

Rochas ricas em sedimentos orgânicos

GSA0252
Sedimentologia

Docentes:

Andre Oliveira Sawakuchi

Andre Marconato

Marília de Carvalho Campos Garcia

2021

Motivação e objetivo da aula

**Entender processos que envolvem os sedimentos orgânicos
no oceano**

Formação de rochas ricas em sedimentos orgânicos

$$\text{Preservação} = \text{Produção} - \text{Degradação}$$

Formação de rochas ricas em sedimentos orgânicos



Carbono

- ✓ Onde a vida está envolvida, o C deve estar presente
- ✓ Se a água for removida, a composição de todos os organismos, incluindo os humanos, é dominada pelo elemento C
- ✓ A biosfera controla o fluxo de C através do sistema terrestre
- ✓ A matéria orgânica é composta de C orgânico (organismos vivos ou mortos)
- ✓ Em escala de tempo geológica, o acúmulo de restos orgânicos de organismos em pântanos de água doce e no fundo do oceano contribuiu para a remoção de C do sistema para compor depósitos de petróleo, gás e carvão
- ✓ A extração e queima desses depósitos devolvem o C ao sistema na forma de CO₂

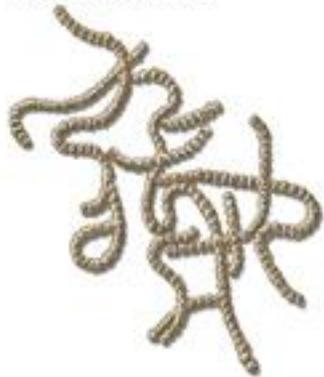
Nutrientes

- ✓ São elementos ou compostos químicos que contribuem ou aumentam o metabolismo de um organismo
- ✓ Fósforo, nitrogênio, potássio, ferro, cálcio...
- ✓ Alguns organismos podem fabricar seus próprios nutrientes (autotróficos), mas outros devem obtê-los em sua dieta, a partir de materiais do meio ambiente (heterotróficos)
- ✓ Os microrganismos têm uma capacidade especial de derivar nutrientes da dissolução de minerais

Fitoplâncton

- ✓ Palavra de origem grega: fito (planta) e plâncton (feito para vagar ou flutuar)
- ✓ São organismos microscópicos que vivem em ambientes aquosos (salgado ou doce), usam luz solar e nutrientes inorgânicos dissolvidos para transformar o CO₂ dissolvido em C orgânico (fotossíntese)
- ✓ Todo fitoplâncton é fotossintetizante, i.e. consomem CO₂ e liberam O₂ (alguns obtêm energia adicional consumindo outros organismos)
- ✓ Vivem cerca de poucas semanas
- ✓ Bactérias, protistas e plantas unicelulares (estas últimas compreendem a maioria do fitoplâncton)
- ✓ Tipos mais comuns: cianobactérias, diatomáceas, dinoflagelados, algas verdes e coccolitoforídeos

cyanobacteria



diatom



dinoflagellate



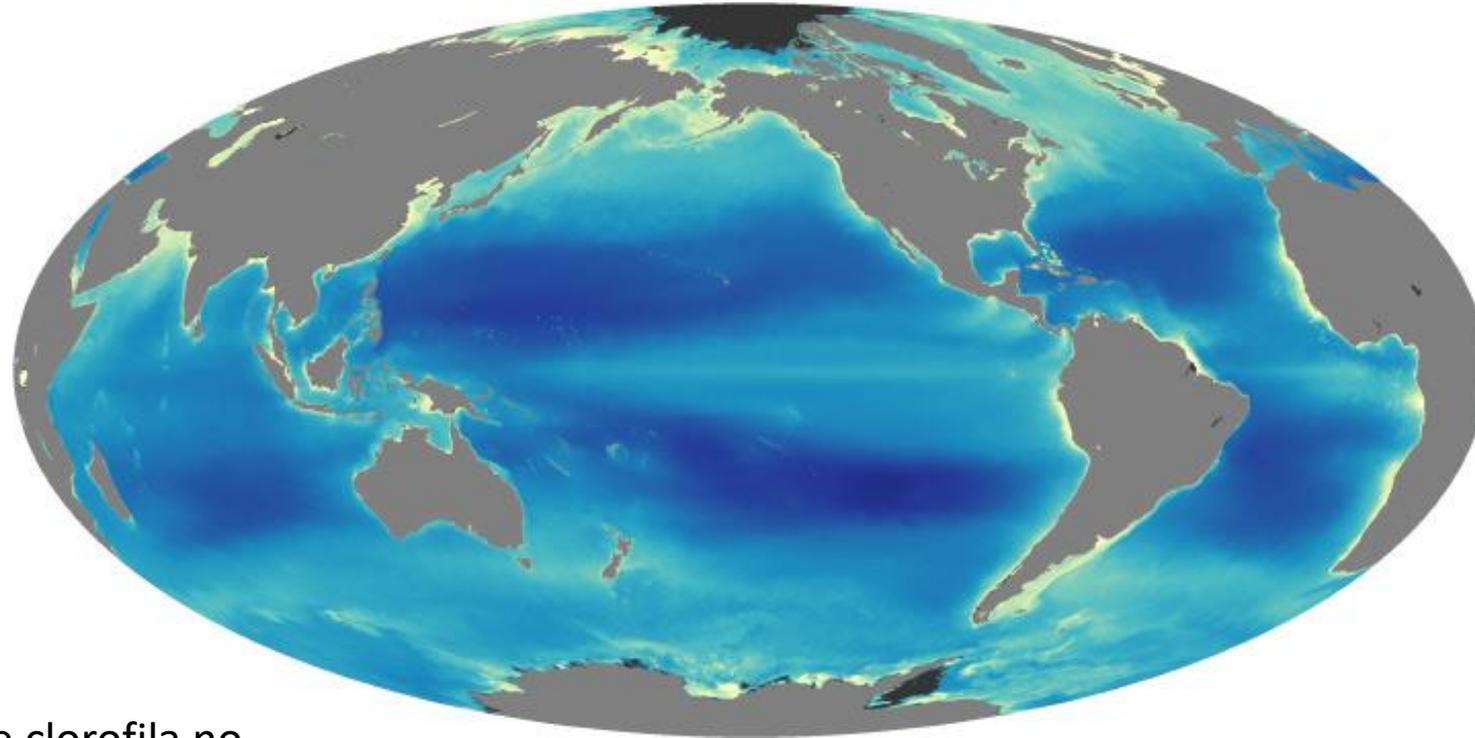
green algae



coccolithophore



Fitoplâncton

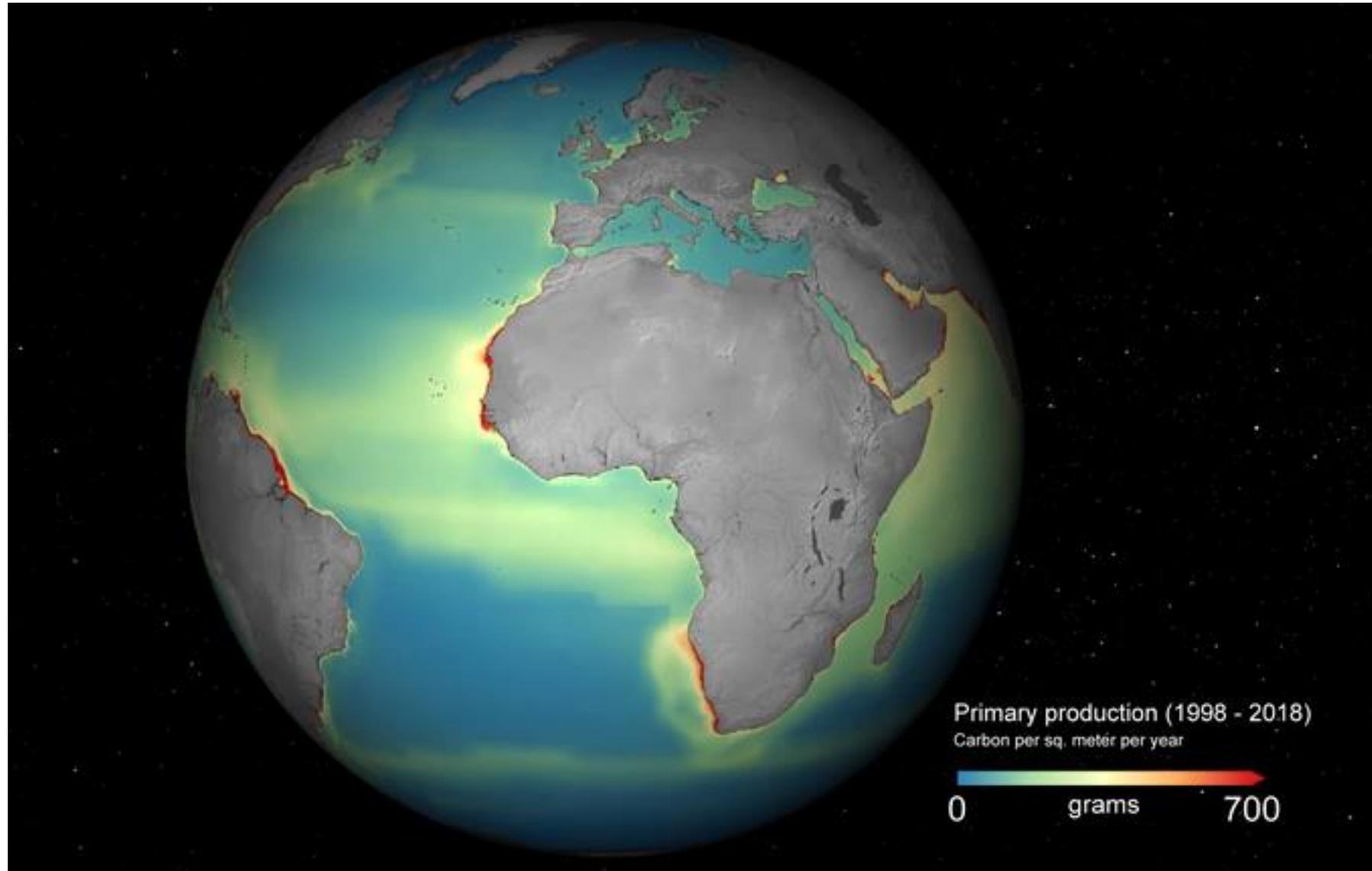


Concentração média de clorofila no oceano global de julho/2002 a maio/2010



- ✓ É possível inferir quanto fitoplâncton as águas do oceano contêm medindo a concentração de clorofila
- ✓ O fitoplâncton é mais abundante em altas latitudes e em zonas de ressurgência ao longo do equador e próximo ao litoral

Fitoplâncton



<https://scitechdaily.com/shedding-new-light-on-the-oceans-living-carbon-pump/>

Produtividade primária anual por meio da combinação dados de satélite de longo prazo com medições in situ (1998-2018)

Fitoplâncton



- ✓ Proliferação excessiva (*bloom*) de fitoplâncton conhecido como Maré Vermelha (*red tides*)
- ✓ San Diego, Califórnia (EUA)

Fatores controladores do fitoplâncton

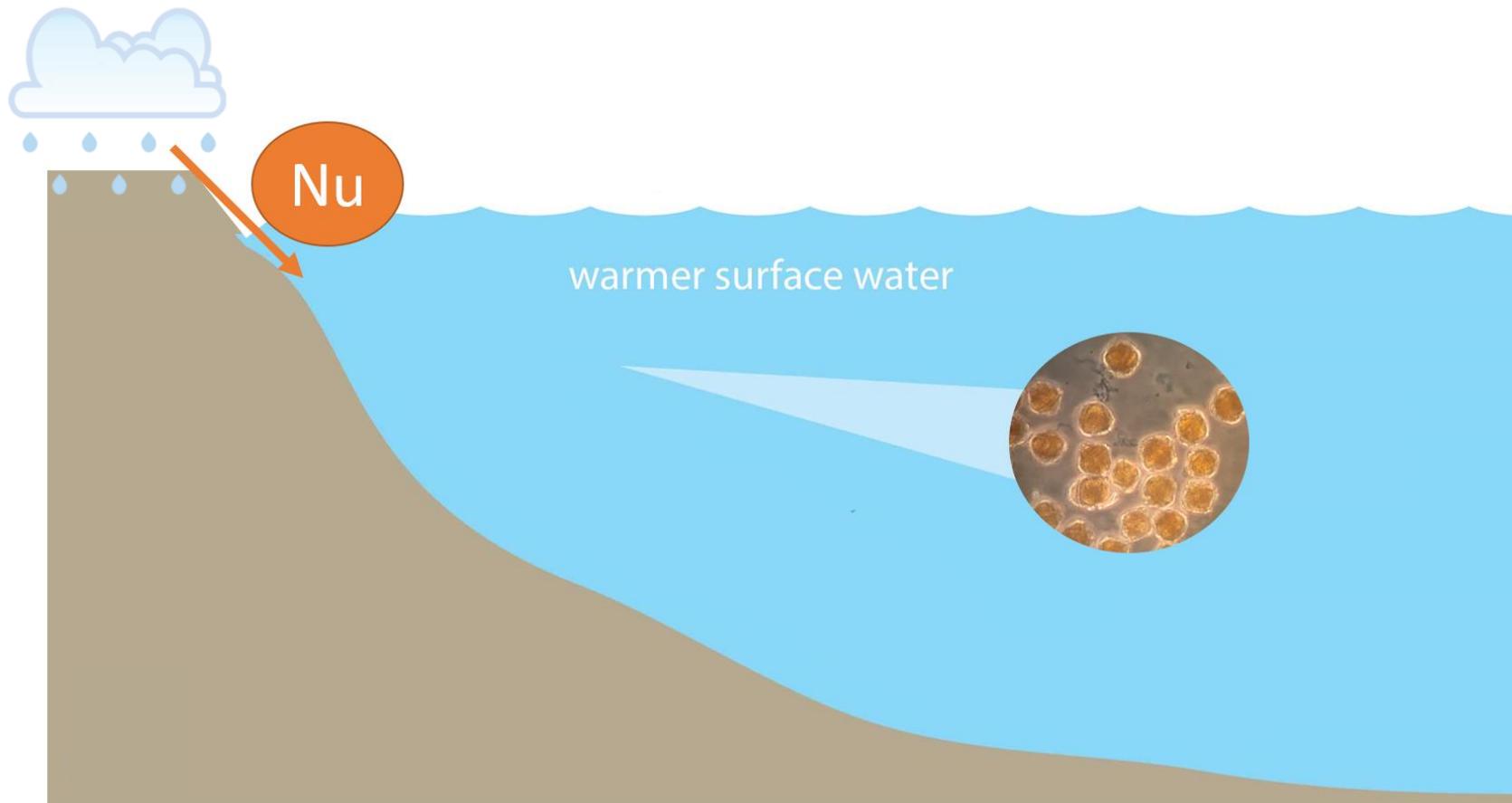
- ✓ **Seu crescimento depende principalmente da disponibilidade de CO₂, luz solar e nutrientes (essencialmente nitrato, fosfato, silicato e cálcio)**
- ✓ **Requerem pequenas quantidades de ferro, o que limita o crescimento do fitoplâncton em grandes áreas do oceano porque as concentrações de ferro são muito baixas**
- ✓ **Outros fatores que influenciam as taxas de crescimento do fitoplâncton: temperatura, salinidade, profundidade, vento e predadores**

Fatores controladores do fitoplâncton



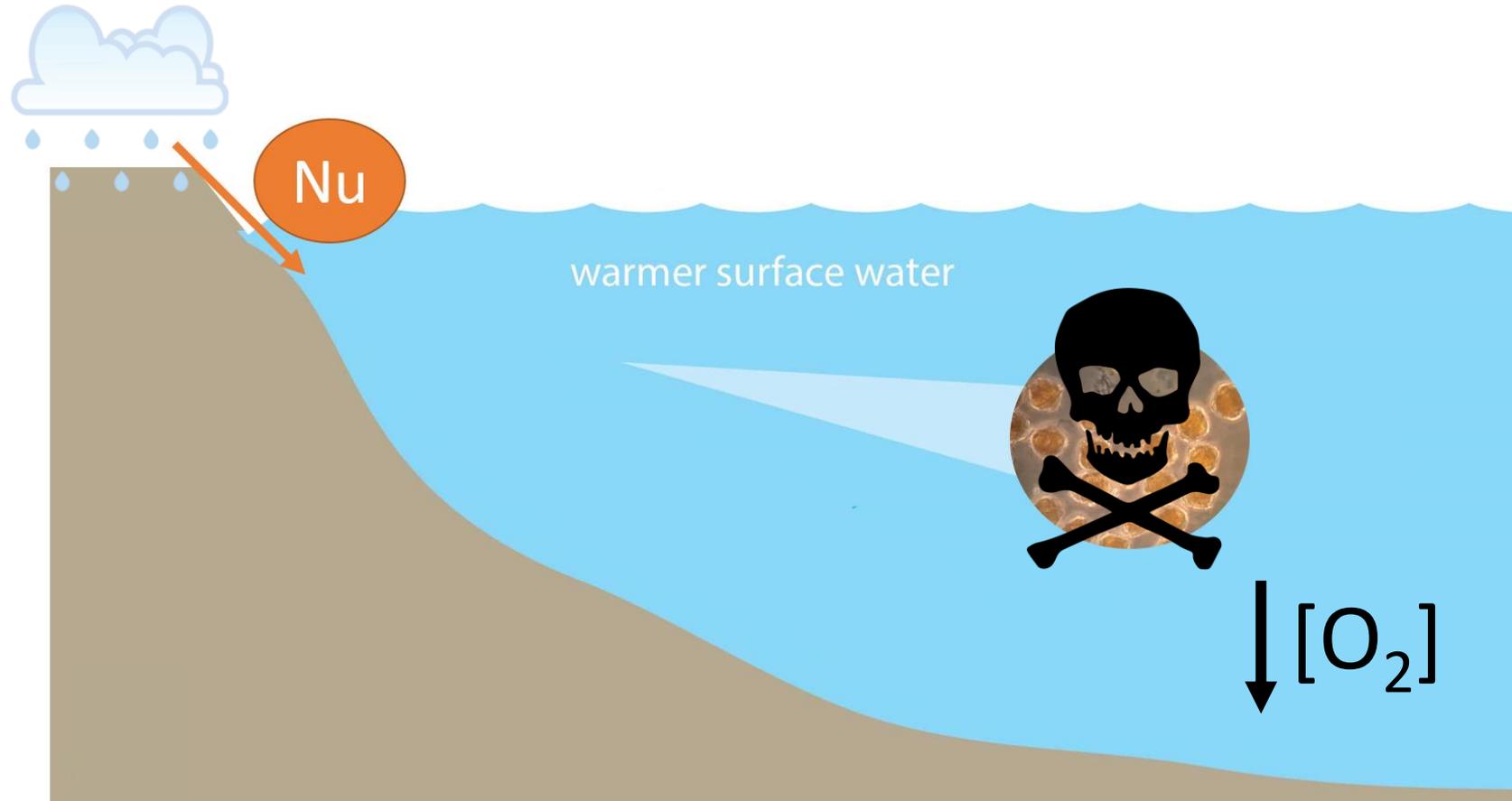
- ✓ **Aporte de nutrientes (precipitação) e temperatura da superfície do mar são fatores-chave para a Maré Vermelha observada em San Diego**

Fatores controladores do fitoplâncton



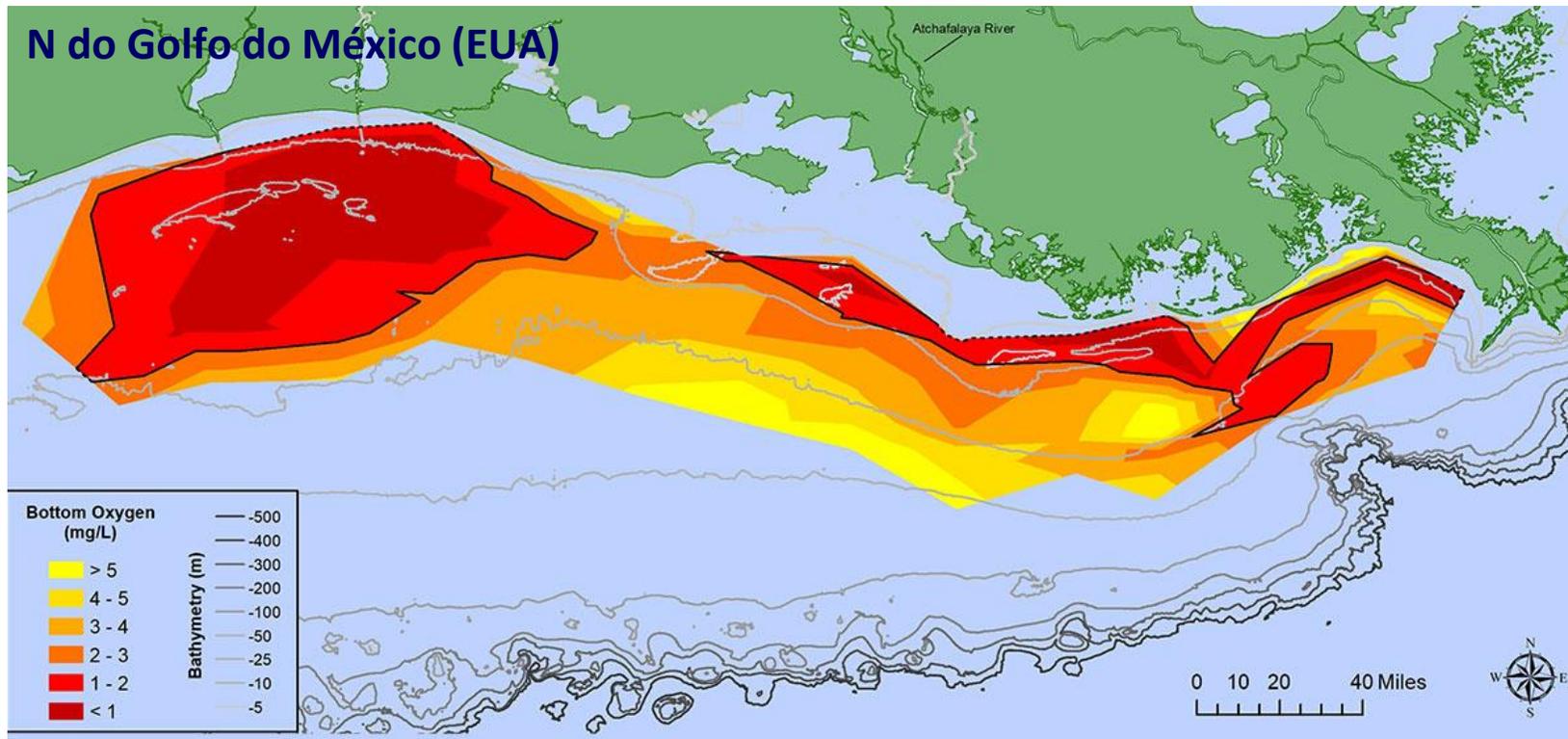
- ✓ Aporte de nutrientes (precipitação) e temperatura da superfície do mar são fatores-chave para a Maré Vermelha observada em San Diego

Fatores controladores do fitoplâncton



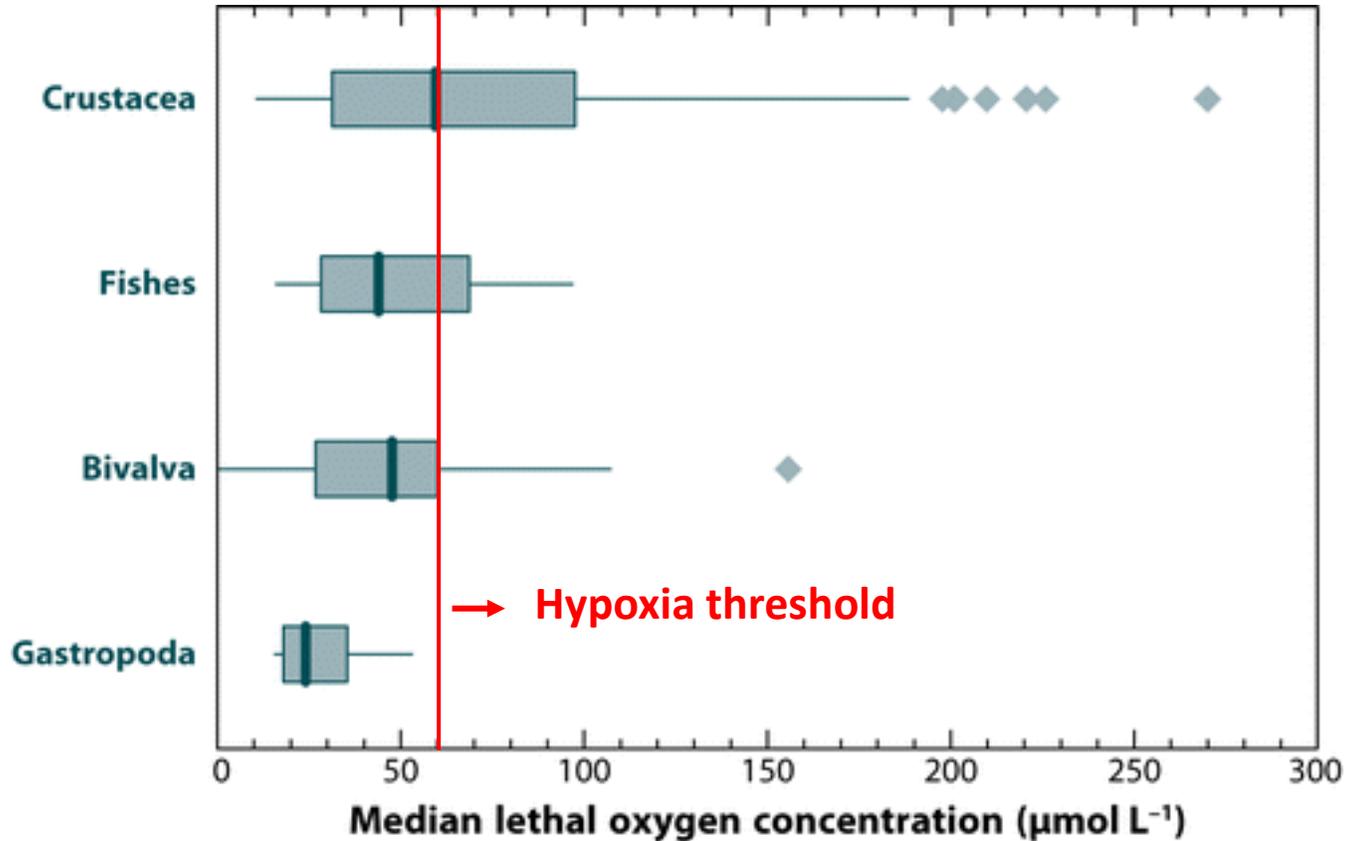
- ✓ Após um *bloom* intenso e morte do fitoplâncton, ele afunda e é decomposto por microrganismos, reduzindo drasticamente [O₂] dissolvido
- ✓ Condições de hipoxia

Fatores controladores do fitoplâncton



Redução drástica da concentração de O_2 dissolvido na água do mar (Golfo do México)

Zonas mortas (dead zones)



- ✓ A maioria dos organismos marinhos é altamente sensível a baixa concentração de O₂
- ✓ Hipoxia: quando a [O₂] é menor ou igual a 60 µmol/L (~ 1,4 mg/L)
- ✓ Sufocamento da vida marinha, resultando em “zonas mortas” (*dead zones*)

AR Keeling RF, et al. 2010.
Annu. Rev. Mar. Sci. 2:199–229

Zonas mortas (dead zones)

Box 1. Hypoxia Thresholds

Examples of biological impacts associated with different thresholds of low dissolved oxygen exposure.

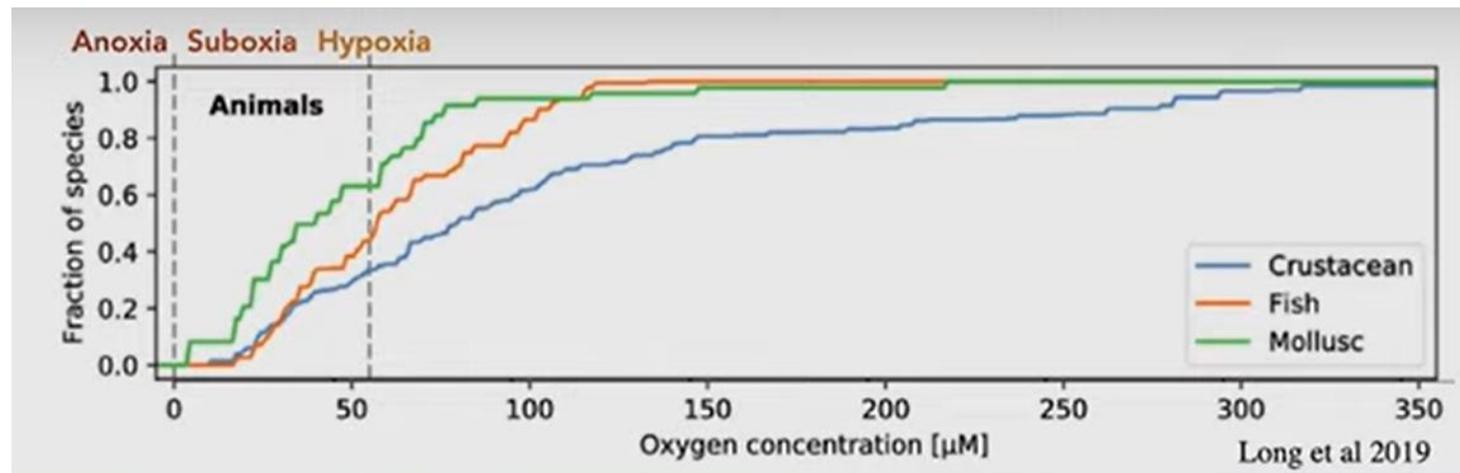
Chan et al. (2019)

| | | |
|-----------------------|---|--|
| Hypoxia | Dissolved Oxygen $\leq 1.4 \text{ ml l}^{-1}$ | Conventional threshold for biological impacts, though behavior, metabolism, and survival can be affected above the threshold depending on taxa |
| Severe Hypoxia | Dissolved Oxygen $\leq 0.5 \text{ ml l}^{-1}$ | Operationally defined threshold for impacts such as Dungeness crab mortality and reduced catch per unit of fishing effort in the CCLME |
| Suboxia | Dissolved Oxygen $\leq 0.1 \text{ ml l}^{-1}$ | A threshold of focus for microbiologists and biogeochemists where a shift toward processes that result in the loss of fixed nitrogen takes place |
| Anoxia | Dissolved Oxygen = 0.0 ml l^{-1} | Zero oxygen |

Unit conversion for dissolved oxygen:

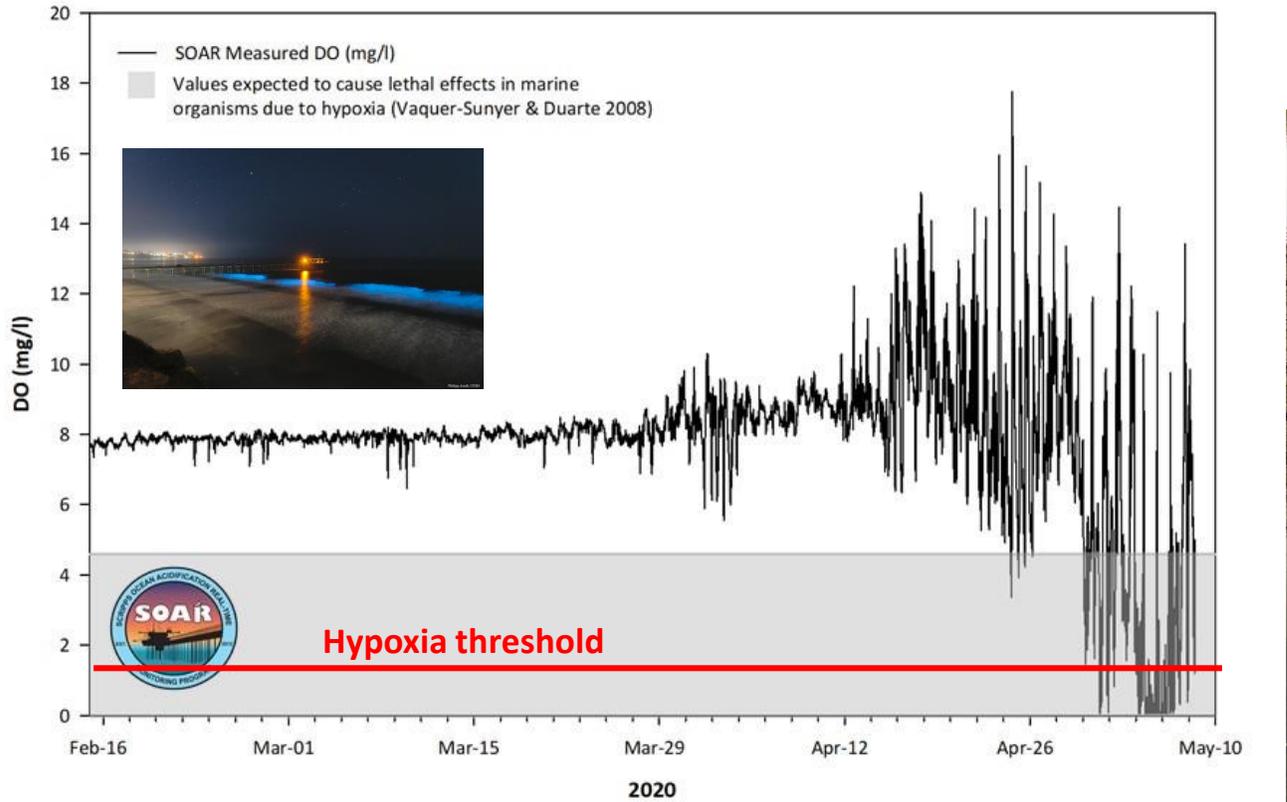
$1.4 \text{ ml l}^{-1} = 2 \text{ mg l}^{-1} = 62.2 \text{ } \mu\text{mol l}^{-1} = 60.9 \text{ } \mu\text{mol kg}^{-1} = 20.8\% \text{ saturation} = p\text{O}_2 \text{ of } 4.4 \text{ kPa}^*$

*at salinity of 33.8, temperature of 8°C



Zonas mortas (dead zones)

Scripps Pier Dissolved Oxygen (mg/l)

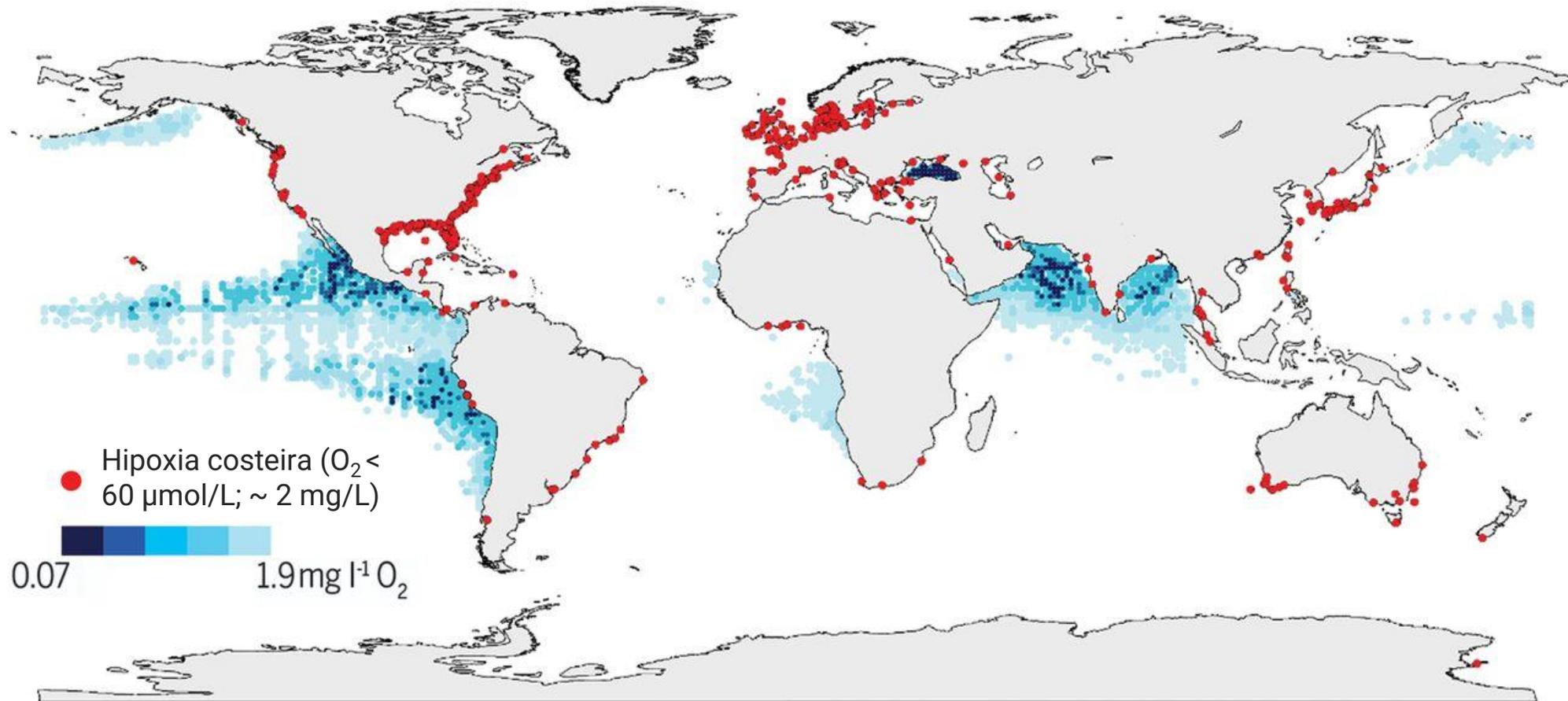


Sam Clements, UCSD/SIO

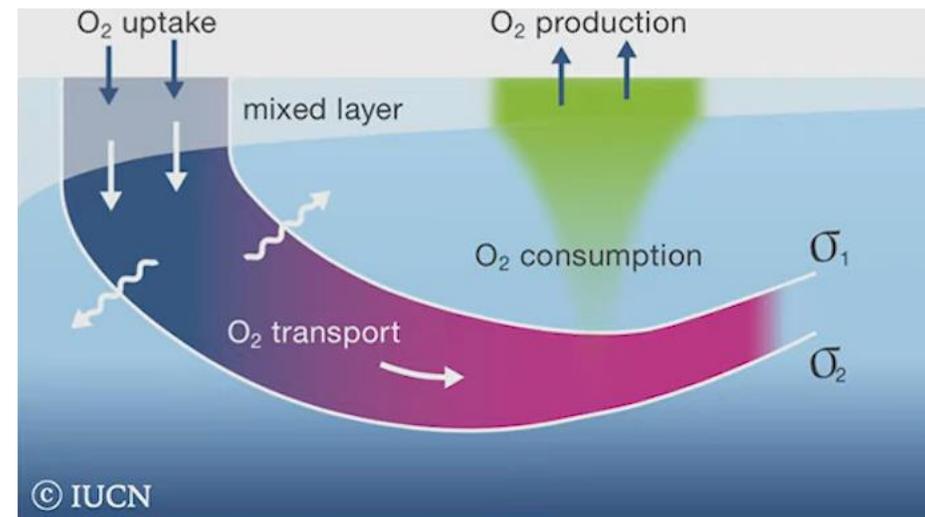
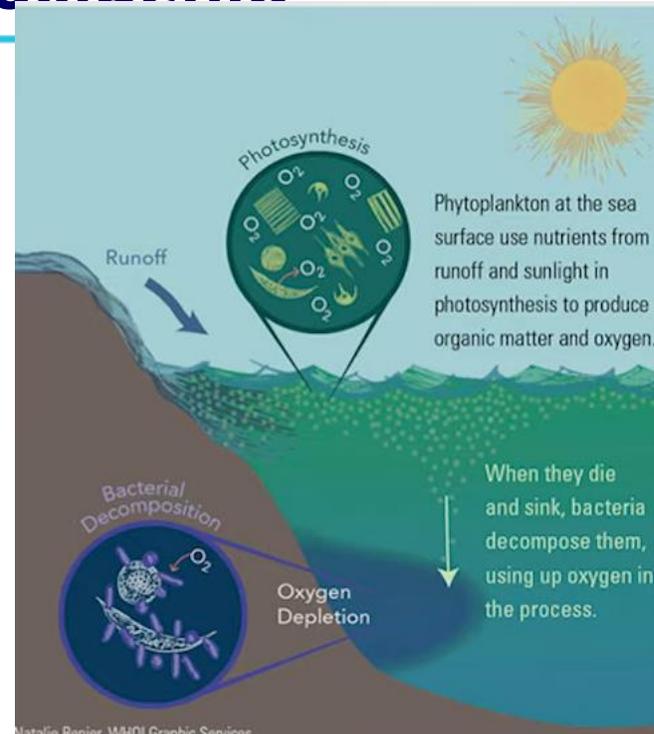
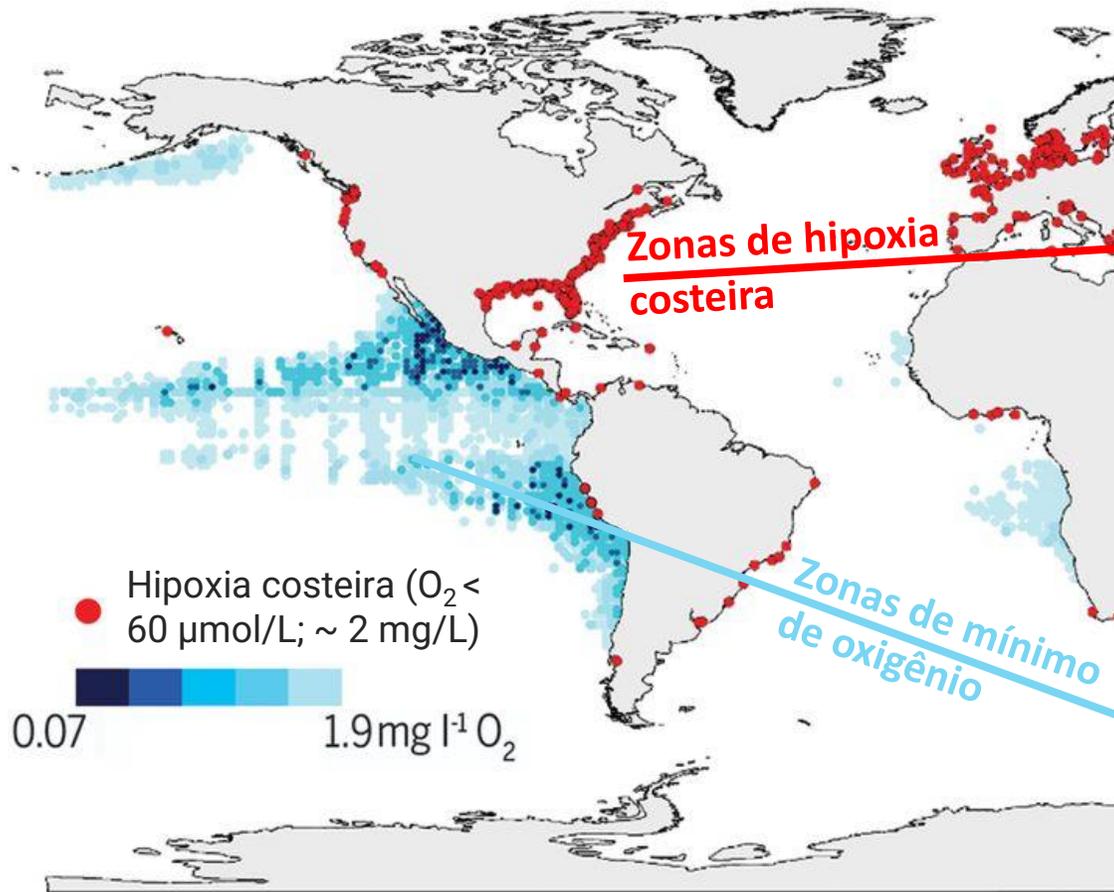
- ✓ Esgotamento do O_2 da água e sufocamento da vida marinha



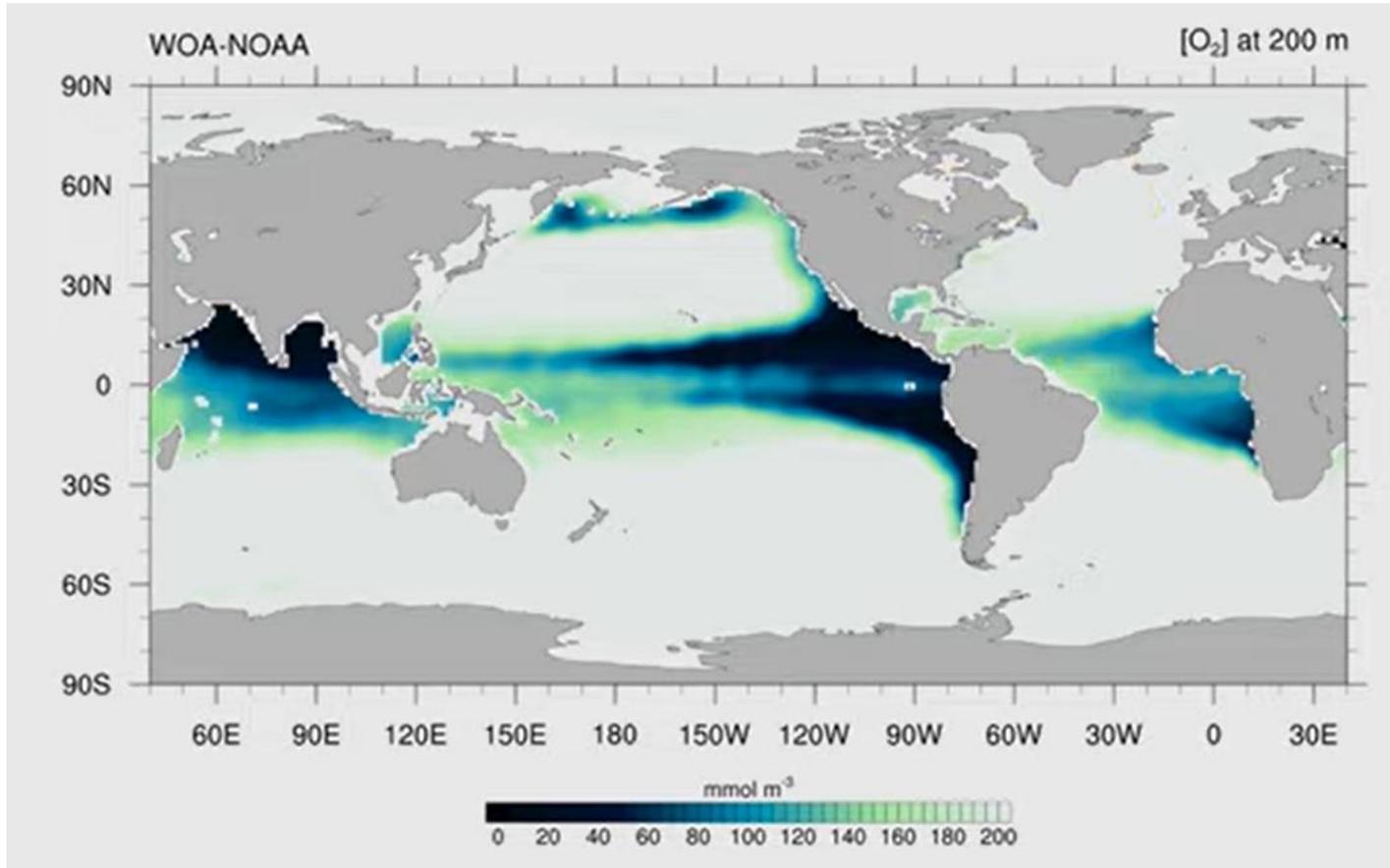
Zonas de mínimo de oxigênio



Zonas de mínimo de oxiaênio

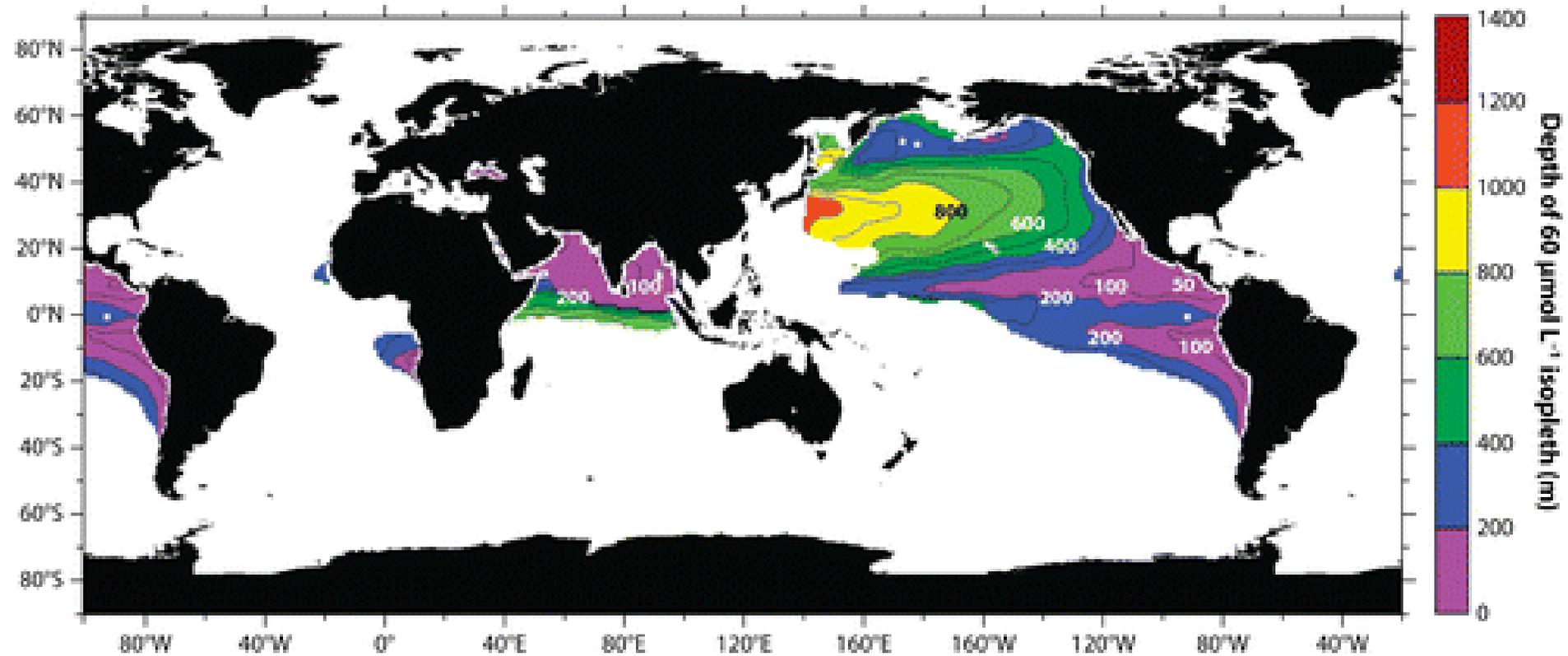


Zonas de mínimo de oxigênio



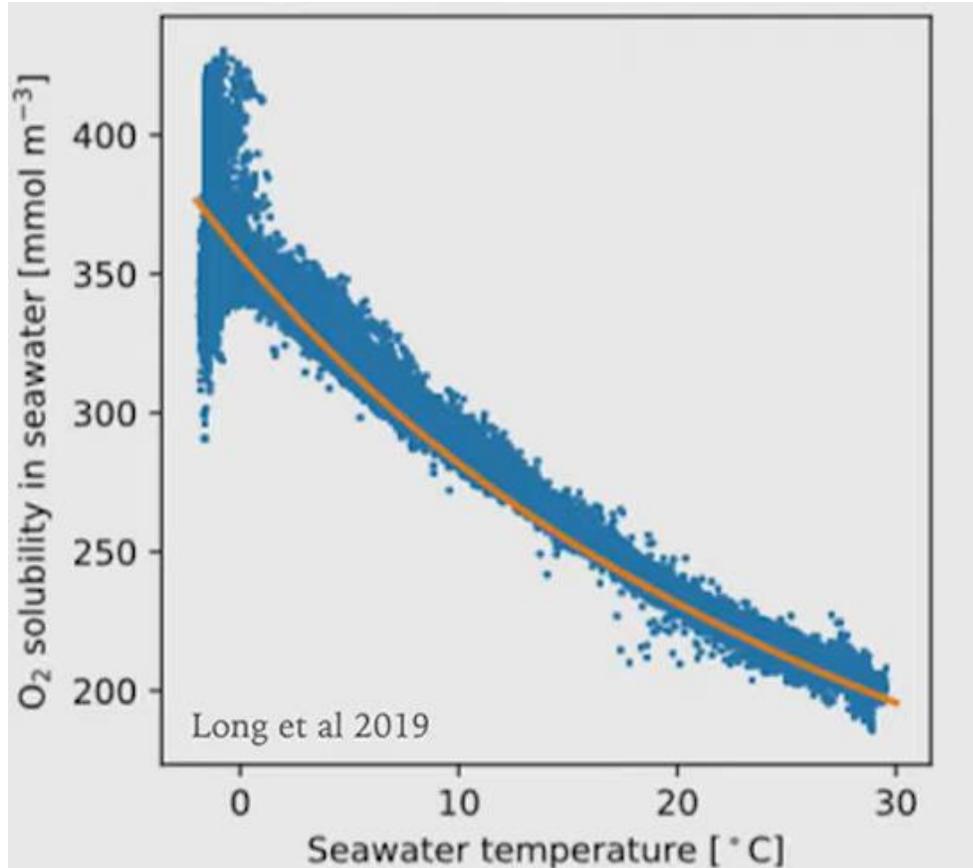
- ✓ Costa do Pacífico tropical
- ✓ Costa da Índia (Índico)
- ✓ Costa da África do Sul (Atlântico)

Zonas de mínimo de oxigênio



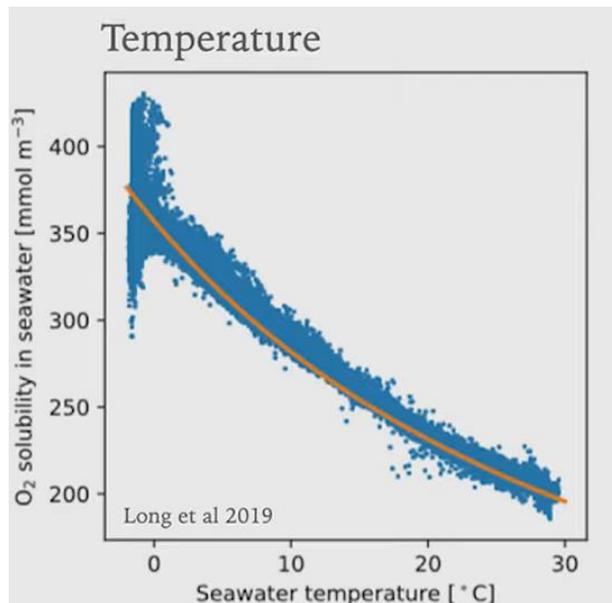
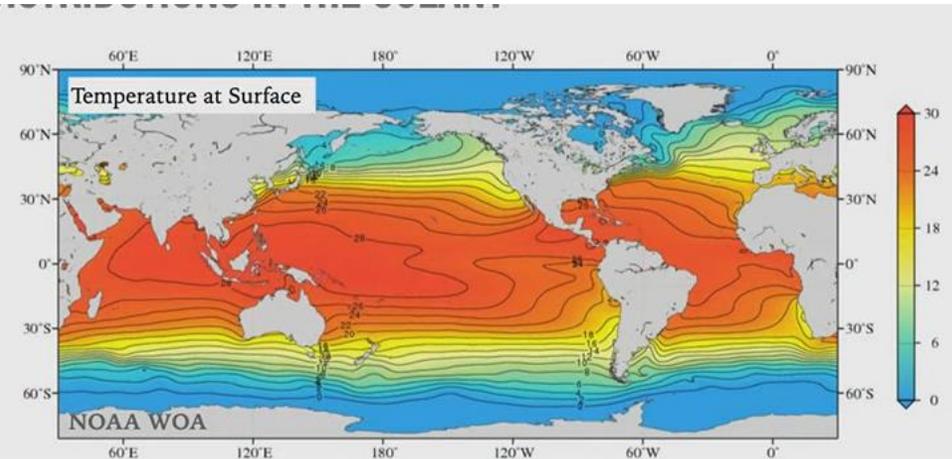
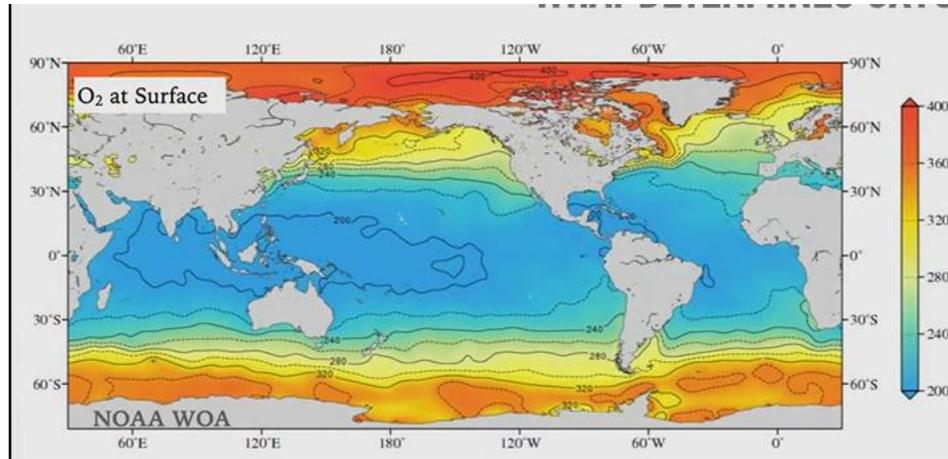
 Keeling RF, et al. 2010.
Annu. Rev. Mar. Sci. 2:199–229

Zonas de mínimo de oxigênio

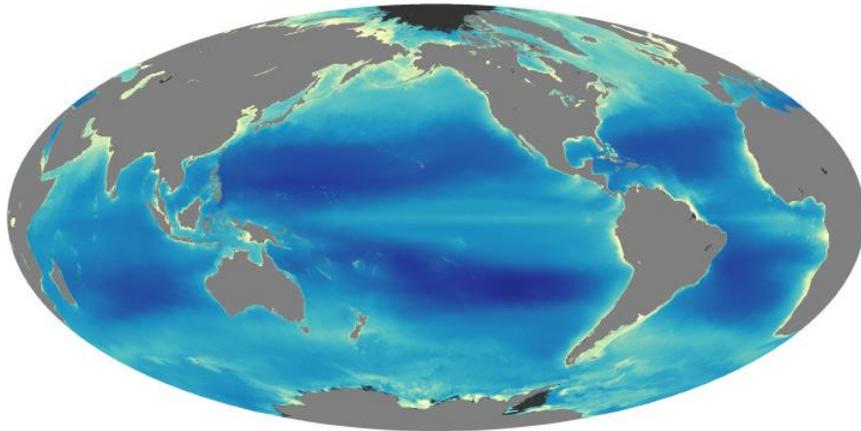
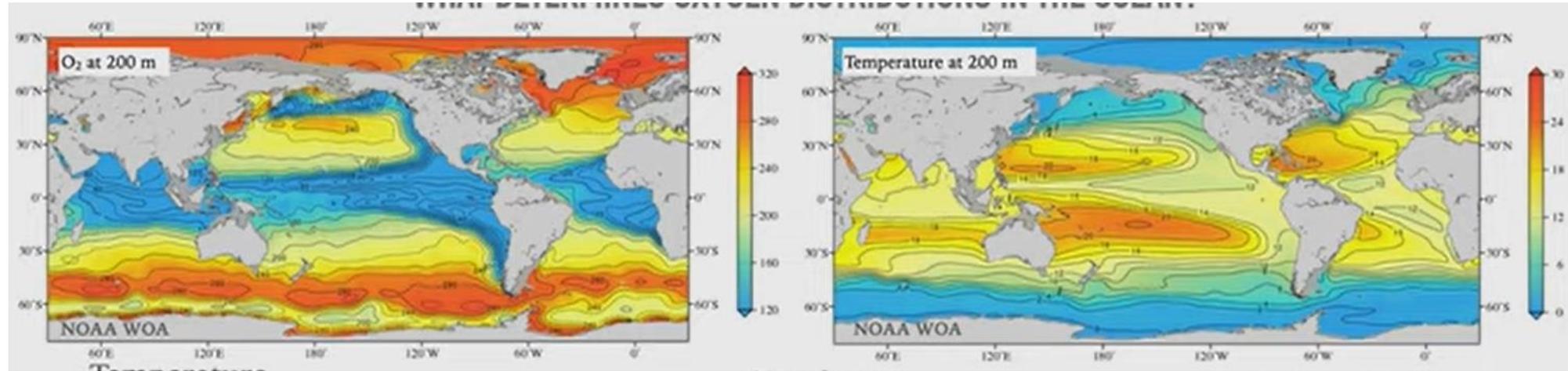


✓ Concentração de O₂ e TSM

Zonas de mínimo de oxigênio

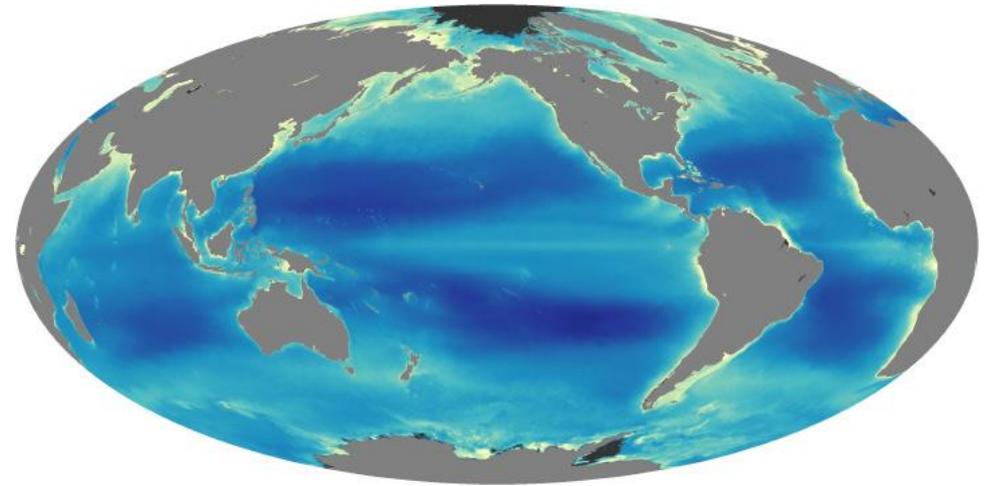
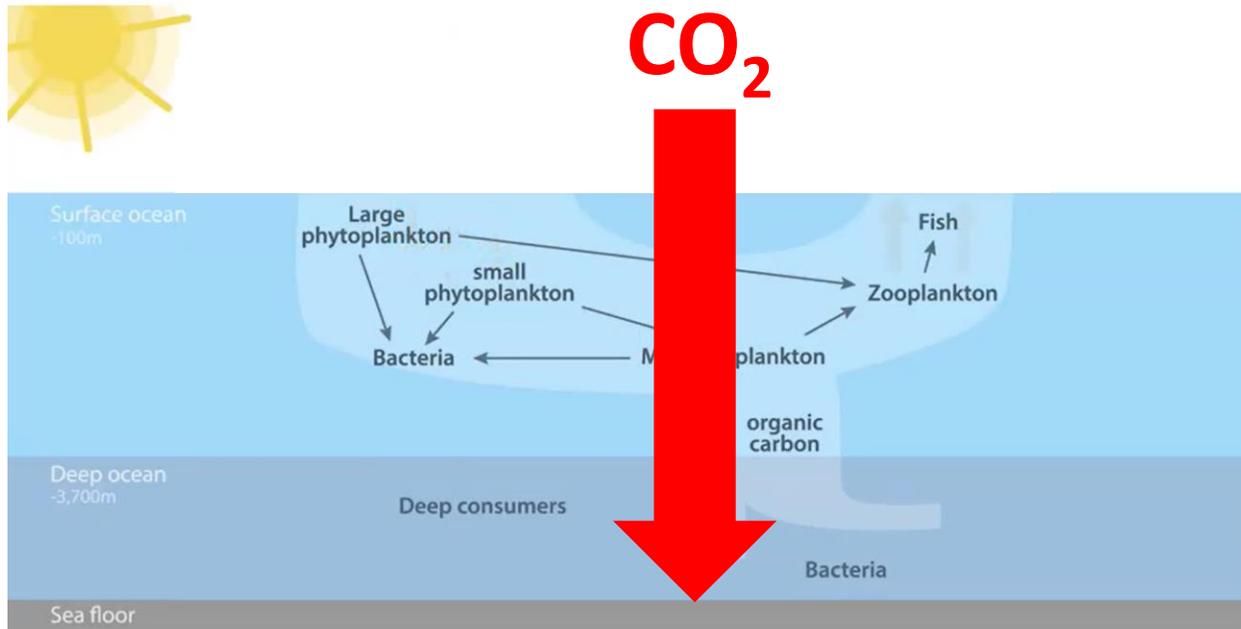


Zonas de mínimo de oxigênio



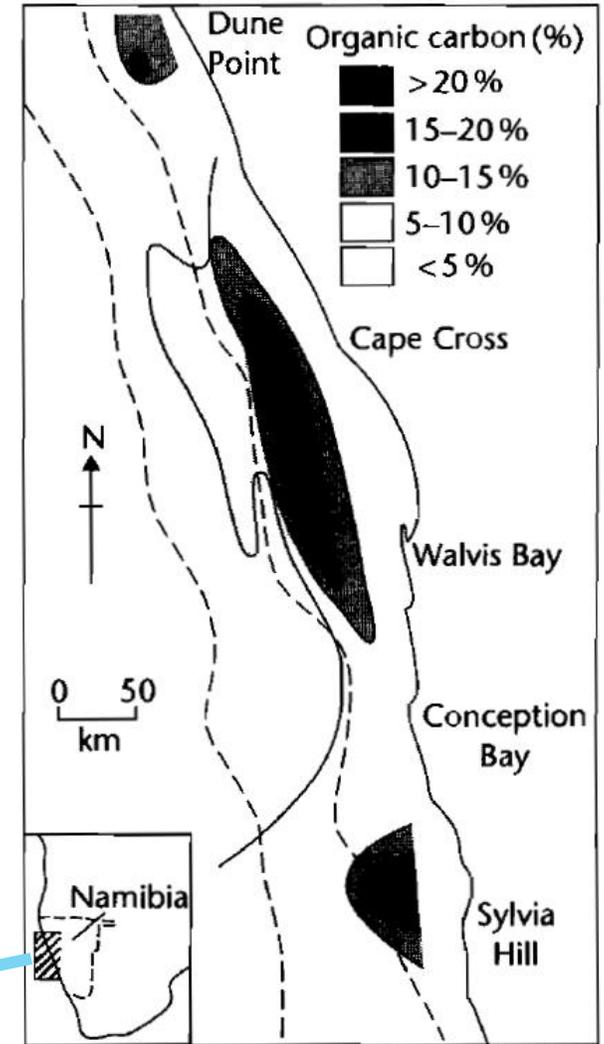
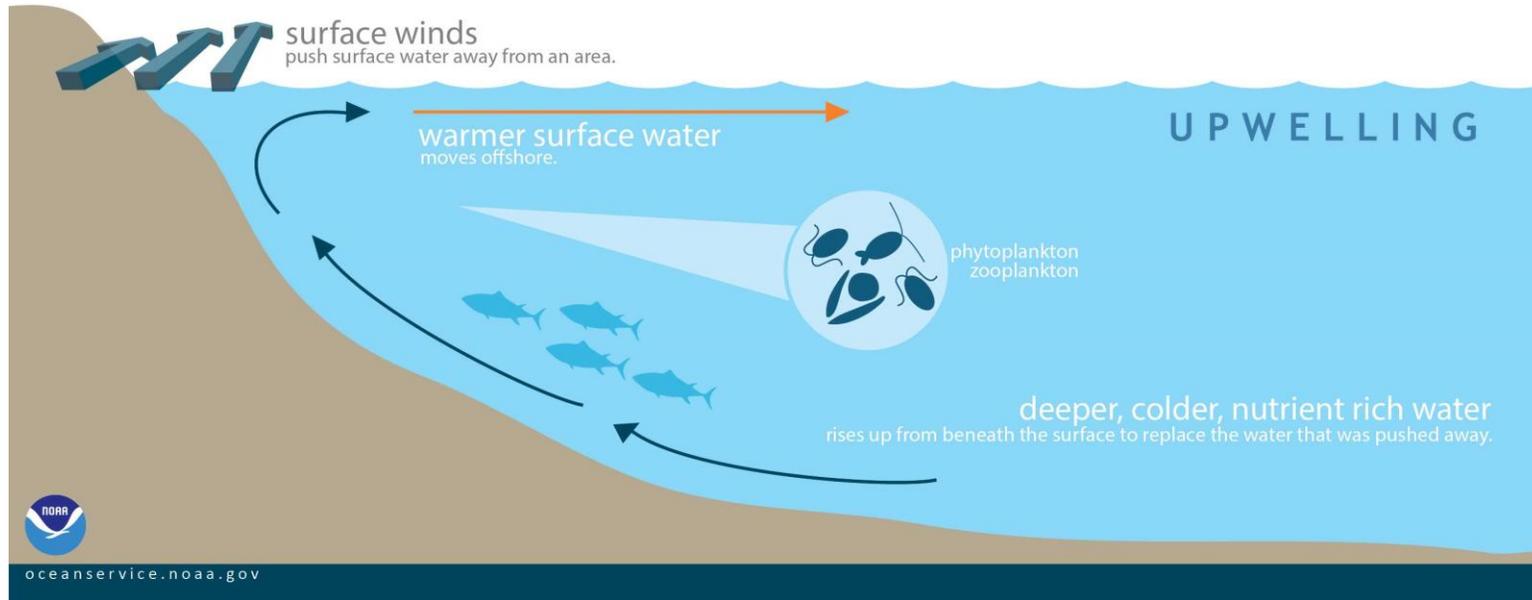
✓ Menor [O₂] nas margens leste das bacias oceânicas

Fitoplâncton e bomba biológica

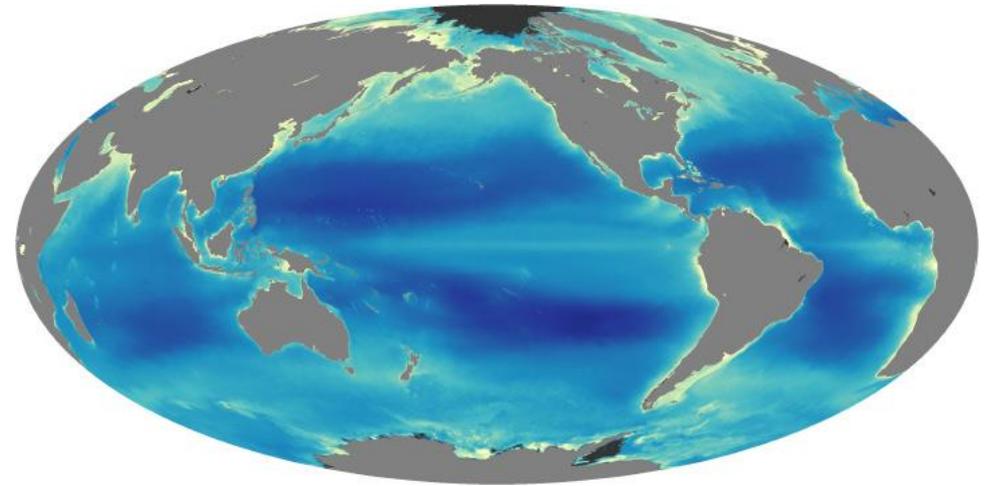
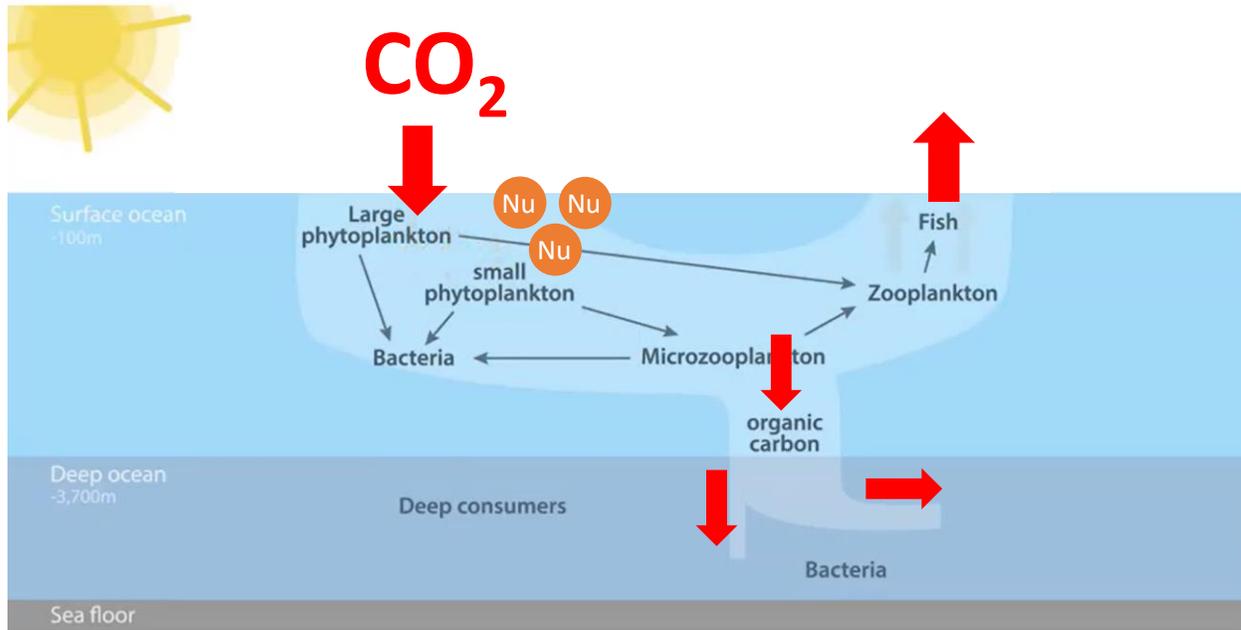


- ✓ O transporte de C em direção ao fundo é responsável pela transferência de mais de 10 Gt anuais de C para o fundo

Fitoplâncton e bomba biológica



Fitoplâncton e bomba biológica



<https://www.youtube.com/watch?v=H7sACT0Dx0Q>

Formação de rochas ricas em sedimentos orgânicos



Mar Negro



Mar Negro

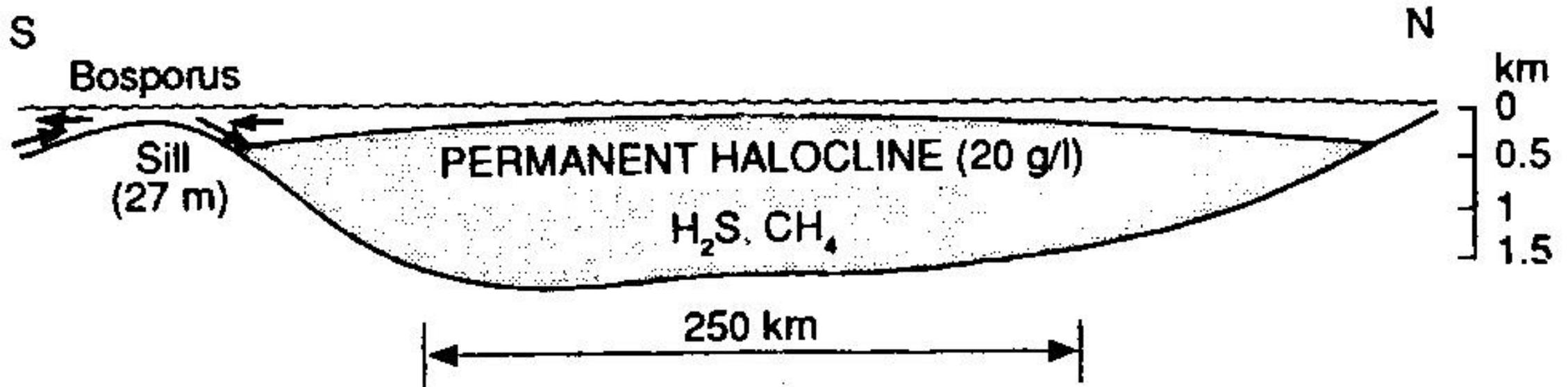


Mar Negro



Mares restritos

Balanço hídrico positivo e coluna d'água estratificada (fundo anóxico)

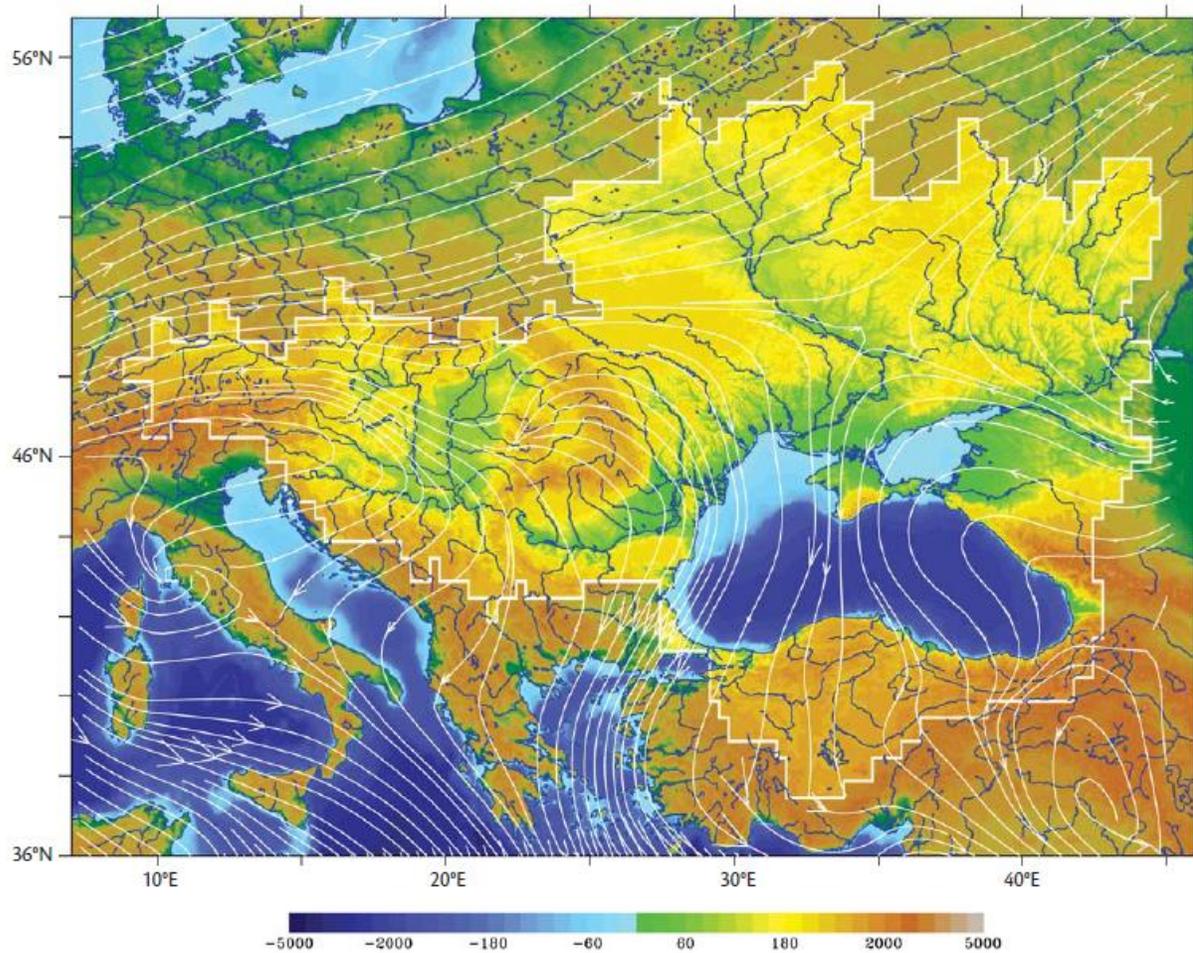


Anoxic sediments Organic carbon 1–15%
Oxic sediments Organic carbon <2.5%
 $U = 0.05\text{--}0.30\text{ mm yr}^{-1}$

Similar settings:
Baltic sea - Saanich Inlet
Lake Maracaibo

Mares restritos

Balanço hídrico positivo e coluna d'água estratificada (fundo anóxico)

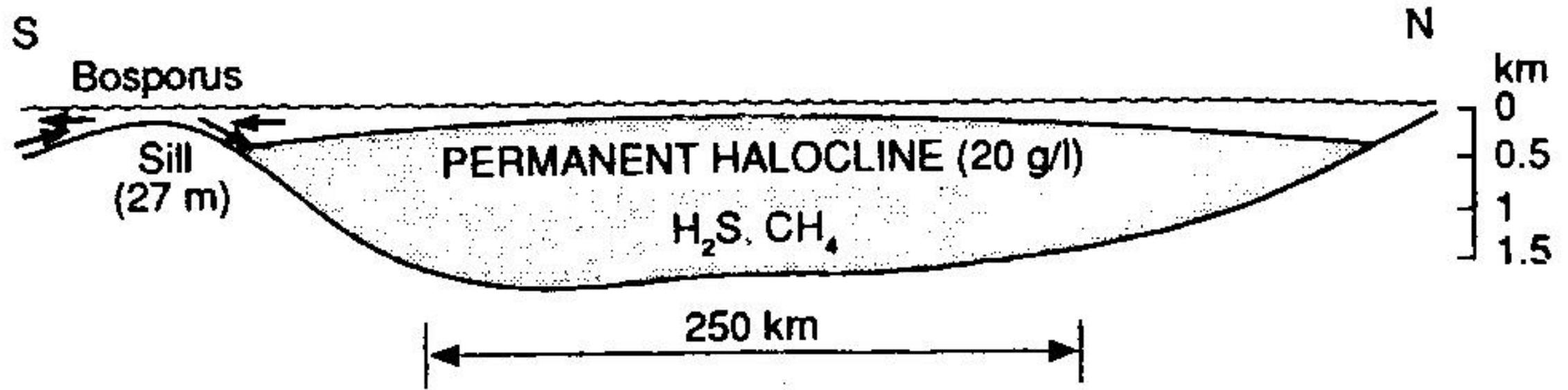


Sua área de captação cobre grande parte da Europa e da Ásia, fornecendo um suprimento total de água doce de $3 \times 10^2 \text{ km}^3$ por ano

The orography of the Black Sea catchment area (m) is plotted in this figure with brighter colors. Streamlines illustrate the annual mean surface wind computed from the ERA-40 data.

Mares restritos

Balanço hídrico positivo e coluna d'água estratificada (fundo anóxico)



Anoxic sediments Organic carbon 1–15%
Oxic sediments Organic carbon <2.5%
 $U = 0.05\text{--}0.30\text{ mm yr}^{-1}$

Similar settings:
Baltic sea - Saanich Inlet
Lake Maracaibo

Mar Negro

PALEOCEANOGRAPHY, VOL. 13, NO. 4, PAGES 395-411, AUGUST 1998

Organic-matter production and preservation and evolution of anoxia in the Holocene Black Sea

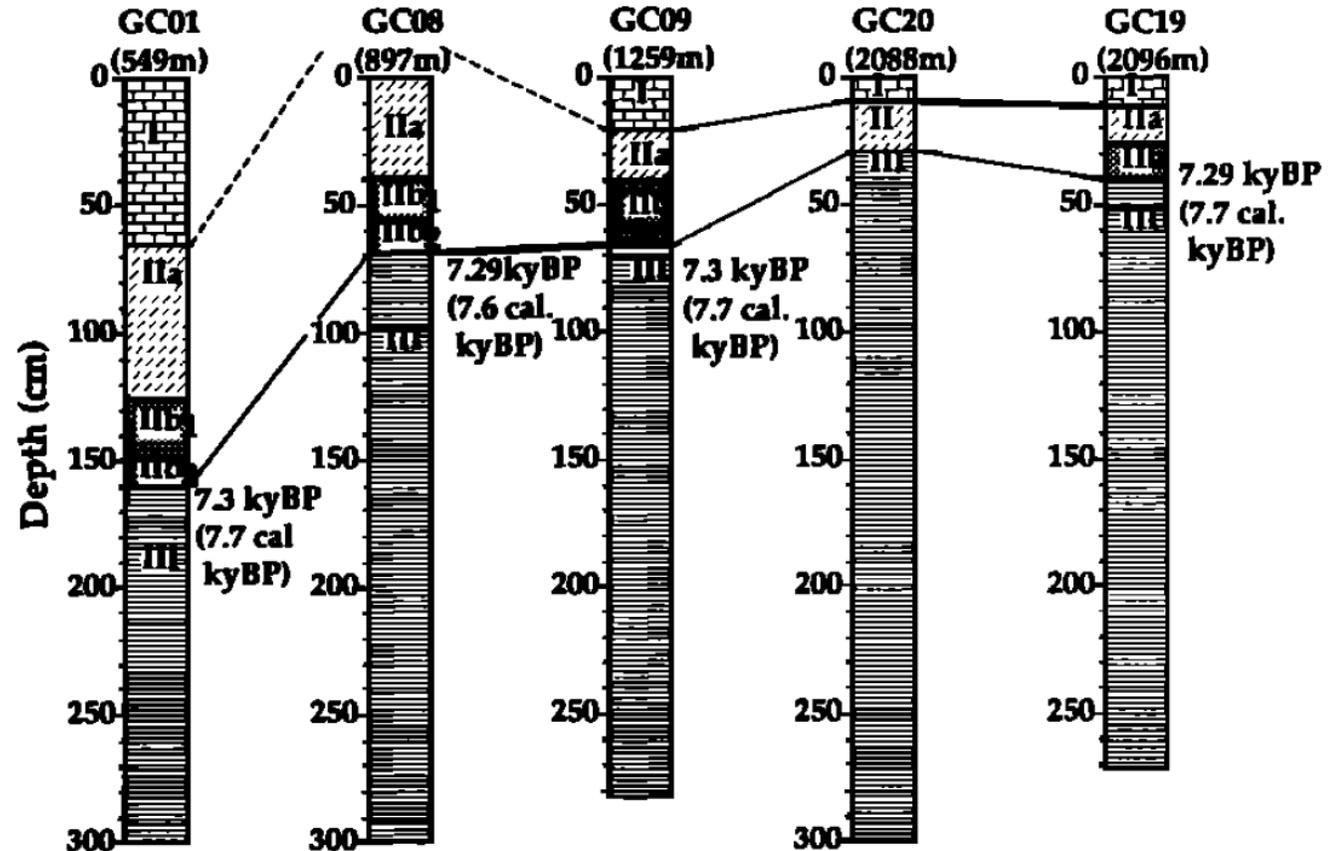
Michael A. Arthur

Department of Geosciences and Earth System Science Center, Pennsylvania State University, University Park

Walter E. Dean

U. S. Geological Survey, Denver, Colorado

Anoxia teve início em ca. 7,5 ka AP, observado pela camada de C_{org} (sapropel) preservada no sedimento marinho

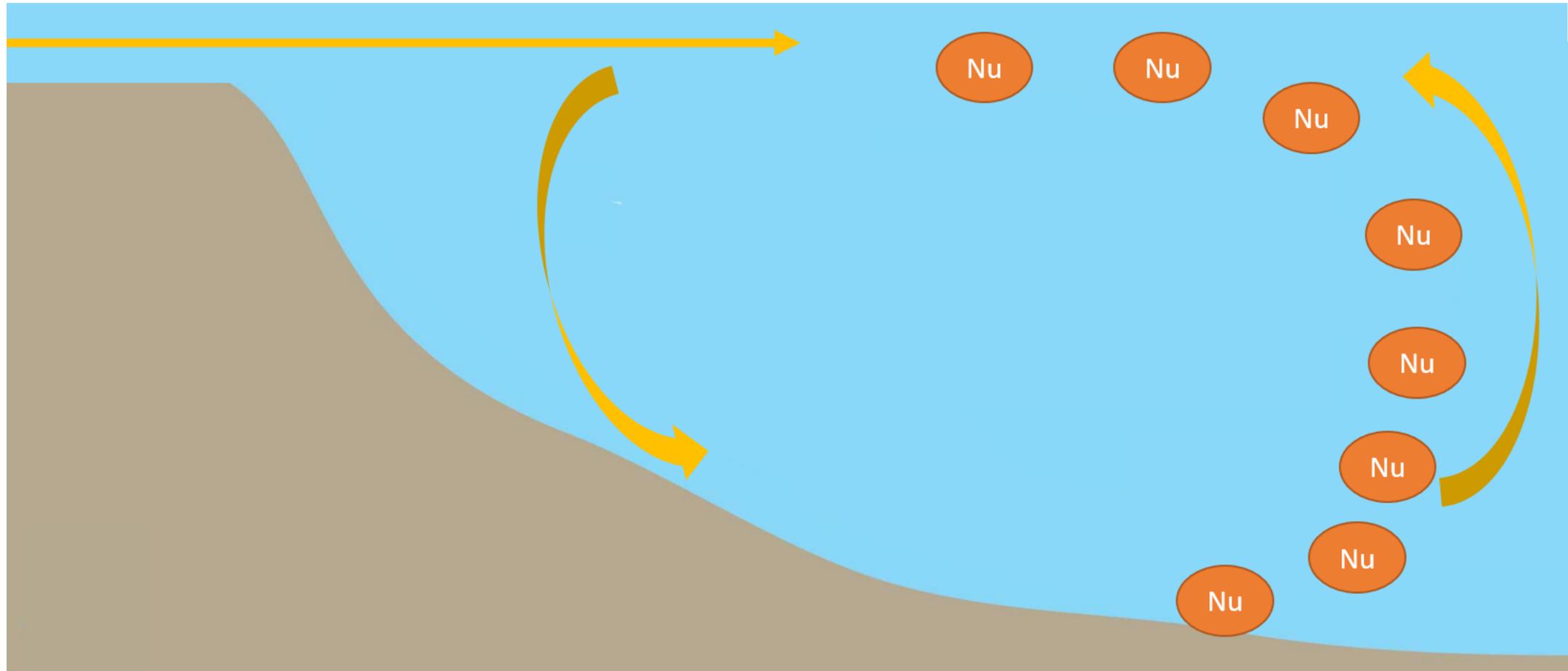


Mar Negro

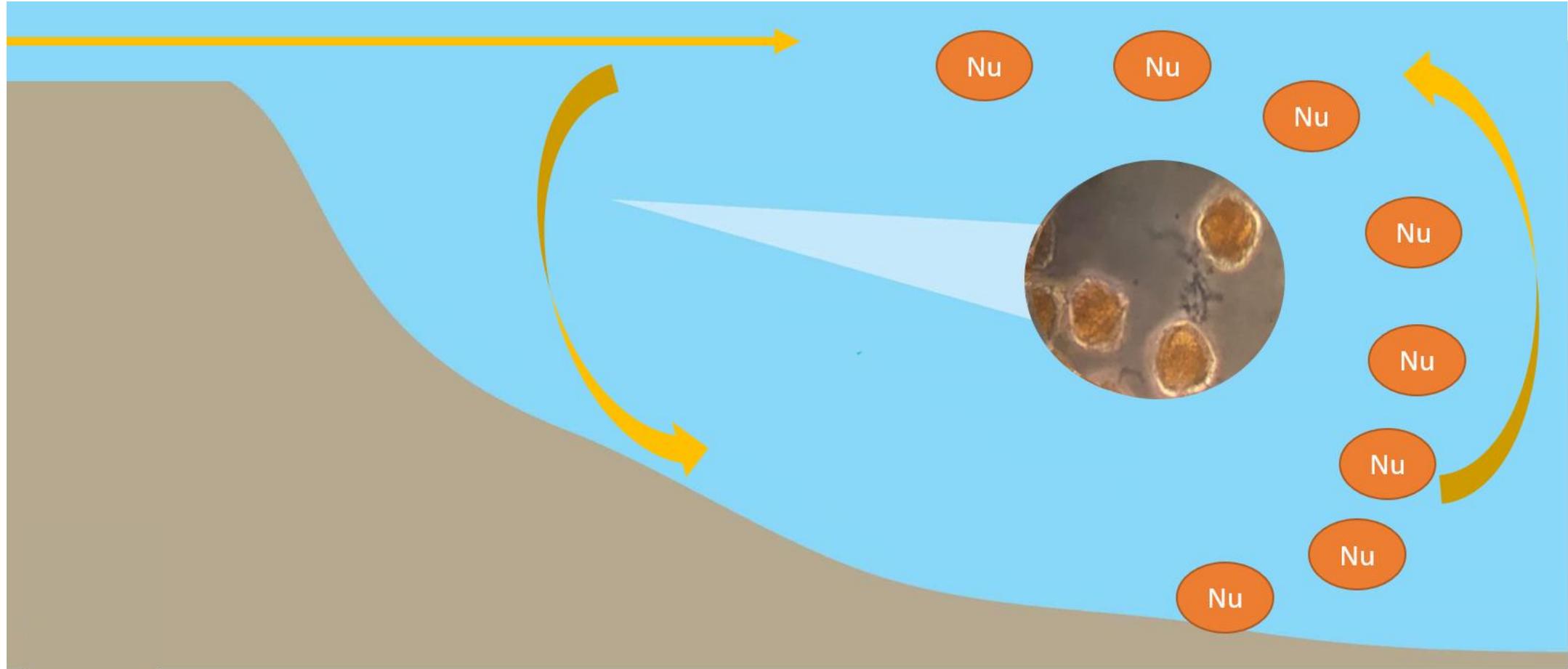


- ✓ **Causa: transbordamento de águas salinas através do estreito de Bósforo**

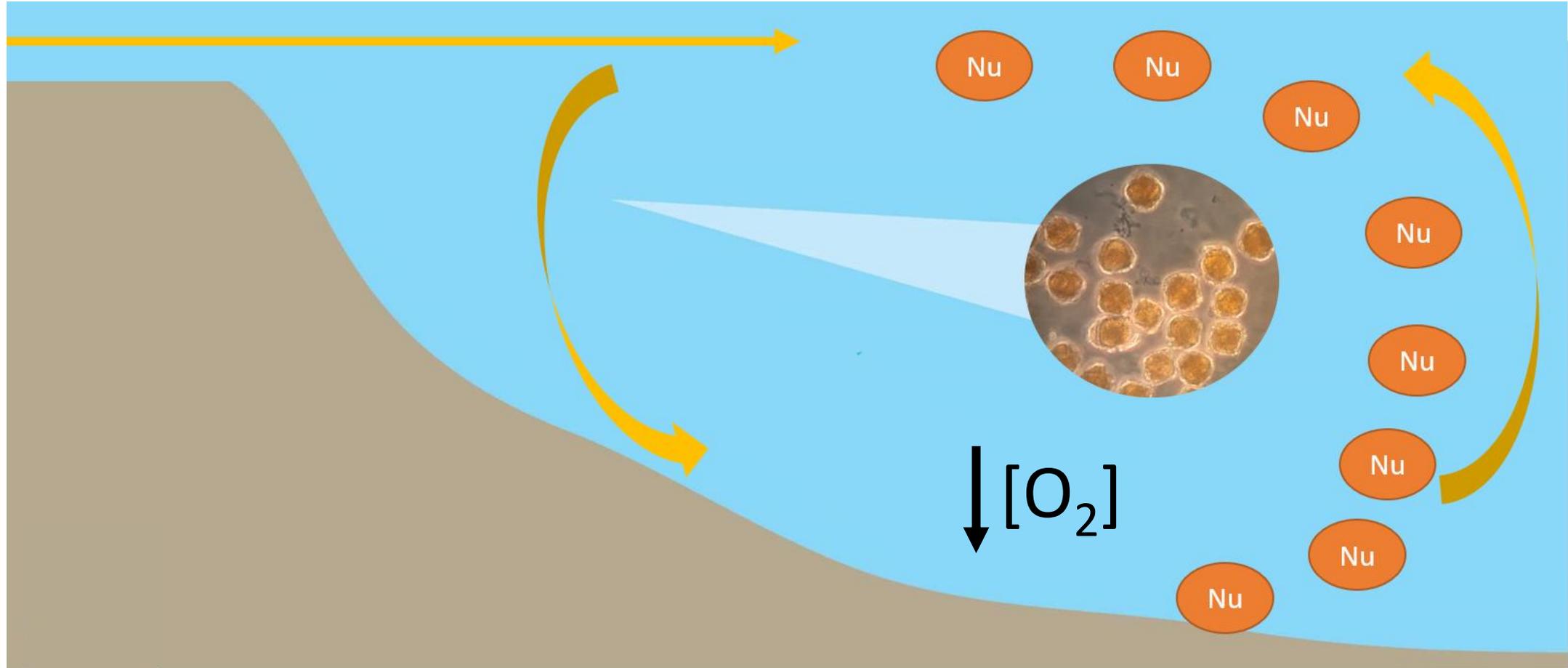
Mares restritos



Mares restringidos

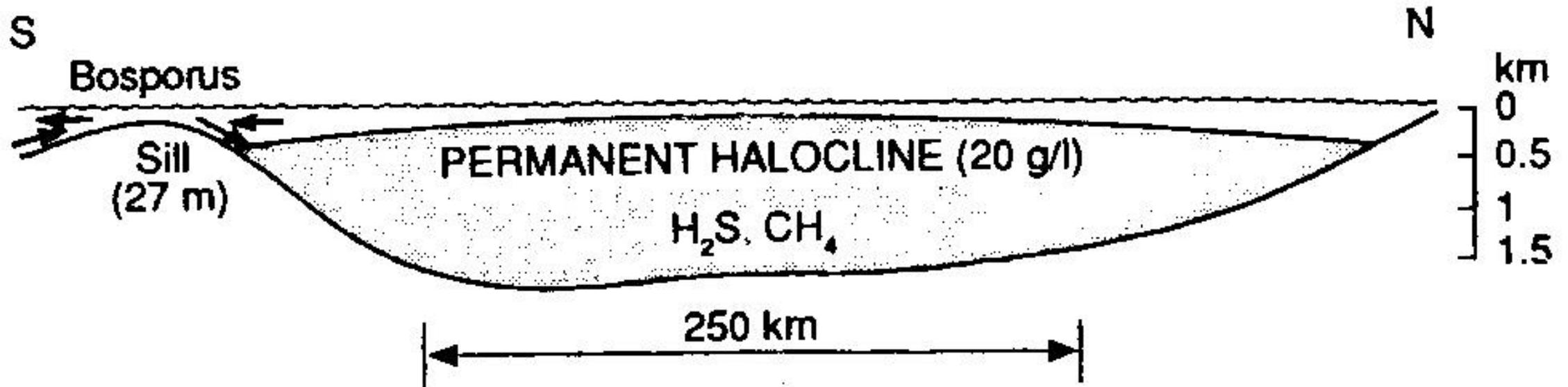


Mares restritos



Mares restritos

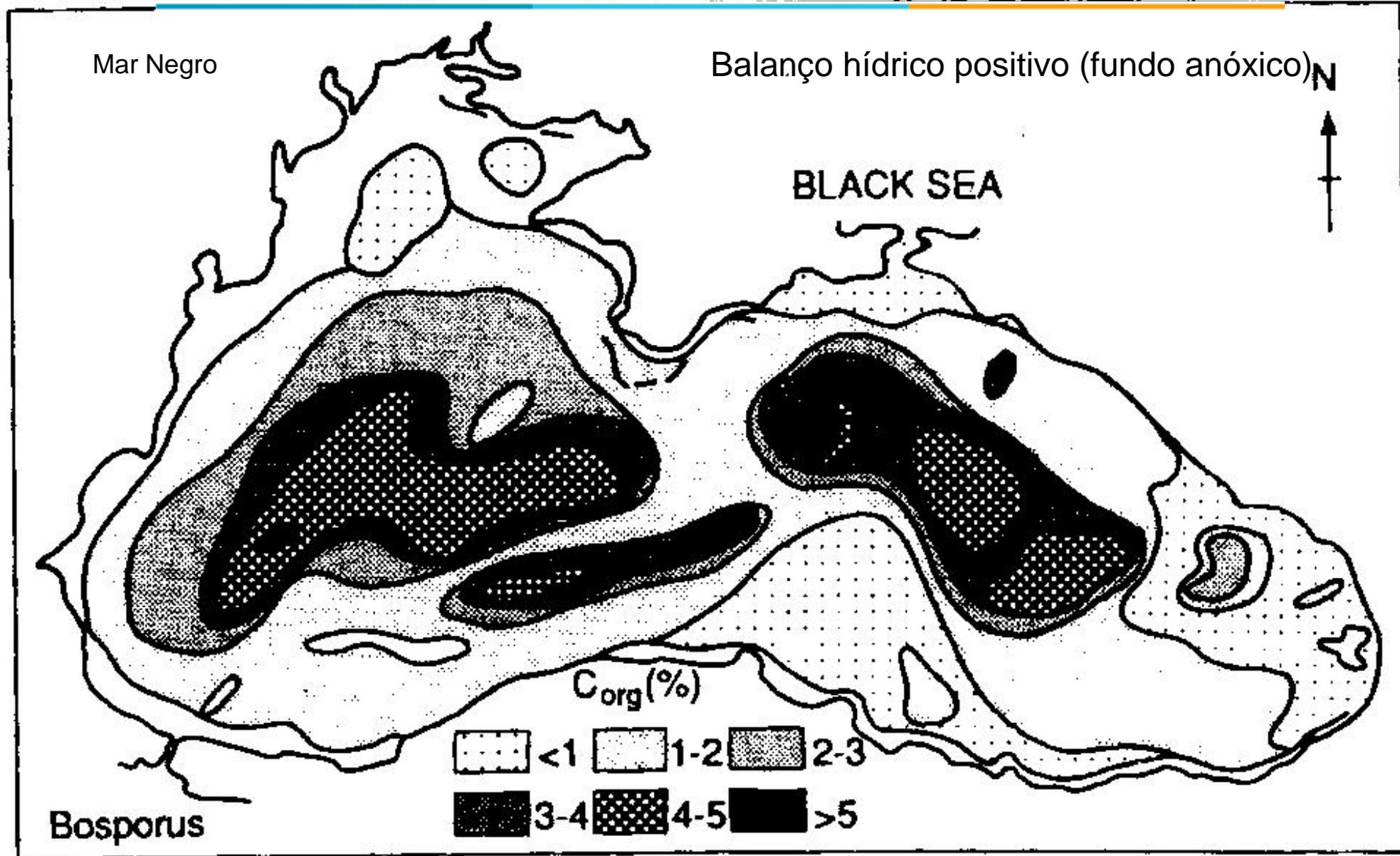
Balanço hídrico positivo e coluna d'água estratificada (fundo anóxico)



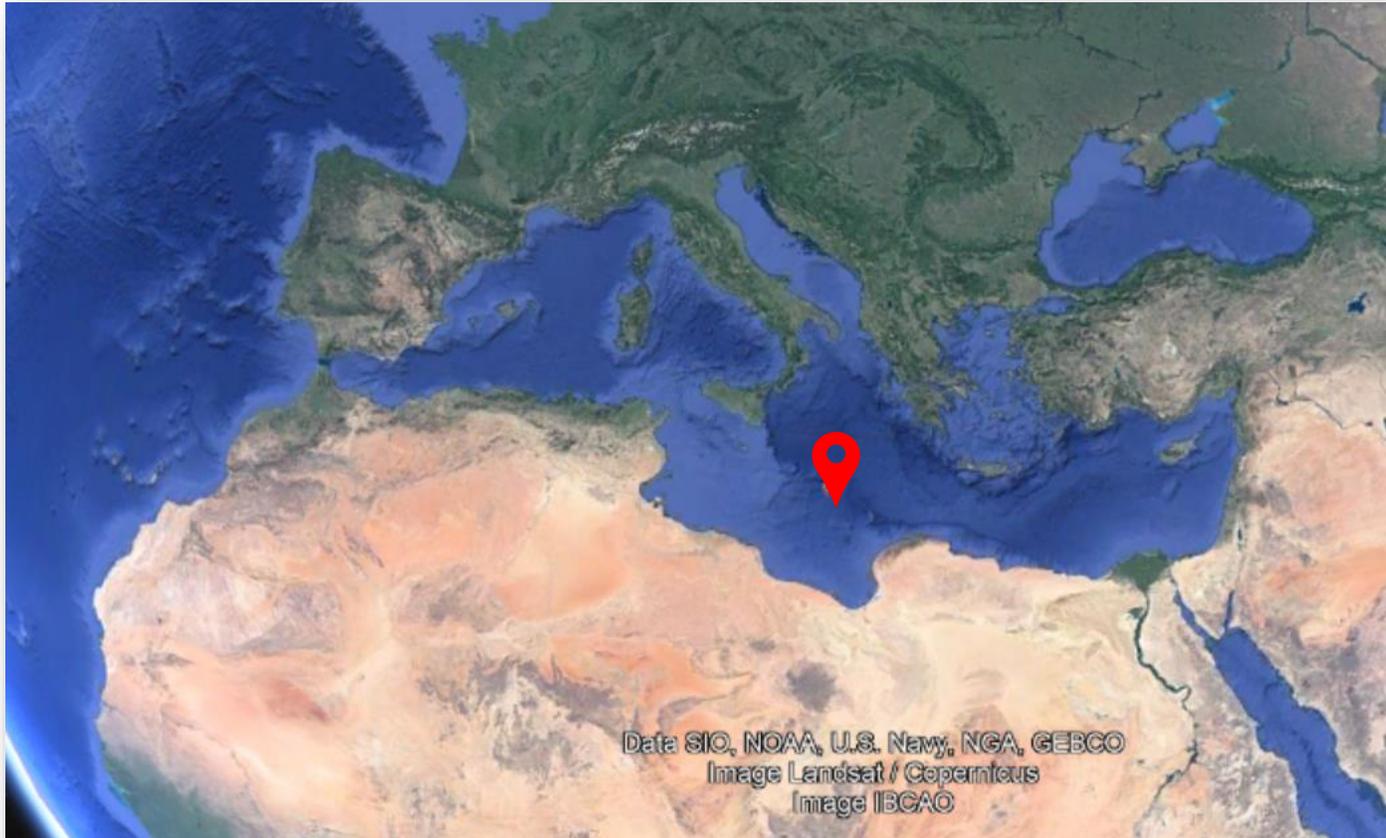
Anoxic sediments Organic carbon 1–15%
Oxic sediments Organic carbon <2.5%
 $U = 0.05\text{--}0.30\text{ mm yr}^{-1}$

Similar settings:
Baltic sea - Saanich Inlet
Lake Maracaibo

Mares restritos



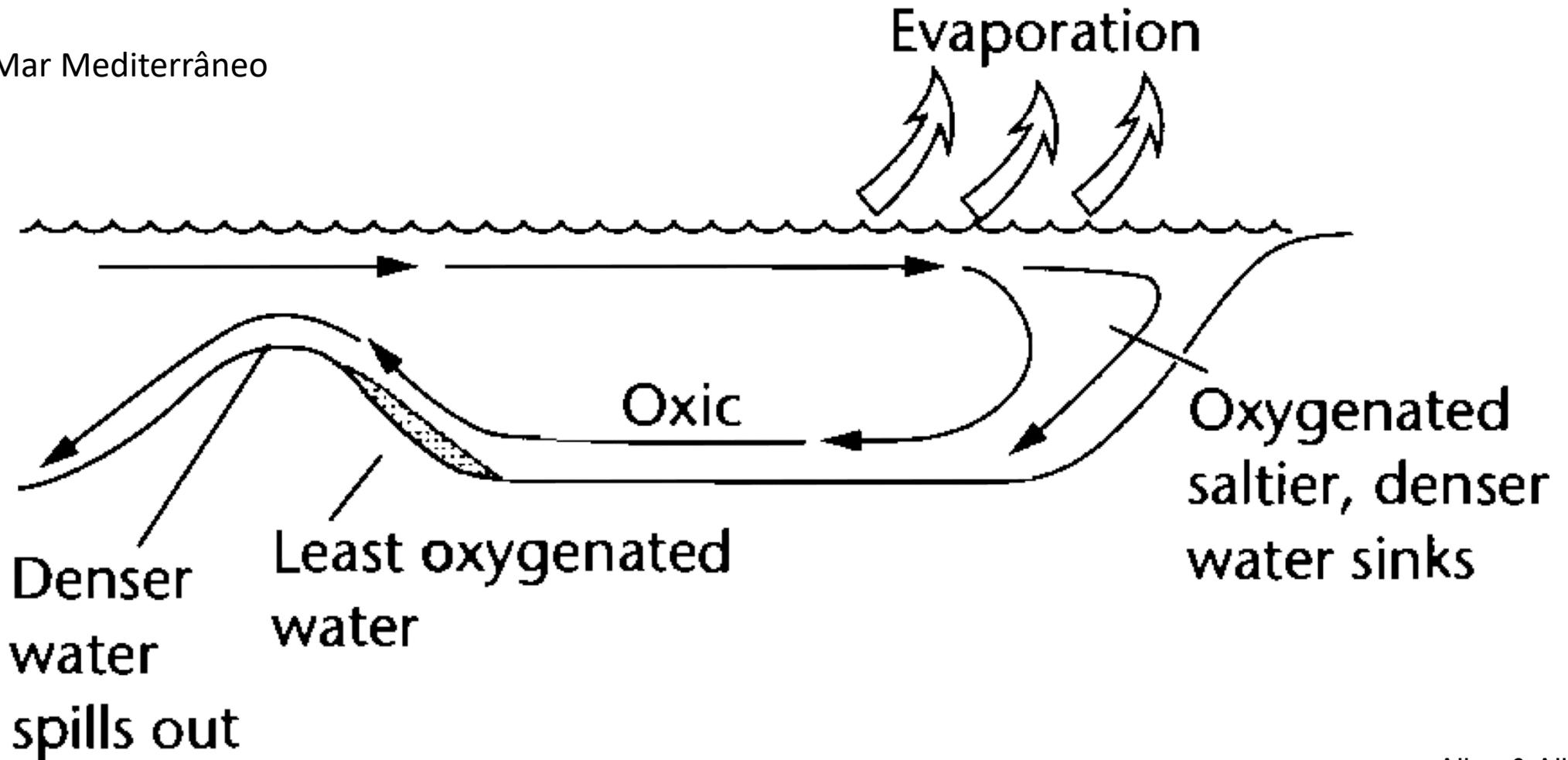
Mares restringidos



Mares restritos e circulação global

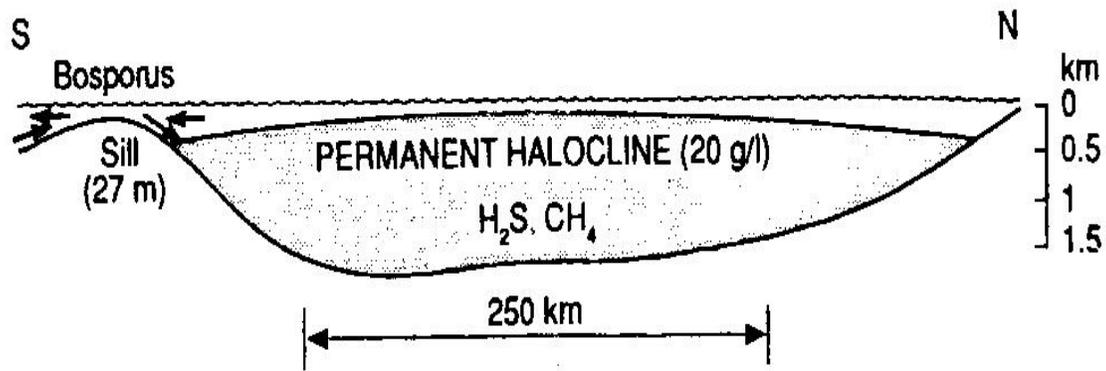
Balanço hídrico negativo e coluna d'água com mistura vertical (fundo oxigenado)

Ex. Mar Mediterrâneo



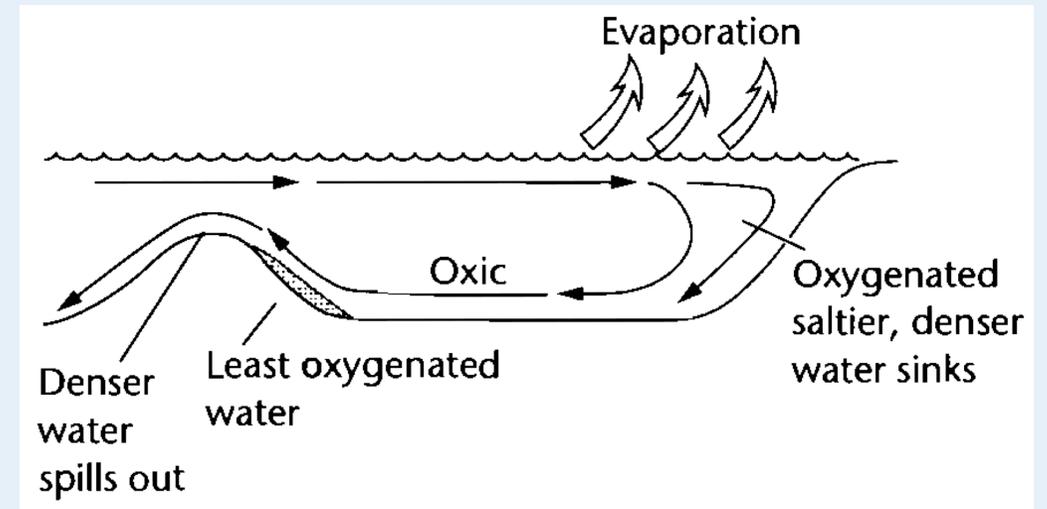
Mares restritos e circulação global

Mar Negro



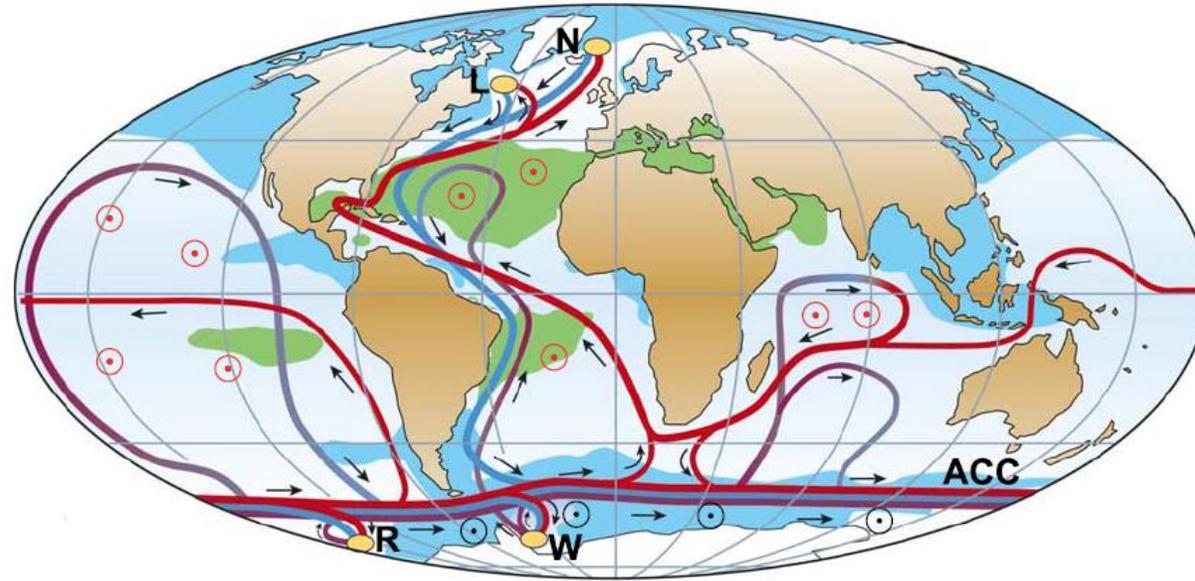
- ✓ Alta estratificação vertical
- ✓ Águas superficiais de baixa densidade (boiam)
- ✓ Baixa mistura
- ✓ Baixa [O₂] no fundo

Mar Mediterrâneo



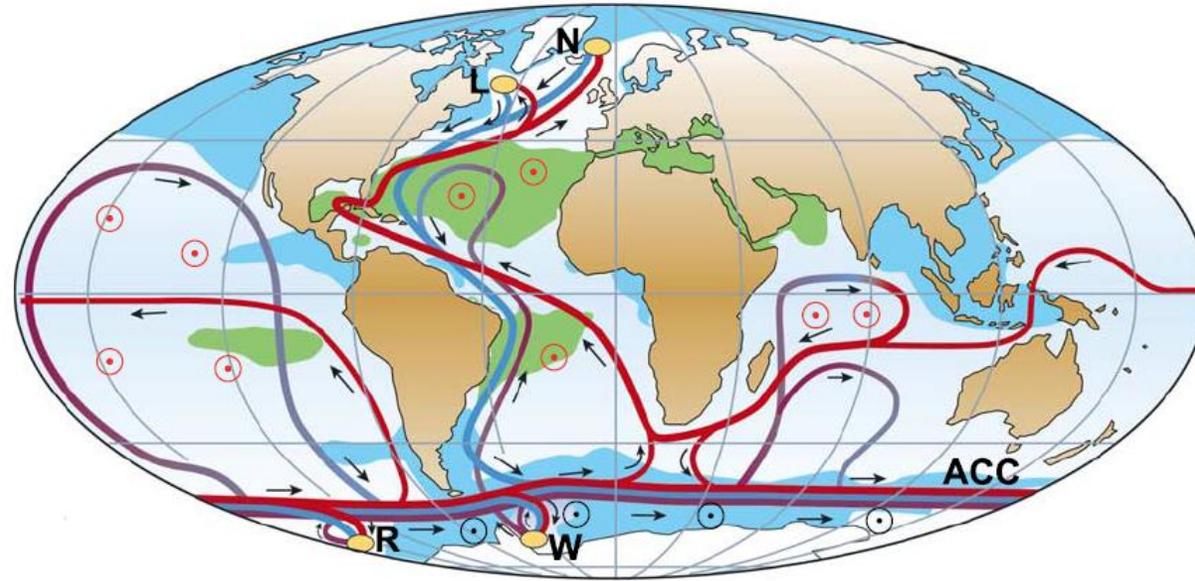
- ✓ Baixa estratificação vertical
- ✓ Águas superficiais de alta densidade (afundam)
- ✓ Alta mistura
- ✓ Alta [O₂] no fundo

Circulação global

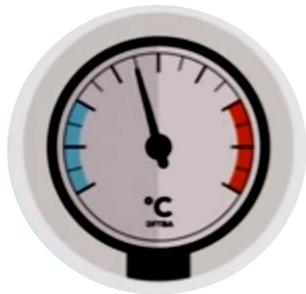


Kuhlbrodt et al. (2007)

Circulação global

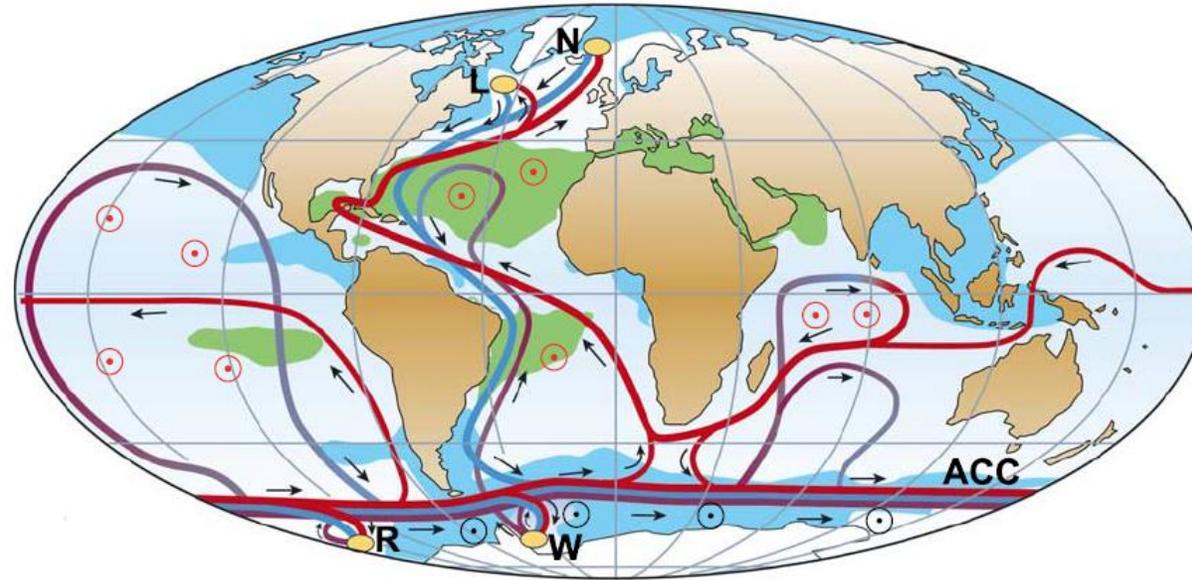


Kuhlbrodt et al. (2007)

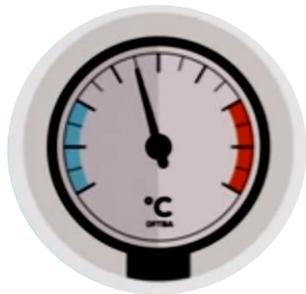


TERMO = temperatura

Circulação global



Kuhlbrodt et al. (2007)

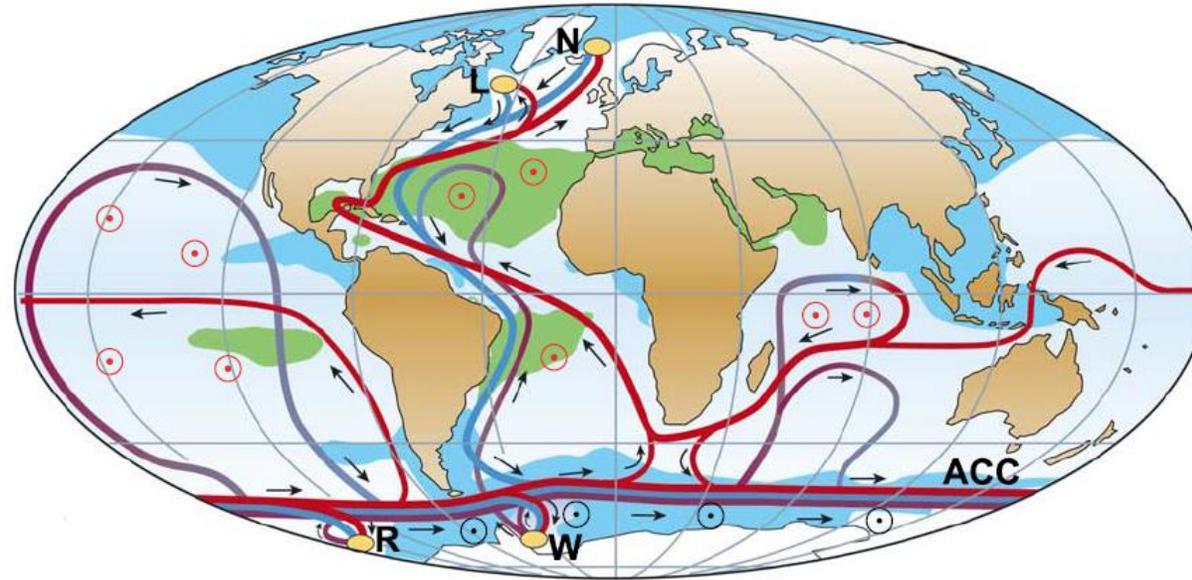


TERMO = temperatura

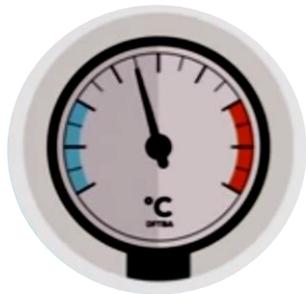


HALINA = salinidade

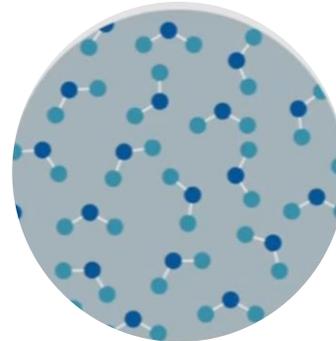
Circulação global



Kuhlbrodt et al. (2007)



TERMO = temperatura

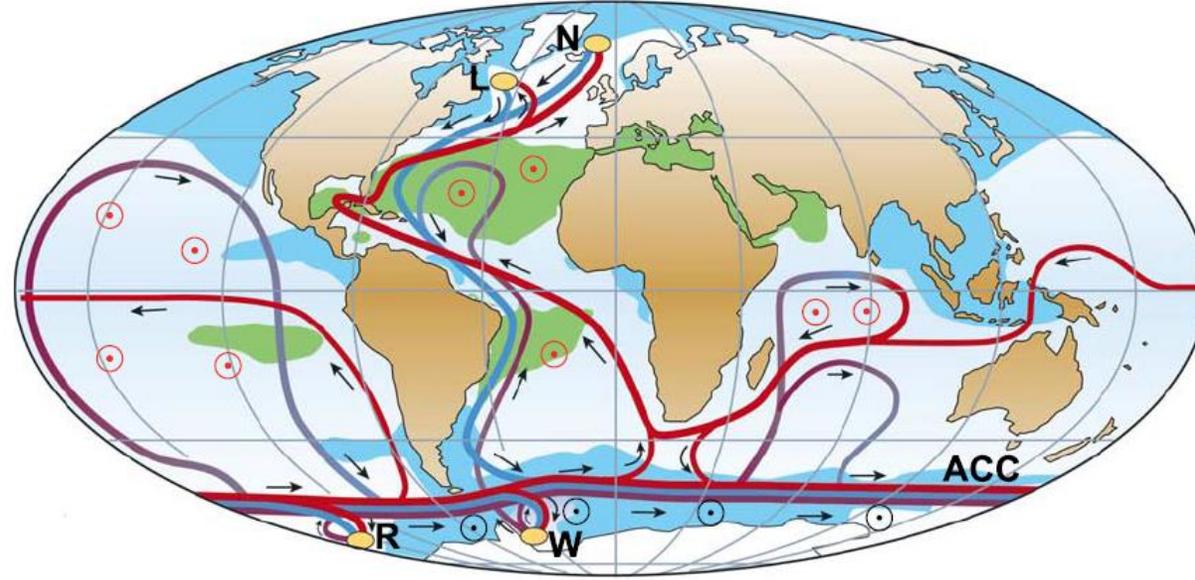


Densidade

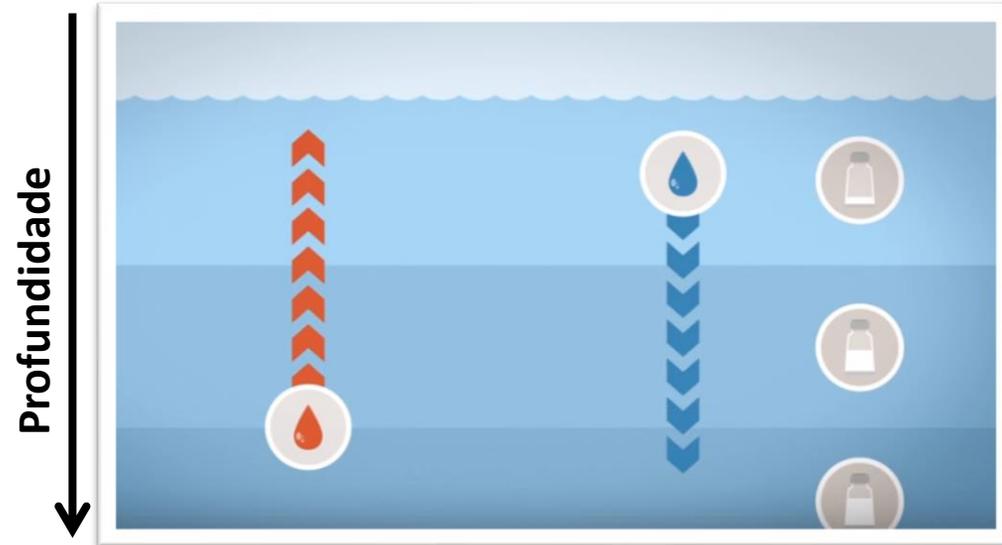


HALINA = salinidade

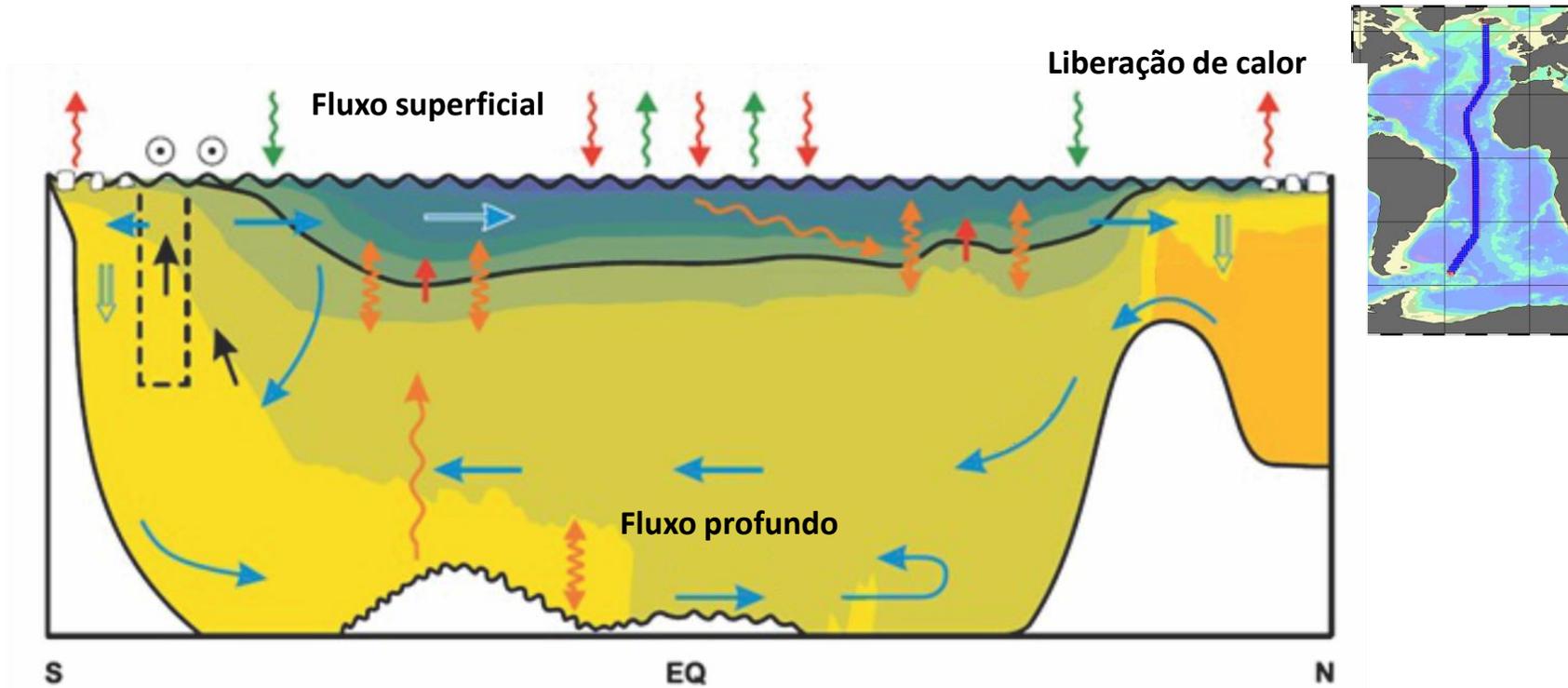
Circulação global



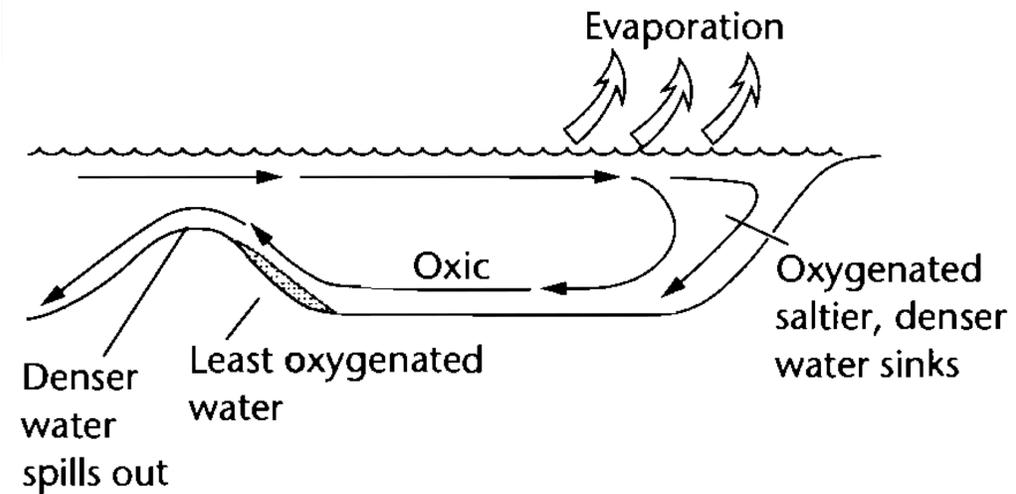
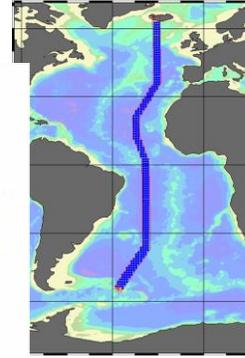
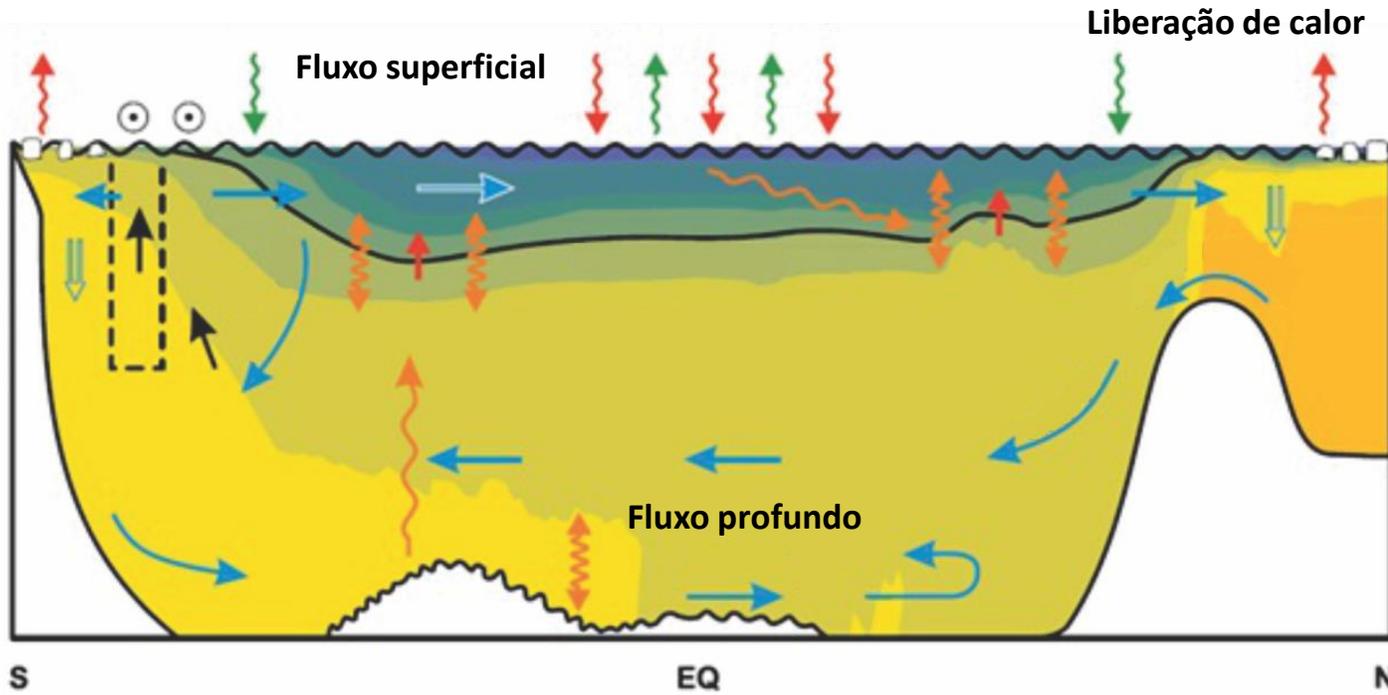
Kuhlbrodt et al. (2007)



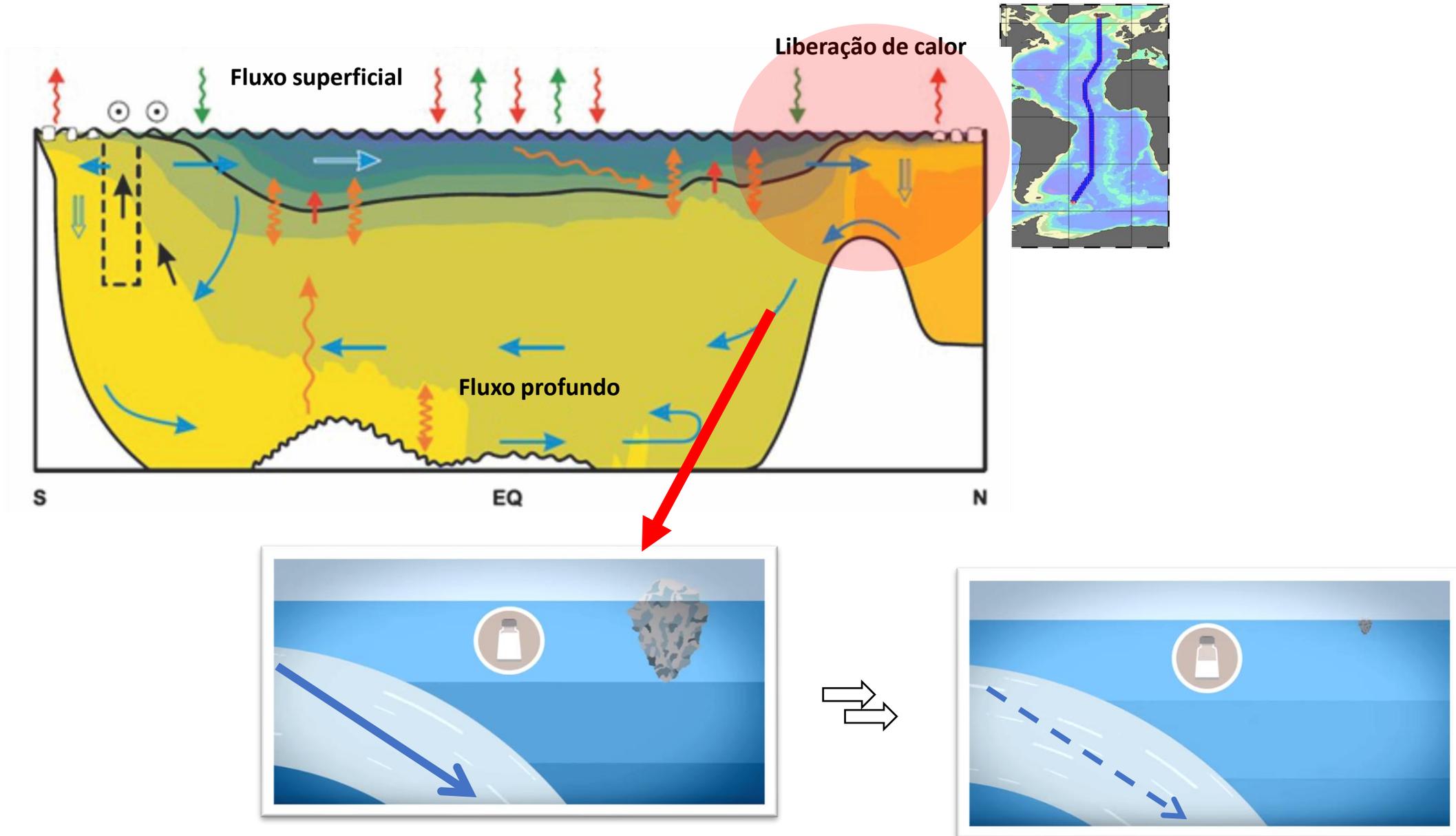
Circulação global



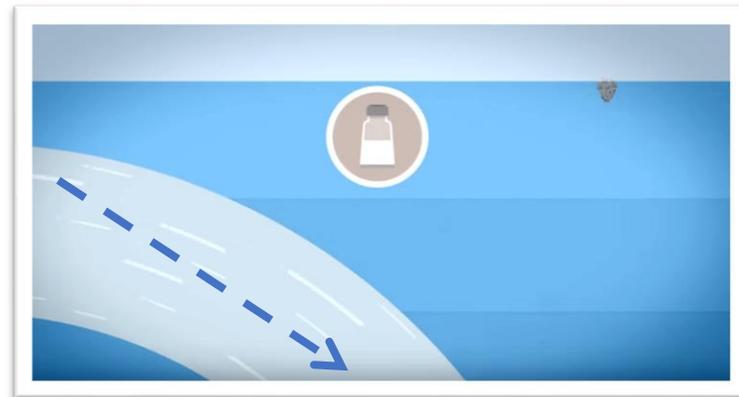
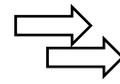
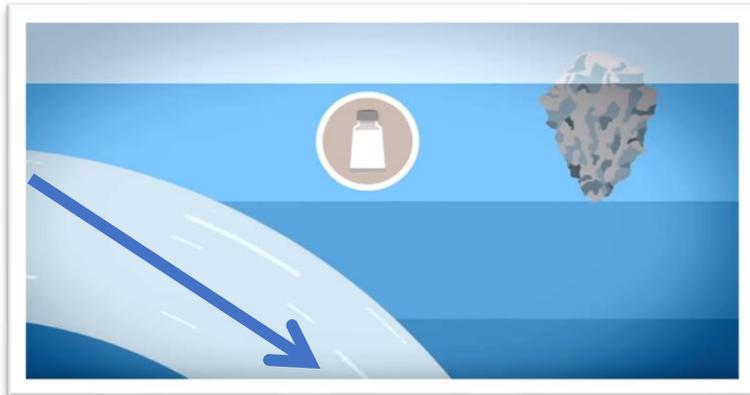
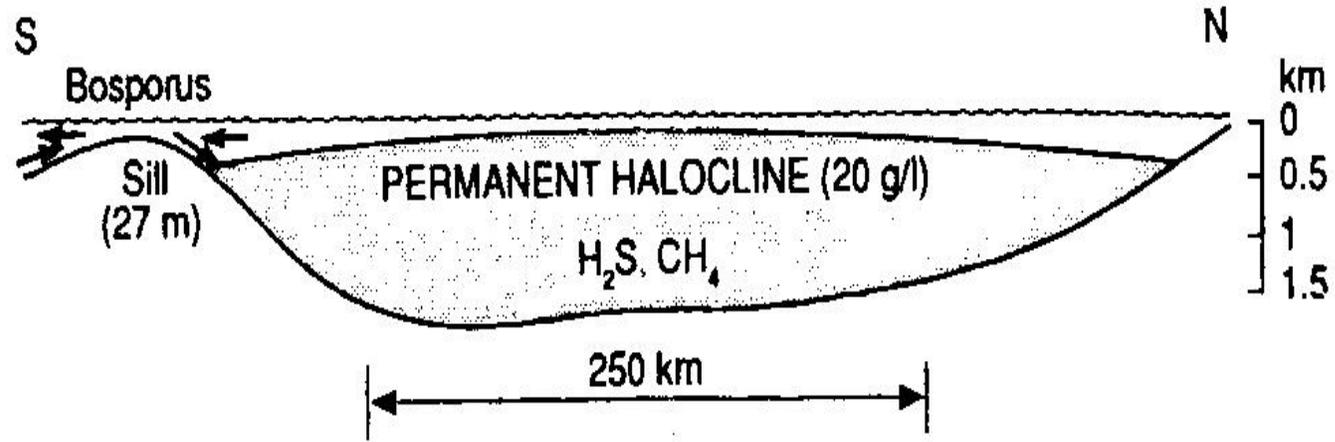
Circulação global



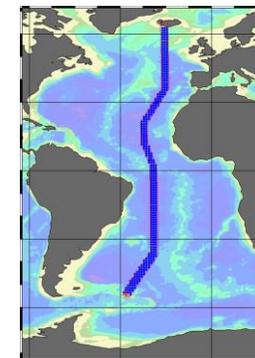
Circulação global



Circulação global

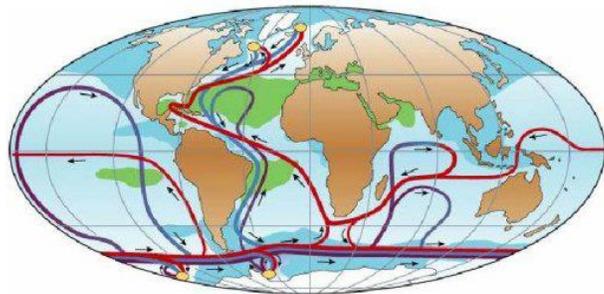


Circulação global

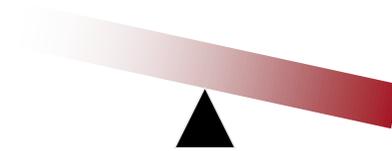
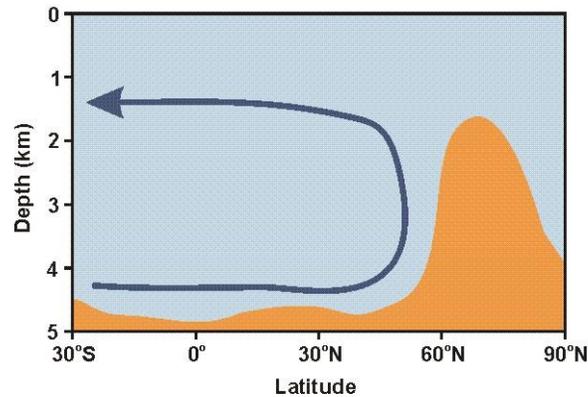
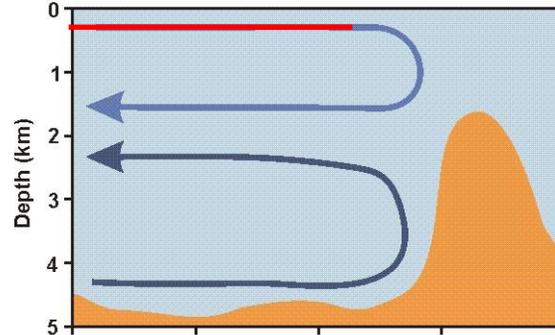
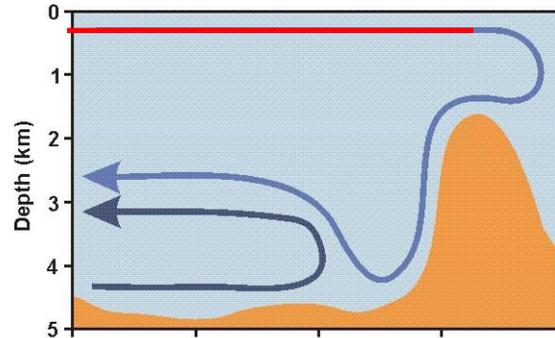


Circulação global

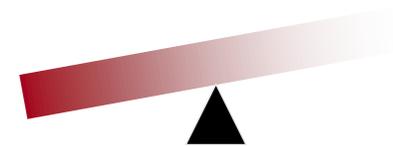
Termohalina forte
Interglacial/interestadial
Transporte de calor para HN



Termohalina *desligada*
Eventos Heinrich
Acumulo de calor no HS



A gangorra climática





Obrigada!!!