

CARINE DE G. R. COSTA  
JULIANA DOS S. RIBEIRO

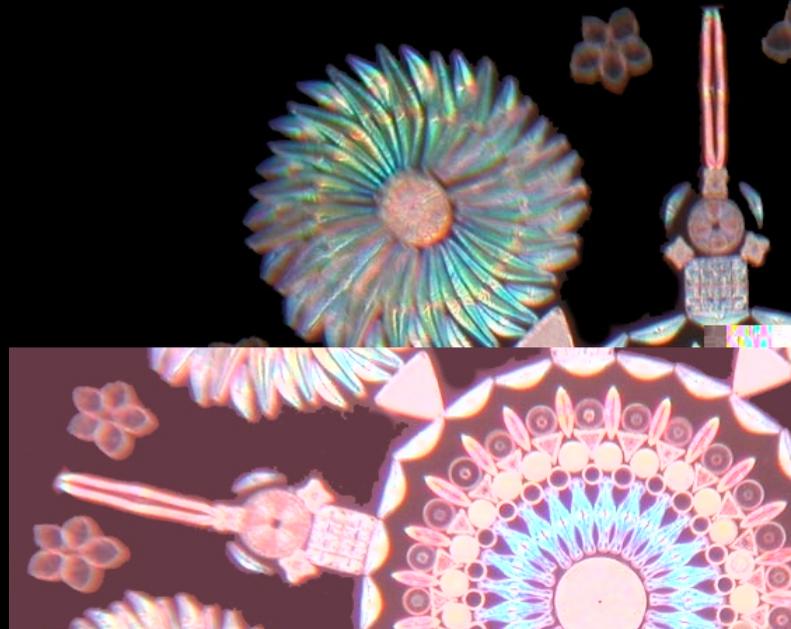
DANILO R. VIEIRA  
NATÁLIA T. SIGNORELLI

Efeitos do \_\_\_\_\_  
AQUECIMENTO GLOBAL  
\_\_\_\_\_ sobre a  
PRODUÇÃO PRIMÁRIA

Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo  
IOB 127 - Fitoplâncton e a Produção Primária

São Paulo — junho-2008

- O aquecimento global
- O fitoplâncton e a produção primária
- Efeitos do aquecimento
  - Sobre o oceano
  - Sobre o fitoplâncton
- Estudo de caso
- Resumo



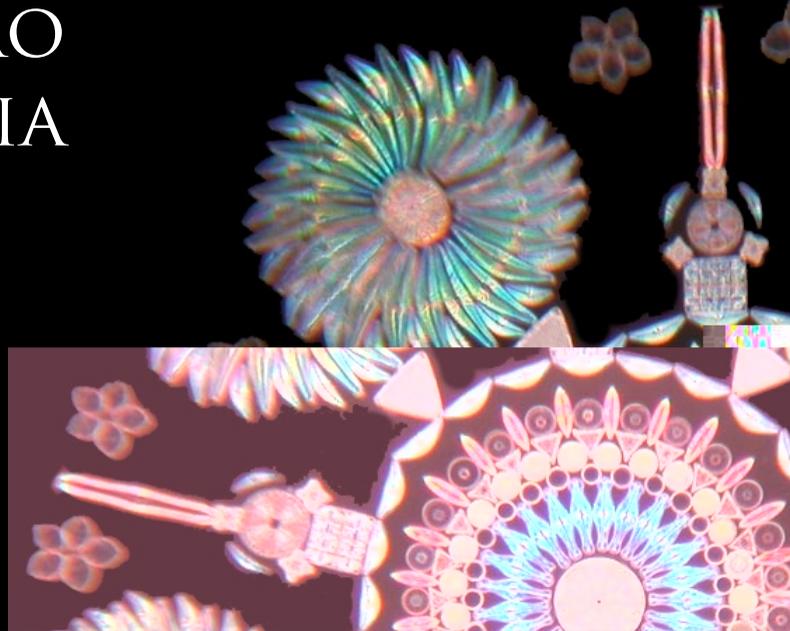
# O AQUECIMENTO GLOBAL



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.



# O FITOPLÂNCTON E A PRODUÇÃO PRIMÁRIA



# O FITOPLÂNCTON E A 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 ( $\sim 1$  Pg C), que representa apenas 0,2% da biomassa fotossinteticamente ativa no planeta, é consumida a cada período de dois a seis dias, segundo 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).



Diatomáceas

<http://www.diatoms.co.uk>

# EFEITOS DO AQUECIMENTO NO OCEANO



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 descréscimo no fornecimento de nutrientes advindos de águas profundas.



Ursos polares ilhados  
<http://media.npr.org/>

# 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.



Boom de fitoplâncton na Namíbia  
Foto: NASA

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  $N_2$  e expande as regiões HNLC (High Nutrient Low Carbon). Isso causa uma diminuição na bomba biológica e contribui para a saída de  $CO_2$  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.



# ESTUDO DE CASO

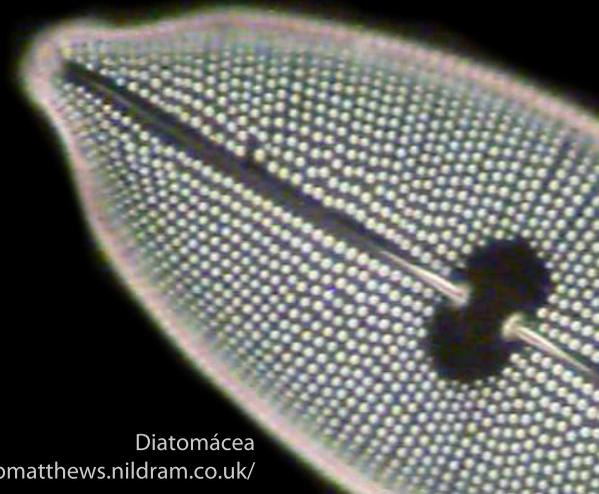
Baseado no trabalho de Moline (2004)



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.



Diatomácea

<http://www.gpmatthews.nildram.co.uk/>

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 conseqüentemente 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.



Krill

<http://images.aad.gov.au/>

# 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.

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.

Ainda há controvérsias sobre os efeitos futuros do aquecimento global sobre a produção primária. Sabe-se apenas que o aumento da temperatura afetará a produção, porém, não está claro se haverá aumento ou redução. De qualquer forma, o impacto sobre toda a cadeia trófica será alto.

CARINE DE G. R. COSTA  
JULIANA DOS S. RIBEIRO

DANILO R. VIEIRA  
NATÁLIA T. SIGNORELLI

Efeitos do \_\_\_\_\_  
AQUECIMENTO GLOBAL  
\_\_\_\_\_ sobre a  
PRODUÇÃO PRIMÁRIA