda e contribui, por si só, para a elevação do nível do mar. Segundo Sarmiento et al. (2004), simulações mostram que o aquecimento global causará mudanças na estratificação do oceano, na circulação atmosférica e oceânica, e no gelo marinho, sendo que o último causará alteração na disponibilidade de luz para ecossistemas aquáticos. Hashioka e Yamanakab (2007) afirma também que, devido a estratificação, haverá enfraquecimento da convecção causando decréscimo no fornecimento de nutrientes advindos de águas profundas.

Schmittner et al. (2008), utilizando um modelo que simula o clima global, a circulação oceânica, os ecossistemas e os ciclos biogeoquímicos, incluindo o ciclo completo do carbono, prevê que a área total de gelo marinho diminuirá rapidamente a menos de 35% de sua área atual por volta do ano 2300, e a menos de 10% em 4000. As temperaturas na superfície e sub-superfície aumentarão, até o ano de 4000, 6–7 °C nas baixas latitudes, aproximadamente 10 °C nas altas e as águas profundas aquecerão 2–5 °C. Considerando-se apenas a expansão termal, o nível do mar subirá 0,8 m até 2300 e 2,5 m até o ano 4000.

O autor prevê ainda uma aceleração na Corrente Circumpolar Antártica, redução na formação da Água de Fundo Antártica (AFA) e do fluxo da Água Profunda do Atlântico Norte, para sul.

3 Transporte de CO₂ entre o oceano e a atmosfera

Mudanças na magnitude da produção primária total e da exportada para o interior do oceano pode influenciar fortemente o nível de CO₂ atmosférico e conseqüentemente o clima (em escala de tempo geológica), através de transferência de carbono entre o oceano e a atmosfera.

O sequestro do carbono inorgânico pela fotossíntese converte o CO₂ em carbono orgânico dissolvido e particulado. Como resultado, ocorre diminuição da pressão parcial desse gás na camada atmosférica logo acima da superfície, havendo transferência de CO₂ para o oceano. A oxidação da matéria orgânica causa o processo inverso. A formação de CO₂, provoca sua saída do oceano em direção à atmosfera. Dessa forma, a regulação do fluxo de CO₂ entre os dois reservatório é feita pela biota marinha.

4 Efeitos do aquecimento no fitoplâncton

Para Hashioka e Yamanakab (2007), o aquecimento da água afeta diretamente a taxa fotossintética devido a sua dependência da temperatura e afeta indiretamente outras condições necessárias para a fotossíntese, pela maior estratificação entre águas superficiais e profundas. O consumo do fitoplâncton pelo zooplâncton também aumenta com a temperatura, por Sommer e Lengfellner (2008). Segundo Sarmiento et al. (2004), as condições de luz serão alteradas por variações da cobertura de nuvens e a maior estratificação terá impacto significativo em altas latitudes, onde, atualmente, a mistura profunda durante quase o ano todo força o fitoplâncton a passar muito tempo em profundidades sem iluminação adequada.

O aumento da temperatura da superfície levará a um aumento da precipitação, causando uma redução no fluxo eólico de ferro. Esse elemento estimula a fixação de nitrogênio pelas cianobactérias e, assim, sua falta retarda a fixação de N₂ e expande as regiões HNLC (*High Nutrient Low Chlorophyll*). Isso causa uma diminuição na bomba biológica e contribui para a saída de CO₂ do oceano em direção à atmosfera.

A produção primária global já caiu mais de 6% desde a década de 80 por causa do aquecimento, segundo Rosenzweig et al. (2007), porém, em algumas áreas como o Atlântico Noroeste, houve um aumento na produção primária nesse período.

Além de mudanças na intensidade dos processos fitoplanctônicos, haverá alterações em suas periodicidades. Segundo Hashioka e Yamanakab (2007), no cenário de aquecimento global, o bloom de diatomáceas na primavera está previsto para acontecer 1,5 mês mais cedo do que as simulações dos dias presentes, devido à intensificação da estratificação.

Sommer e Lengfellner (2008) realizou experimentos com culturas de organismos planctônicos simulando os diversos cenários previstos pelo IPCC e concluiu que haverá mudança na composição da comunidade e antecipação do bloom de primavera, confirmando as previsões dos autores supracitados.

4.1 Em resumo...

Segundo simulações de Sarmiento et al. (2004), a previsão para o futuro é que, se as emissões de gases estufa continuarem como estão, a produção primária dos oceanos aumentará. O modelo de Schmittner

et al. (2008), em maior escala de tempo, confirma a previsão e mostra que a produção primária dos oceanos pode dobrar até o ano 4000. Sarmiento et al. (2004) também conclui que o fator mais importante para determinar a resposta da produção primária ao aquecimento global é quão sensível a produção é às variações de temperatura para uma dada concentração de clorofila, uma vez que este fator é o que produziu as maiores diferenças entre os modelos usados.

Porém, experimentos de Hashioka e Yamanakab (2007), Sommer e Lengfellner (2008) mostram que a biomassa de fitoplâncton em *blooms* de primavera diminuirá com um aumento de temperatura, reduzindo a produção primária e prejudicando a alimentação dos níveis tróficos superiores. E também é claro para Behrenfeld et al. (2006) que aumentos da temperatura superficial do oceano estão correlacionados à declínios na produção primária.

Segundo Richardson e Schoeman (2004), a tendência com o aquecimento do oceano é que a abundância de fitoplâncton aumente em áreas frias e diminua em áreas quentes, alterando a distribuição espacial das produções primária e secundária, prejudicando populações de peixes e mamíferos.

O modelo 3D-NEMURO, usado por Hashioka e Yamanakab (2007) para o Pacífico Norte simulado até o fim do século 21, mostra que nutrientes e a concentração de clorofila-a decaem na superfície devido ao aquecimento. O modelo também mostra que a biomassa total do fitoplâncton diminuirá e que diatomáceas deixarão de ser o grupo dominante, dando lugar a grupos de espécies de menor tamanho que adaptam-se mais rapidamente à baixa concentração de nutrientes.

5 Estudo de caso

Baseado no trabalho de Moline et al. (2004).

Referências

- BEHRENFELD, M. J. et al. Climate-driven trends in contemporary ocean productivity. *Nature*, v. 444, p. 752–755, dez. 2006. ISSN 0028-0836.
- BINDOFF, N. et al. Observations: Oceanic climate change and sea level. In: SOLOMON, S. et al. (Ed.). *Climate Change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. p. 385–432.
- FALKOWSKI, P. G.; BARBER, R. T.; SMETACEK, V. Biogeochemical controls and feedbacks on ocean primary production. *Science*, v. 281, p. 200–206, jul. 1998. ISSN 1095-9203.
- HASHIOKA, T.; YAMANAKAB, Y. Ecosystem change in the western North Pacific associated with global warming using 3D-NEMURO. *Ecological Modelling*, v. 202, p. 95–104, nov. 2007. ISSN 0304-3800.
- MOLINE, M. A. et al. Alteration of the food web along the antarctic peninsula in response to a regional warming trend. *Global Change Biology*, v. 10, p. 1973–1980, 2004. ISSN 1365-2486.
- RICHARDSON, A. J.; SCHOEMAN, D. S. Climate impact on plankton ecosystems in the Northeast Atlantic. *Science*, v. 305, p. 1609–1612, set. 2004. ISSN 1095-9203.
- ROSENZWEIG, C. et al. 2007: Assessment of observed changes and responses in natural and managed systems. In: PARRY, M. L. et al. (Ed.). *Climate Change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. p. 79–131.
- SARMIENTO, J. L. et al. Response of ocean ecosystems to climate warming. *Global Biogeochemical Cycles*, v. 18, jul. 2004.
- SCHMITTNER, A. et al. Future changes in climate, ocean circulation, ecosystems, and biogeochemical cycling simulated for a business-as-usual CO₂ emission scenario until year 4000 AD. *Global Biogeochemical Cycles*, v. 22, fev. 2008.

Nas águas costeiras da Península Antártica, uma mudança na estrutura das comunidades fitoplânctônicas tem sido documentada.

Durante o verão austral, o degelo diminui a salinidade das águas costeiras e a população de diatomáceas é parcialmente substituída por criptófitas.

Com o aquecimento global, há aumento tanto da temperatura ao longo da Península (2–3 °C nos últimos 50 anos) como da área de degelo. Em consequência, há aumento de águas costeiras com menor salinidade e mudança na proporção de diatomáceas e criptófitas na comunidade fitoplanctônica local.

Devido ao seu menor tamanho, as criptófitas não são eficientemente consumidas pelo krill, que se alimenta preferencialmente de organismos maiores, como as diatomáceas. Assim ocorre uma diminuição local da população de krill, favorecendo a população de salpas que se alimentam tanto de diatomáceas quanto de criptófitas.

Em condições normais nas proximidades da costa, a população de krill é superior à de salpas, devido a sua melhor competitividade alimentar. Caso as condições de aquecimento permaneçam, a tendência é um aumento da população de criptófitas e consequentemente de salpas, e diminuição da população de krill.

Adicionalmente, haverá uma redistribuição espacial da comunidade fitoplanctônica. A tendência é um deslocamento das populações de diatomáceas e krill para áreas *offshore* e concentração de criptófitas e salpas em áreas costeiras.

Com isso será necessário um maior esforço por parte de pinguins e focas para obtenção de seu alimento preferencial, o krill. Isso poderia levar a um declínio das populações desses vertebrados, interferindo na assimilação de carbono pelos níveis tróficos superiores.

SOLOMON, S. et al. 2007: Technical summary. In: SOLOMON, S. et al. (Ed.). *Climate Change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. p. 385–432.

SOMMER, U.; LENGFELLNER, K. Climate change and the timing, magnitude, and composition of the phytoplankton spring bloom. *Global Change Biology*, v. 14, jan. 2008. ISSN 1365-2486.

WALLACE, J. M.; HOBBS, P. V. *Atmospheric Science: An introductory survey*. 2. ed. Washington: Academic Press, 2006. 483 p. (International Geophysics Series, 92). ISBN 0-12-732951-X.