

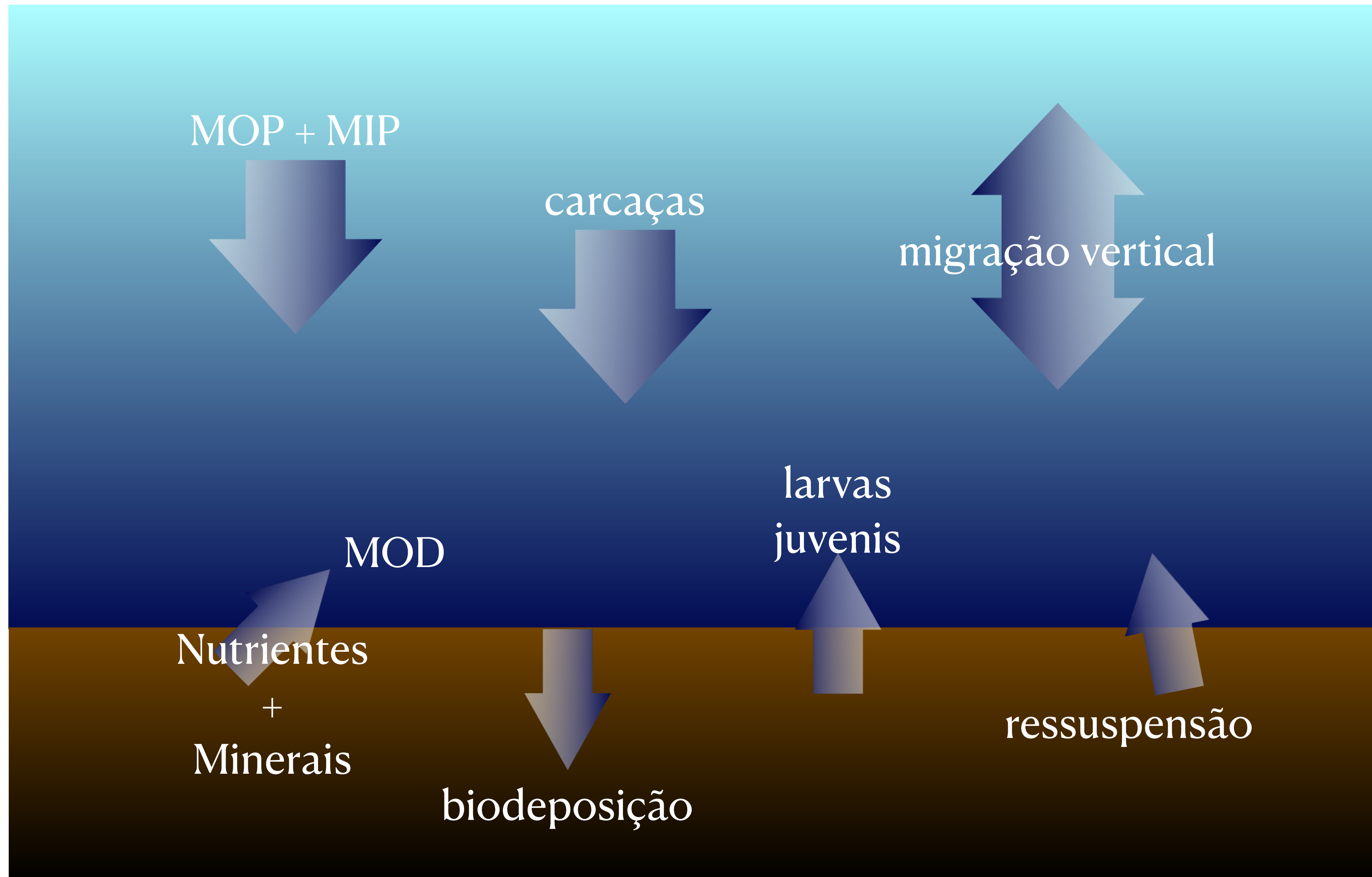
IOB-124 - Sistema Bentônico

Acoplamento bento-pelágico

Paulo Yukio Gomes Sumida

Definição

- O acoplamento entre os sistemas pelágico e bêntico consiste na troca de materiais entre os dois ambientes, sejam eles vivos ou não vivos, operando em múltiplas escalas temporais e espaciais
- afeta diretamente os ciclos biogeoquímicos
- importância fundamental para a ecologia dos organismos marinhos
- Exemplo de acoplamento do pelagial para o bentos: a quantidade de produção primária na coluna de água sobrejacente determina o metabolismo e a biomassa da biota bêntica



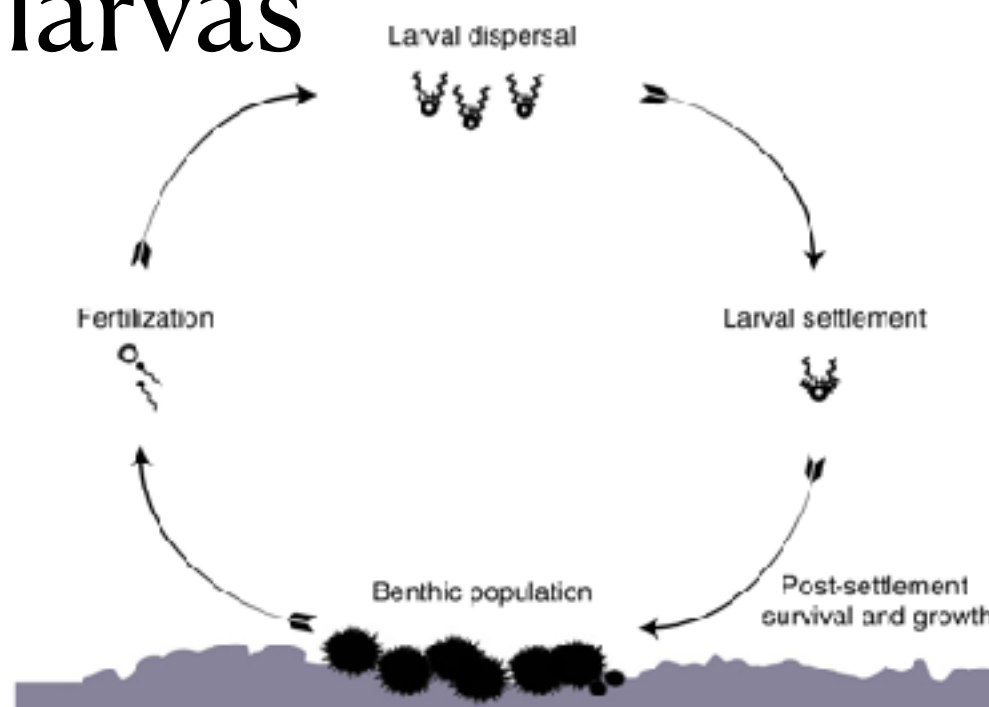
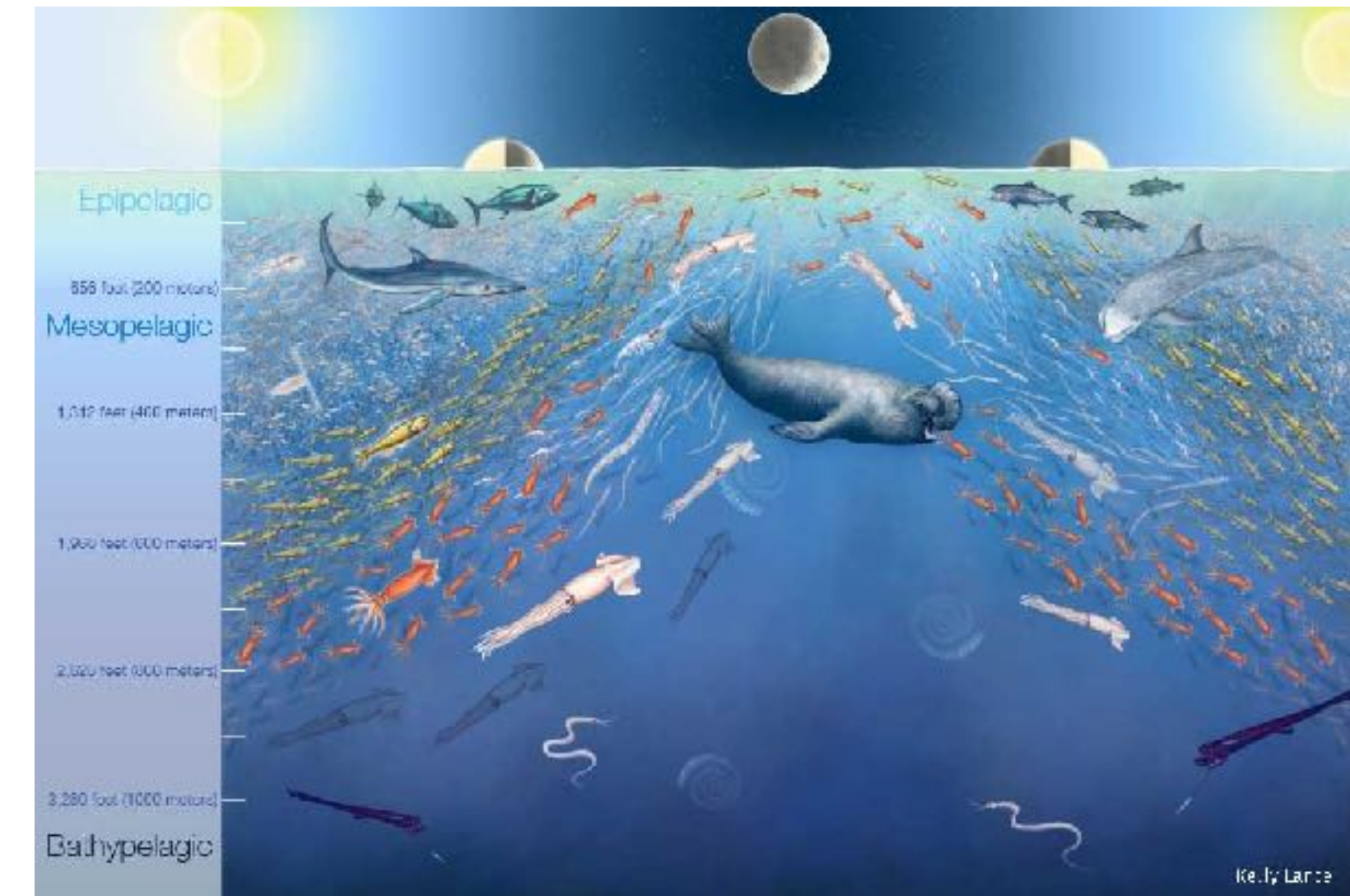
Por que o acoplamento bento-pelágico é importante?

Por que se importar???

- Em áreas de plataforma, 6-60% da produção primária líquida pode afundar para o leito marinho e esta pode ser a mais importante fonte de nutrientes para a coluna d'água
- 40% da captura da pesca mundial e a maioria da biomassa de ecossistemas costeiros (e.g., suspensívoros, peixes, mamíferos marinhos que se alimentam do sedimento) é composto por espécies dependentes do acoplamento bento-pelágico
- Abaixo da zona eufótica (i.e., o mar profundo), virtualmente toda a produção bêntica e a estrutura e dinâmica de suas comunidades dependem do fluxo de material orgânico do pelagial
- Ecossistemas bênticos fornecem uma visão integrada dos processos da coluna de água sobrejacente

Movimentos ativos

- *migrações verticais diárias*
 - velocidades de subida: até 300 m h^{-1} (peixes e camarões)
 - $25 \text{ tons km}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ de 250 m à superfície
 - 10^9 tons em todo o oceano
- *movimentos ontogenéticos*
 - plâncton-bentos - e.g., decantamento; liberação de ovos e larvas
 - bentos-plâncton - e.g., pólipos que liberam medusas; gametas, ovos e larvas



Estudo de caso: pós-larvas de ofiuróides no Atlântico NE

Lampitt, Sumida & Perez-Castillo

Limnol. Oceanogr., 47(2), 2002, 571–575
© 2002, by the American Society of Limnology and Oceanography, Inc.

Ophiuroid growth within deep-sea sediment traps: A problem for carbon flux measurements at continental margins

Richard S. Lampitt
Southampton Oceanography Centre
Empress Dock
Southampton SO14 3ZH, Great Britain

Paulo Y. G. Sumida
Southampton Oceanography Centre
Empress Dock
Southampton SO14 3ZH, Great Britain;
Instituto Oceanográfico
Universidade de São Paulo CEP-05508-900
São Paulo-SP, Brazil

Fernando Pérez-Castillo
School of Ocean Sciences
University of Wales–Bangor,
Menai Bridge, Gwynedd LL59 5EY, Great Britain

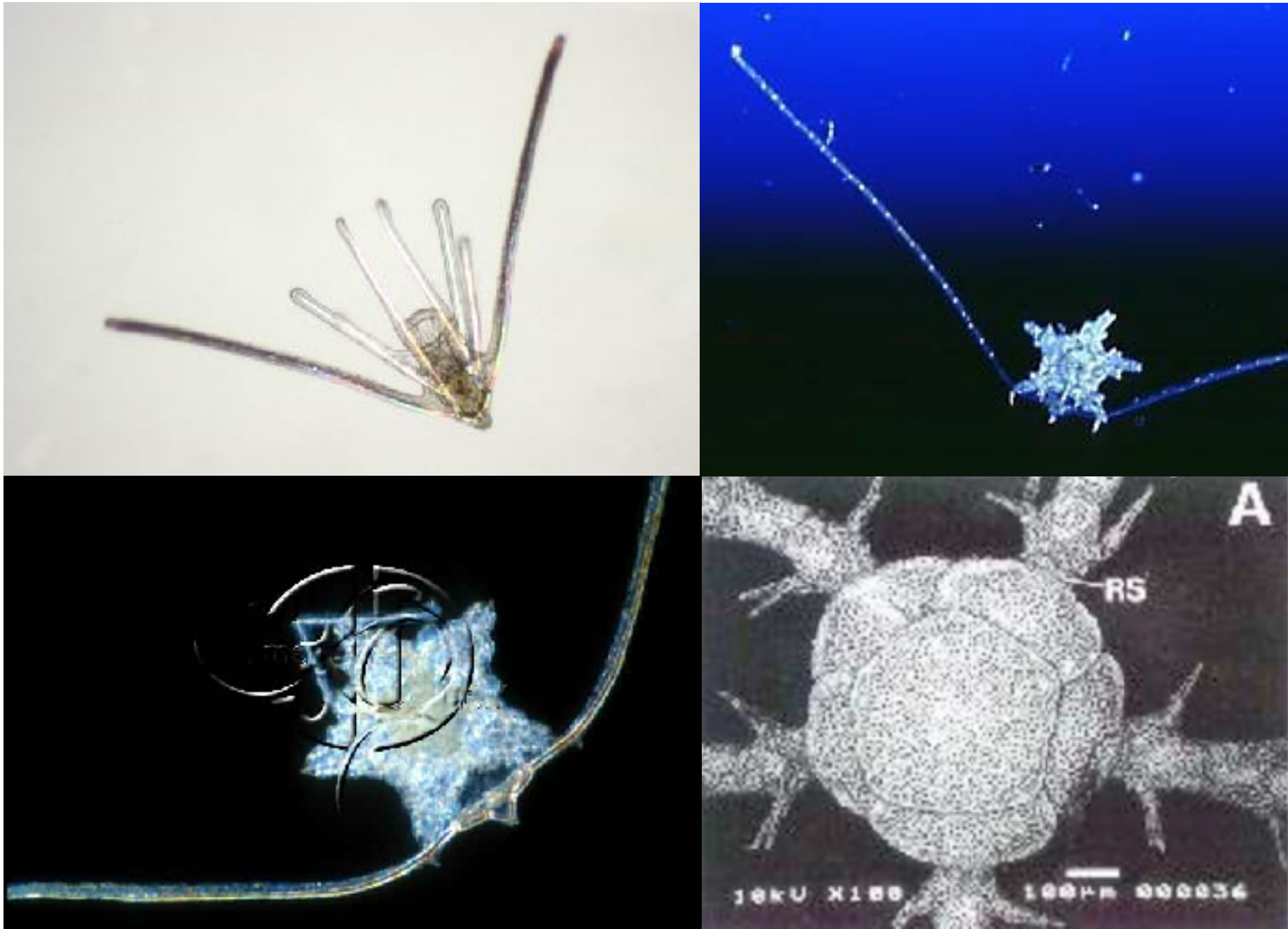


Table 1. Percentage of the daily POC flux represented by ophiuroids at 1,000 and 1,400 m. DD, disk diameter; ND, no data.

Open date	POC Flux mg m ⁻² day ⁻¹	No. specimens collected	Mean DD (mm, ±SD)	% POC flux of ophiuroids
1,000 m				
23 Apr	7.86	0	0	0
28 Apr	7.85	0	0	0
5 May	7.88	0	0	0
12 May	9.37	0	0	0
19 May	10.78	4	0.66±0.06	0.07
26 May	10.52	195	0.99±0.18	6.59
2 Jun	3.75	64	1.10±0.13	7.32
9 Jun	9.79	35	1.13±0.13	1.61
16 Jun	3.56	22	1.17±0.16	3.02
23 Jun	5.84	57	1.21±0.13	5.09
30 Jun	3.11	6	1.34±0.15	1.26
7 Jul	5.52	48	1.31±0.16	5.51
14 Jul	5.74	11	1.42±0.20	1.50
21 Jul	ND	0	0	ND
28 Jul	ND	11	1.60±0.10	ND
1,400 m				
23 Apr	9.61	0	0	0
28 Apr	9.94	0	0	0
5 May	5.94	0	0	0
12 May	13.22	0	0	0
19 May	6.58	345	0.69±0.08	10.60
26 May	8.07	1,156	0.70±0.09	29.36
2 Jun	5.82	84	0.78±0.09	3.43
9 Jun	3.45	0	0	0
16 Jun	3.21	2	0.96±0.15	0.20
23 Jun	7.8	1	0.68	0.02
30 Jun	8.85	0	0	0
7 Jul	3.94	0	0	0
14 Jul	6.32	4	1.33±0.22	0.42
21 Jul	2.35	5	1.19±0.20	1.08
28 Jul	ND	10	1.21±0.24	ND

Estudo de caso: pós-larvas de ofiuróides no Atlântico NE

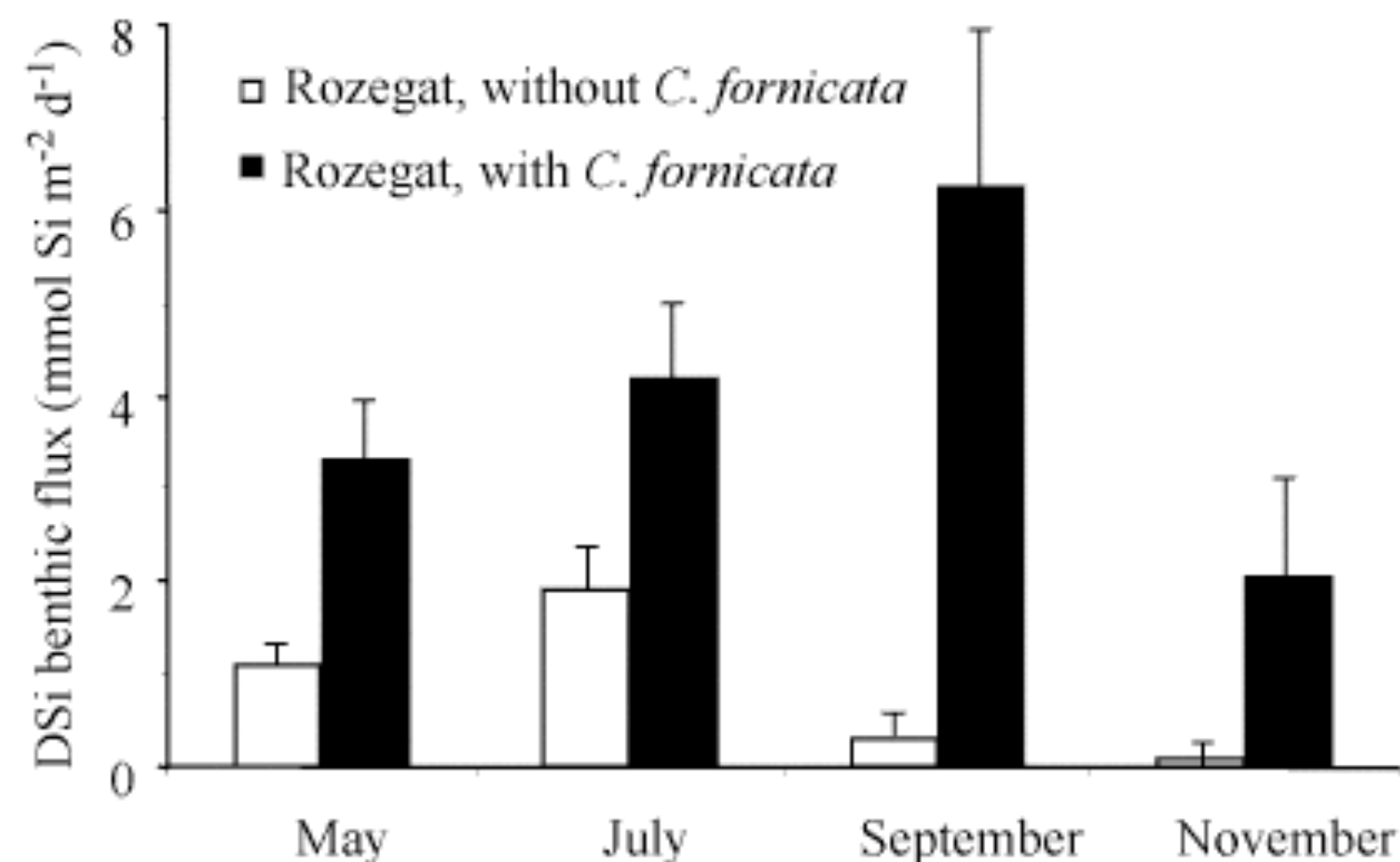
- larvas de invertebrados bênticos são produzidas aos milhões e podem permanecer meses no plâncton
- mortalidade no plâncton pode chegar a 99%
- Indivíduos adultos de *Ophiecten gracilis* vivem idealmente em profundidades entre 800 e 1200 m, mas suas pós-larvas podem espalhar-se em locais mais rasos (150 m) e mais profundos (> 4000 m). Nestas áreas não sobrevive até a vida adulta
- Pós-larvas de *Ophiecten gracilis* podem representar quase 30% do fluxo de carbono medido nestas áreas do Atlântico NE em determinados períodos
- A dinâmica entre os domínios bêntico e pelágico constitui uma importante relação não apenas para a troca de carbono orgânico, mas também para a ecologia e história de vida dos organismos marinhos

Processos passivos

- *ressuspensão em larga escala*
 - tempestades, marés de grande amplitude, origem antrópica
 - arrastos e dragagens podem reduzir efluxo de nutrientes em até 25% nos casos em que depositívoros e suspensívoros são removidos
- *> ressuspensão*
 - disponibilização de microfitobentos (MFB) para o plâncton em sistemas costeiros
 - > disponibilização de nutrientes - benefícios para microalgas planctônicas (ressuspensão natural - sem remoção de depositívoros e suspensívoros)
 - < penetração de luz - efeitos adversos para o MFB

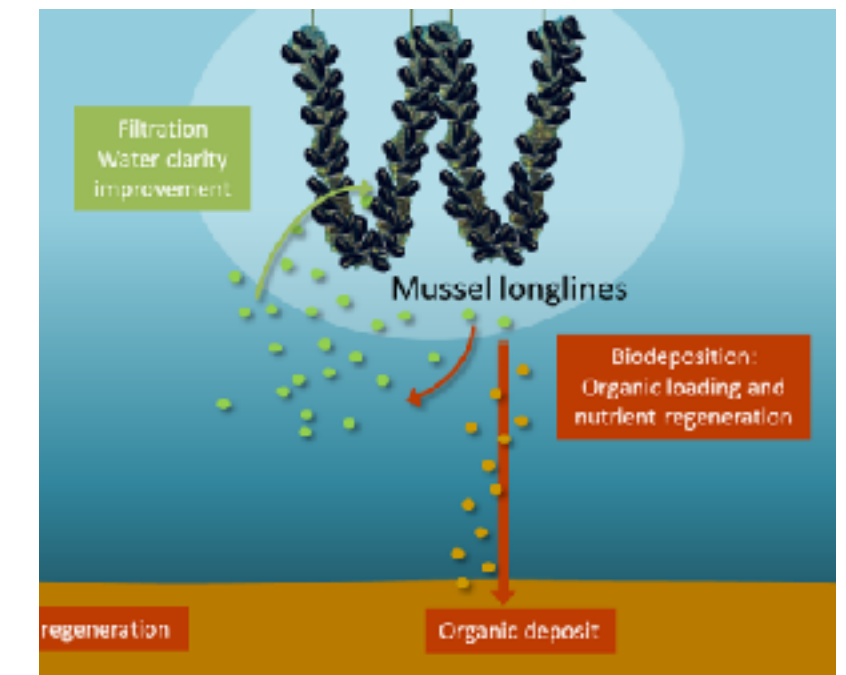
Remineralização

- O sistema bêntico atua como um grande remineralizador de material orgânico, disponibilizando nutrientes para o sistema pelágico
- a remineralização é mais dependente do N do que do C. NOP é degradado 2-3 vezes mais rápido do que o COP - resposta depende da qualidade e não apenas da quantidade
- água intersticial é rica em MOD e nutrientes - concentrações superiores às da água sobrejacente
- Além da diferença de concentração, o efluxo de nutrientes do sedimento é potencializado pelas atividades de bombeamento ativo da fauna bêntica
- o acoplamento entre o bentos e o plâncton é mais intenso em locais mais rasos e em condições de coluna d'água bem misturada. Em condições de estratificação, há um desacoplamento e apenas uma tendência de sedimentação



A presença do molusco gastrópode *Crepidula fornicata* acelera os fluxos bênticos de sílica dissolvida na Baía de Brest, na França

Biodeposição



- a biodeposição, i.e., a deposição de fezes por organismos suspensívoros, também constitui-se num importante fluxo de material orgânico do sistema pelágico para o bêntico

- Ex.: bivalve *Mya arenaria*



- Produção = $15 \text{ g C m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$
- razão P/C (produção/consumo) = 15%, ou seja, 15% do que é consumida transforma-se em biomassa
- significa um consumo = $100 \text{ g C m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$
- sedimentação local = $40\text{-}60 \text{ g C m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$
- essa taxa de sedimentação não é suficiente para explicar uma única espécie da macrofauna
- tais animais aceleram ou aumentam a disponibilidade de MO no sedimento

Aporte de MO para o bentos

- Chegada de MO causa a subida da camada de descontinuidade redox (até 1 cm por dia)
- Isso causa um aumento na liberação de nutrientes do sedimento
- A descida da camada redox pode causar a liberação de metais pesados antes estabilizados como sulfetos não dissolvidos. Estudos indicam que no Mar do Norte, onde o conteúdo de cádmio é altíssimo, o decréscimo de 1 cm na camada redox poderia causar o envenenamento total da água de fundo

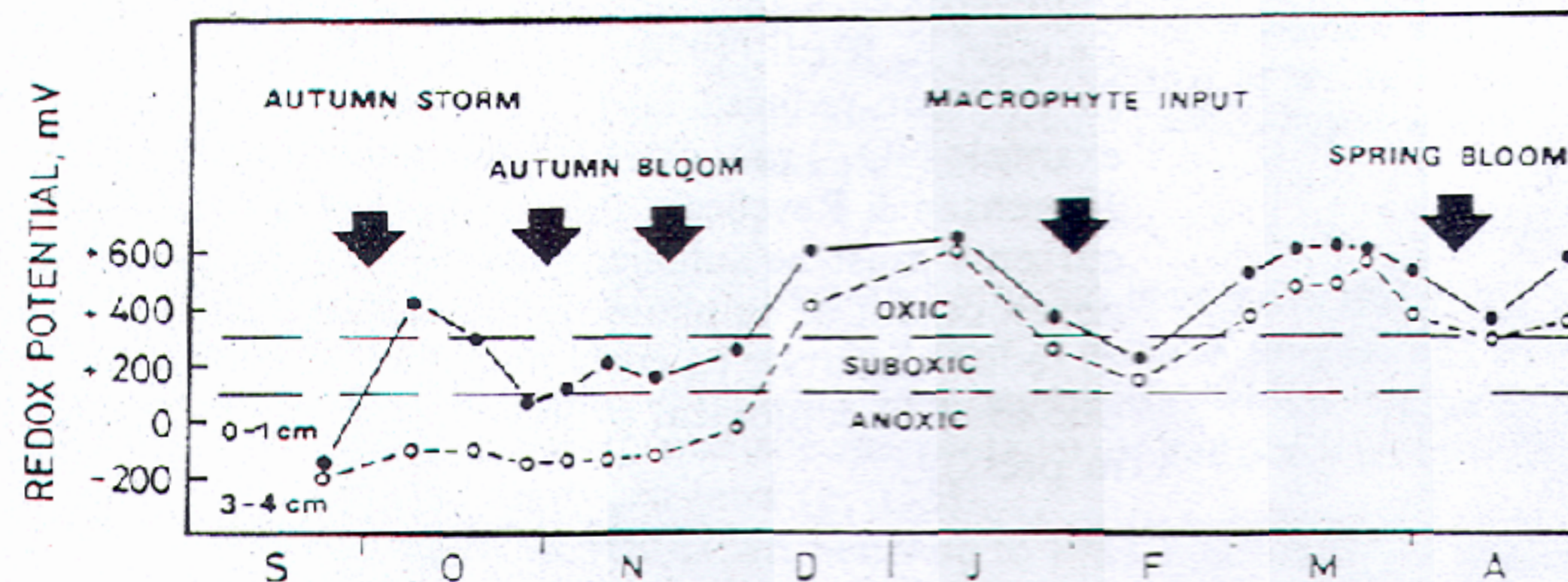


Fig 21. — During a field study in Kiel Bight, Boknis Eck. (18-m water depth) redox potential responded to an autumn storm and to three different sedimentation events. In a period of 8 months the geochemical milieu in the top cm of the sediment changed seven times between the anoxic, suboxic and oxic conditions. Redrawn after Graf *et al.* (1983).

Aporte de MO para o bentos: respostas fisiológicas

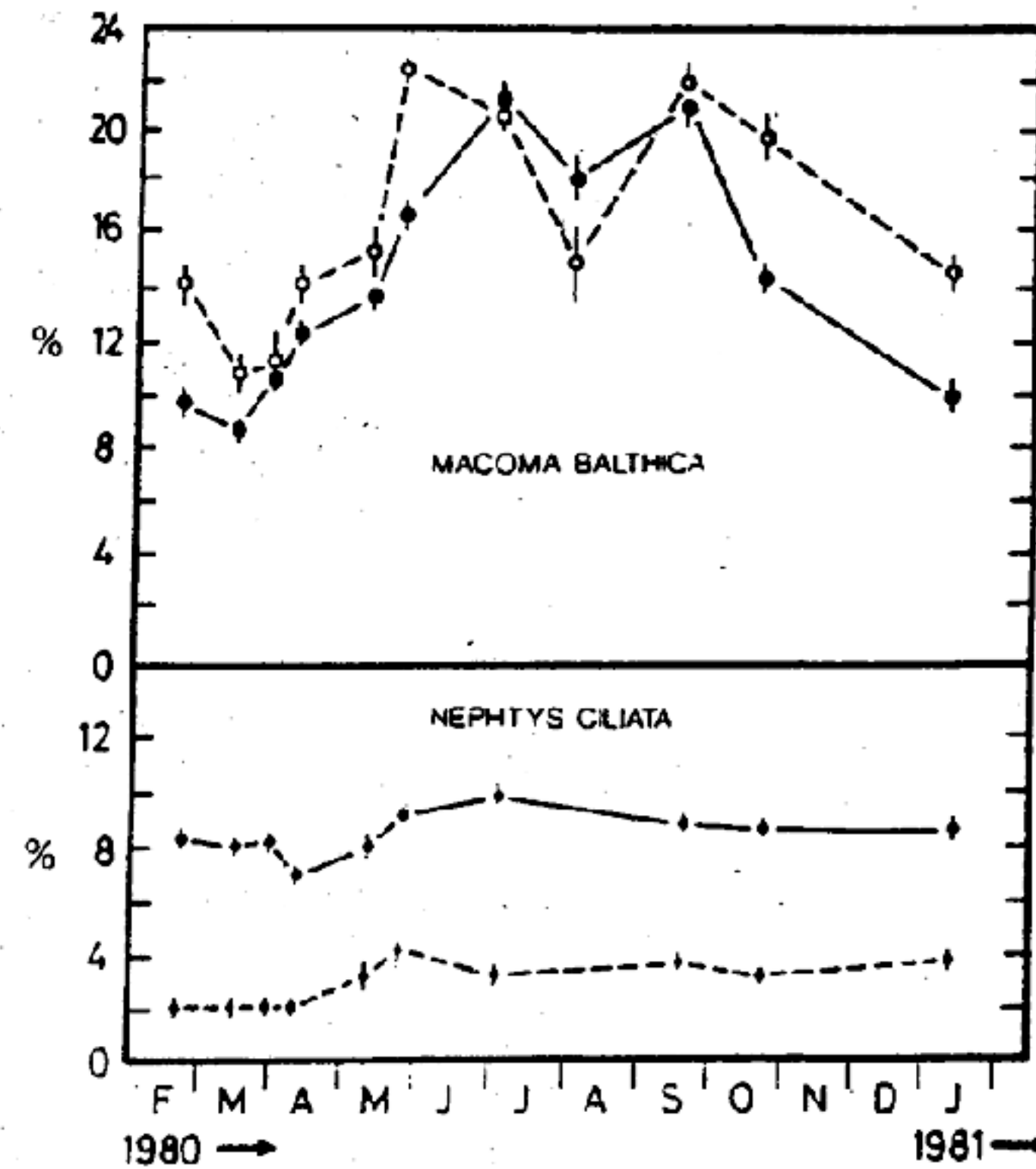
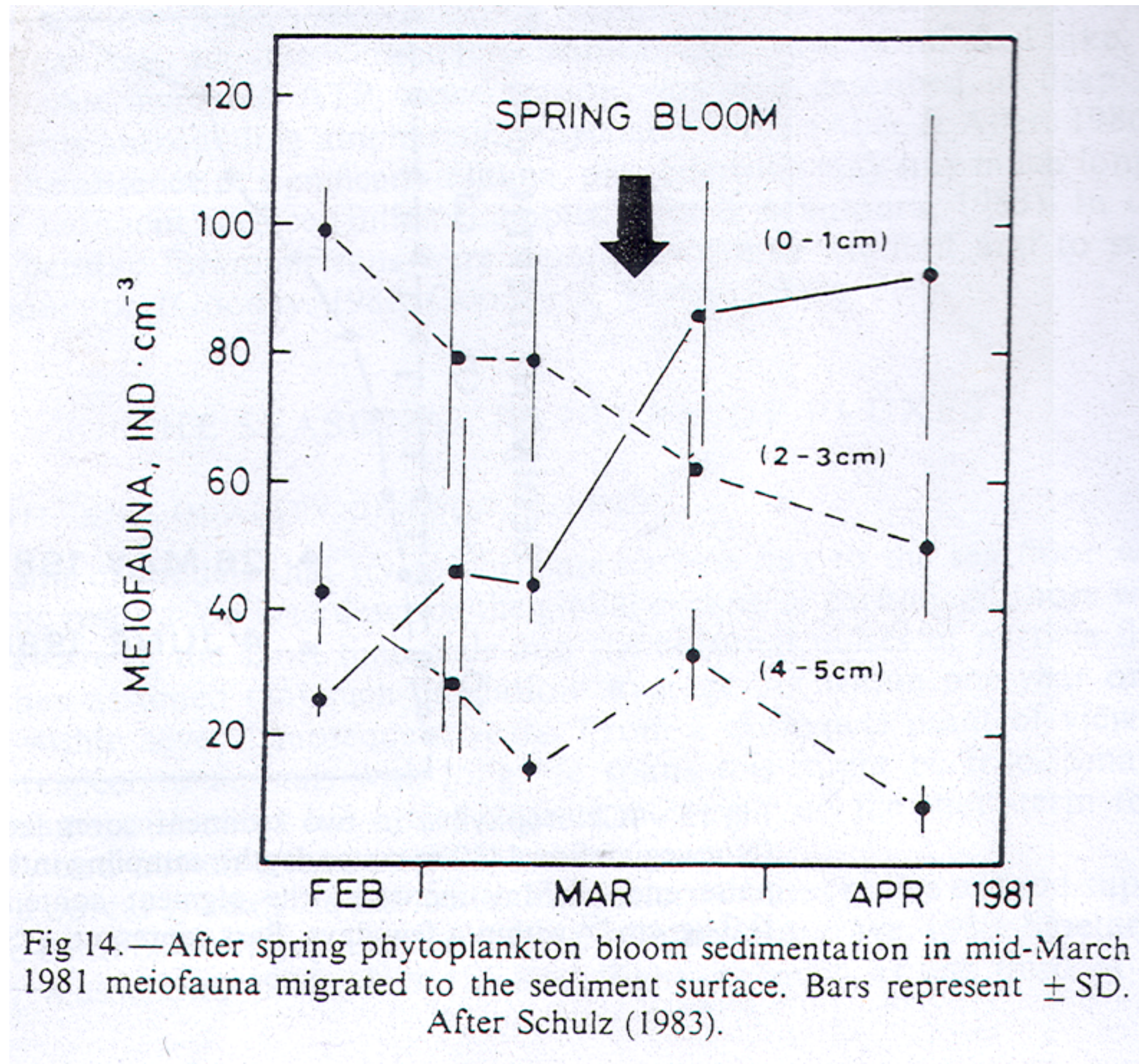


Fig 13.—Glycogen (○) and lipid (●) content of *Macoma balthica* and *Nephtys ciliata* from Boknis Eck (western Kiel Bight) during 1981. While *Macoma balthica* builds up glycogen and lipid reserves in late March concomitant with the settling spring phytoplankton bloom, this response was less evident and delayed for the predator *Nephtys ciliata*. Bars represent $\pm$ SD. Redrawn after Graf *et al.* (1982).

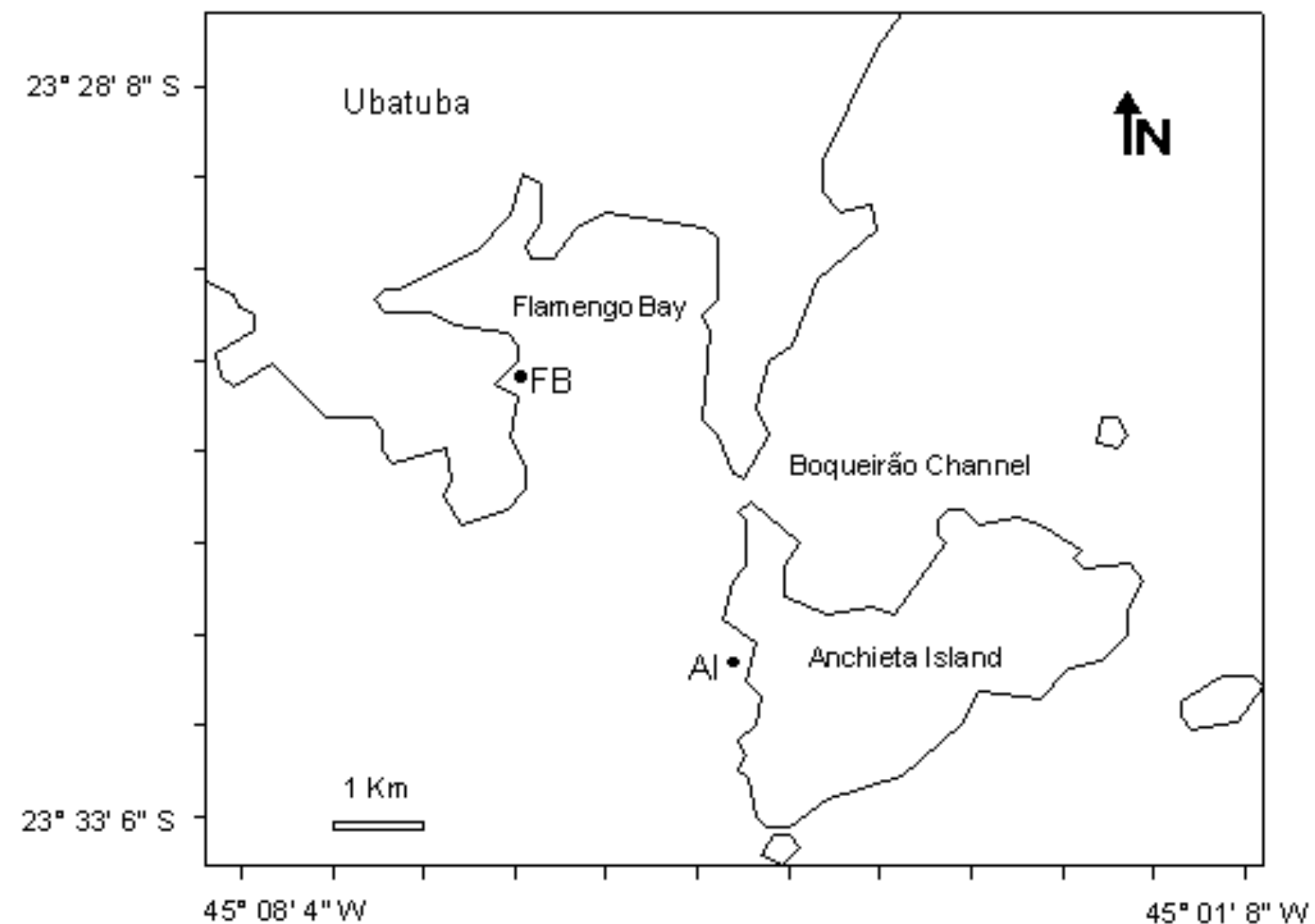
Aporte de MO para o bentos: respostas comportamentais



Meiofauna migra para a superfície com a chegada do alimento!!!

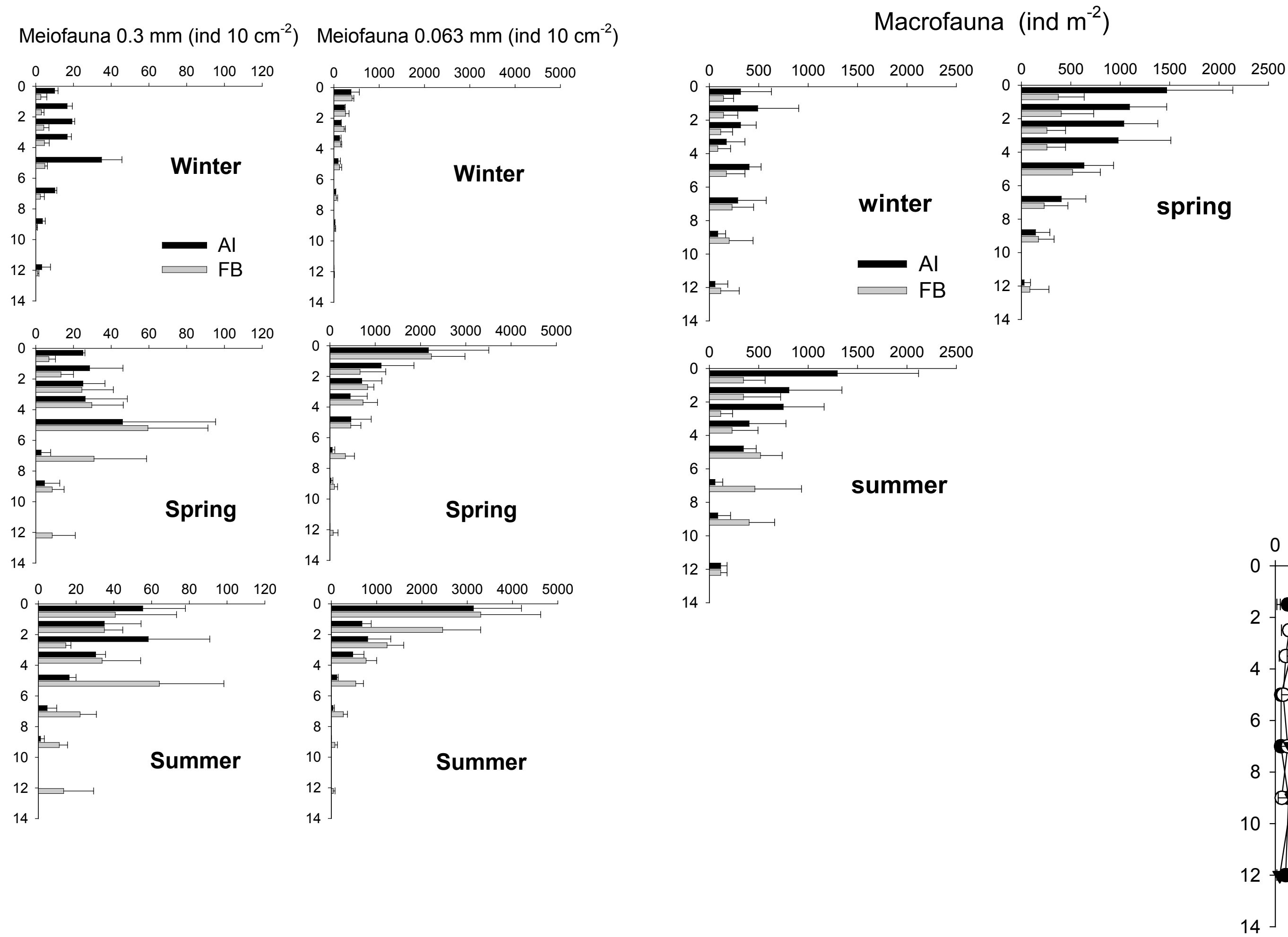
Estudo de caso: infralitoral raso de Ubatuba

Quintana, Sumida, et al.



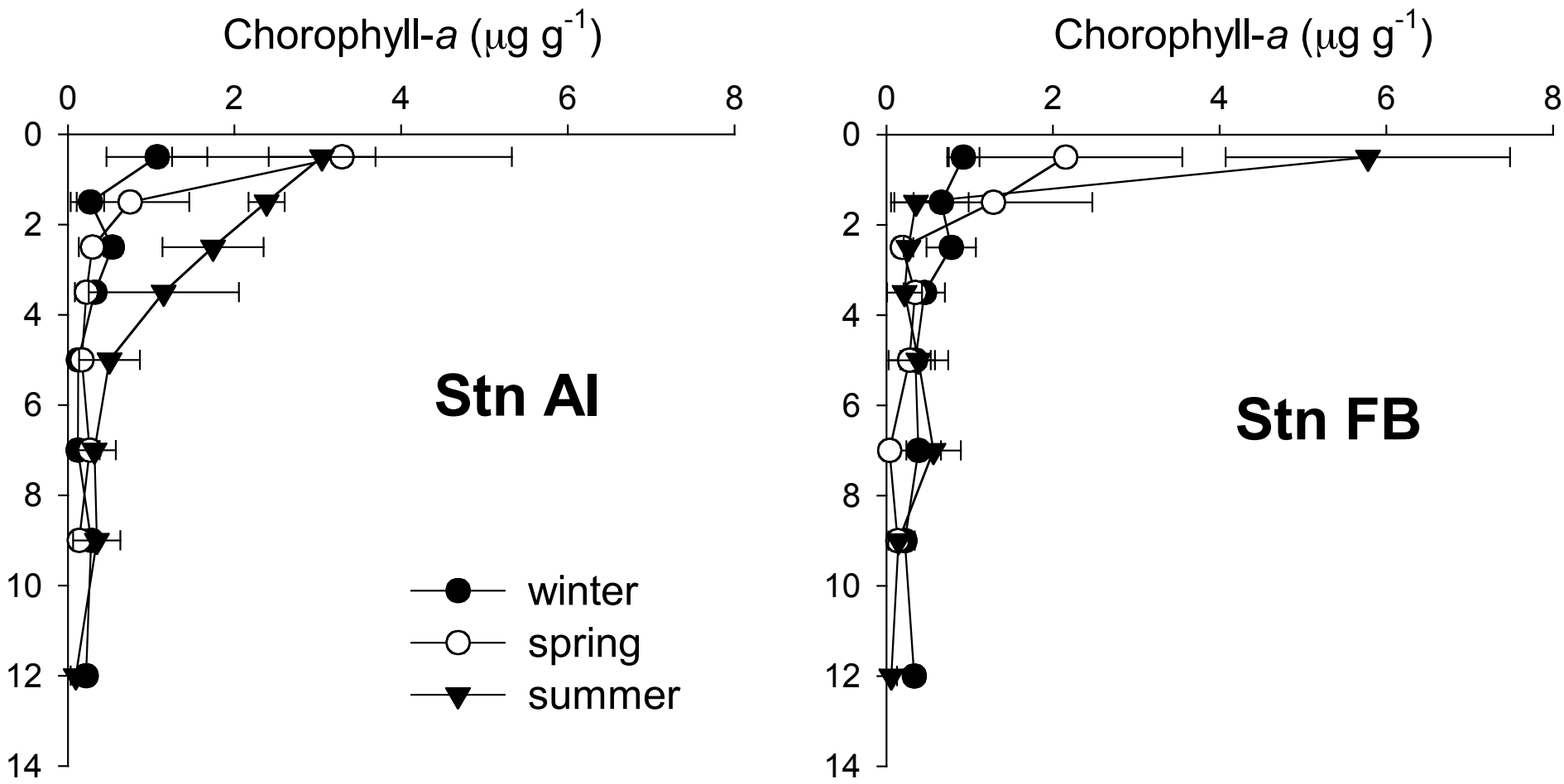
- Enseada do Flamengo - abrigada de frentes frias
- Litoral oeste da Ilha Anchieta - recebe ondulações de S-SO

Estudo de caso: infralitoral raso de Ubatuba



Macro- e meiofauna respondem positivamente à chegada de alimento

No inverno, parte da fauna é ressuspensa pela influência da passagem de frentes frias na dinâmica costeira



Clorofila no sedimento - alta no verão e baixa no inverno

Estudo de caso: ressurgência de Cabo Frio

Sumida & Yoshinaga

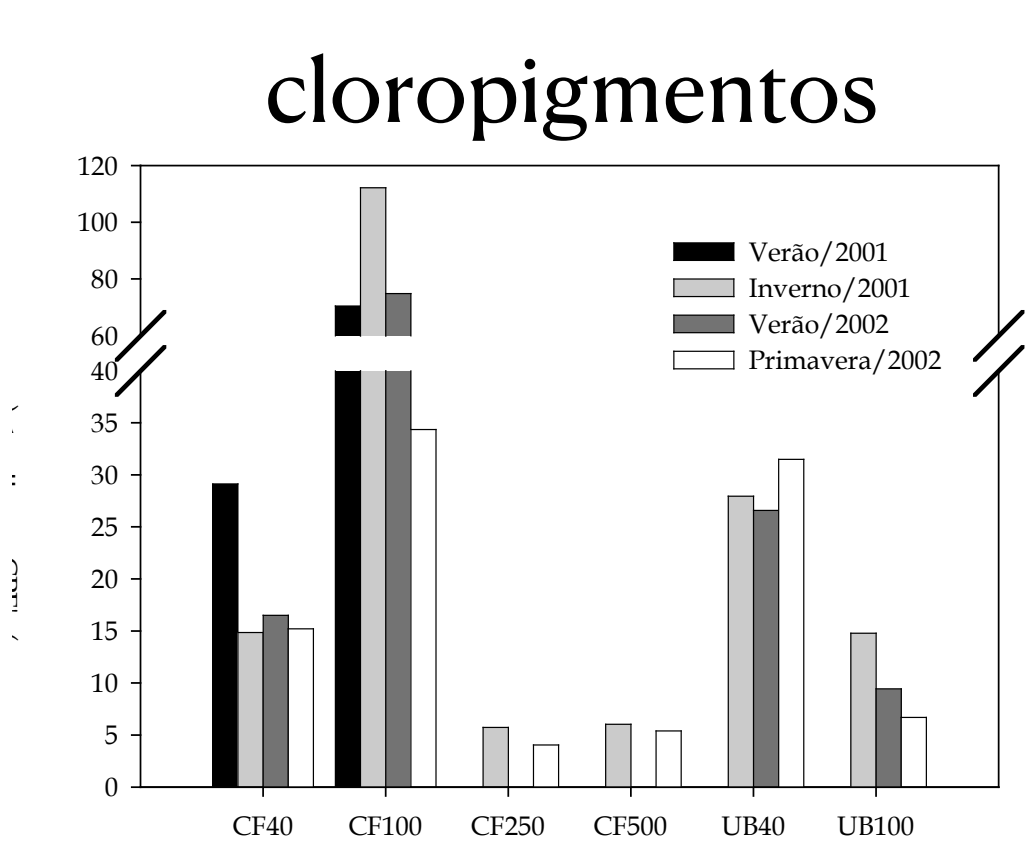


Figura 11. Valores integrados de CPE's ($\mu\text{g g}^{-1}$), fitopigmentos sedimentares totais (soma de clorofila-a e feopigmentos), para os 10 cm superficiais do sedimento durante 4 períodos estudados de 2001 a 2002 em Cabo Frio (CF) e Ubatuba (UB). 40, 100, 250 e 500 são as profundidades locais em metros. Notar que no verão de 2001 apenas as estações rasas de Cabo Frio (CF40 e CF100) foram amostradas e que no verão de 2002 as estações CF250 e CF500 não foram amostradas.

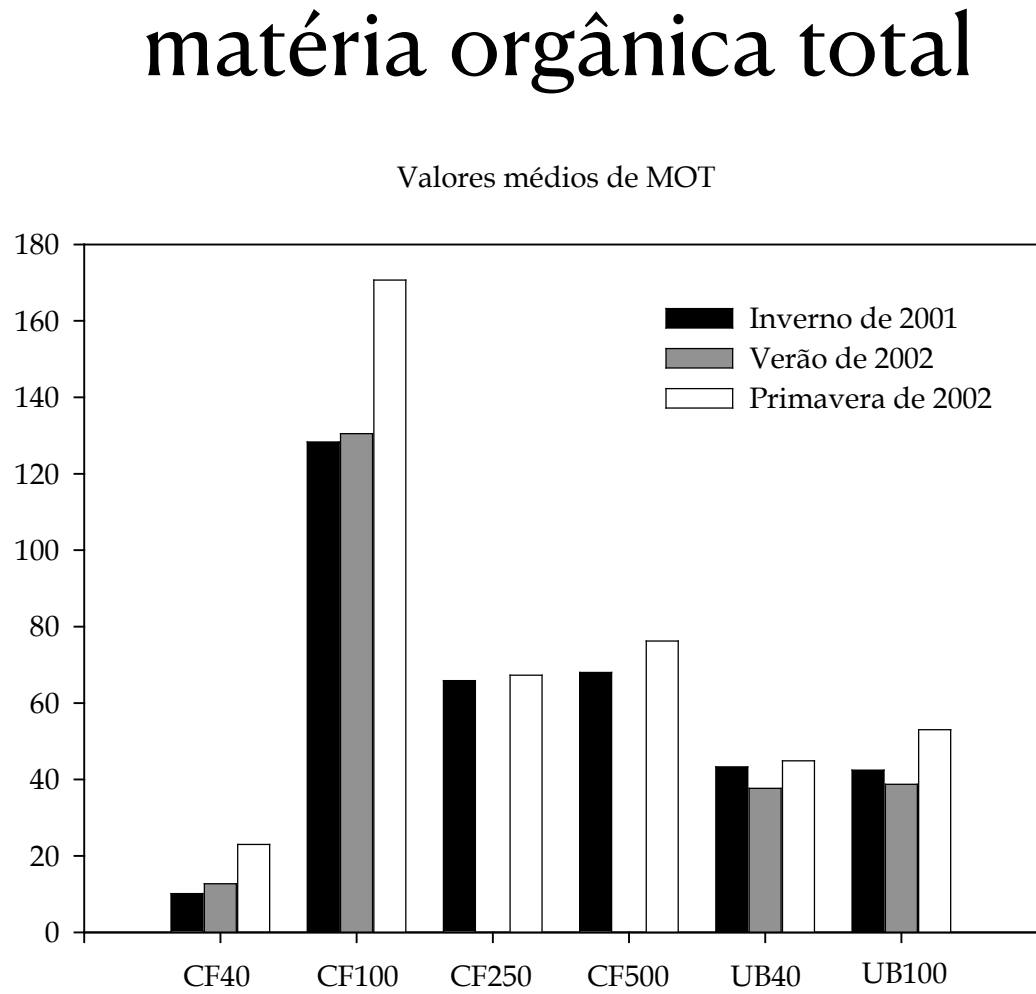


Figura 38. Valores médios de matéria orgânica total (MOT, mg g^{-1}) para os 10 cm superficiais do sedimento durante 3 períodos estudados de 2001 a 2002 em Cabo Frio (CF) e Ubatuba (UB). 40, 100, 250 e 500 são as profundidades locais em metros. Durante o verão/2002 não foram amostradas as estações CF250 e CF500.

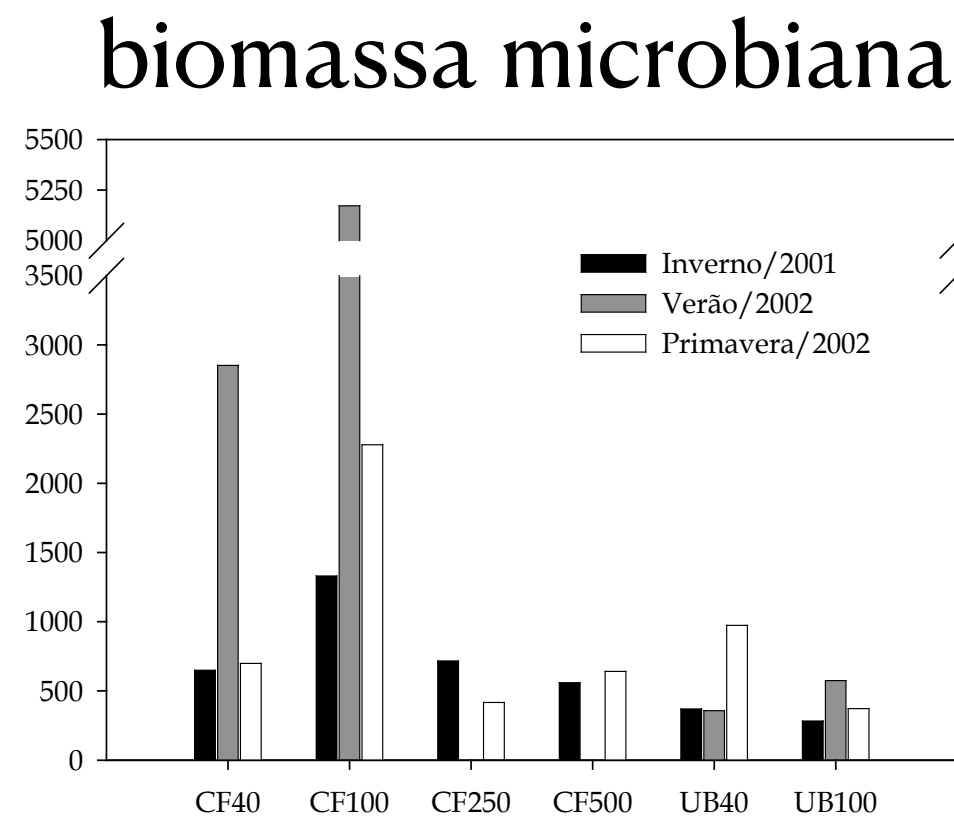
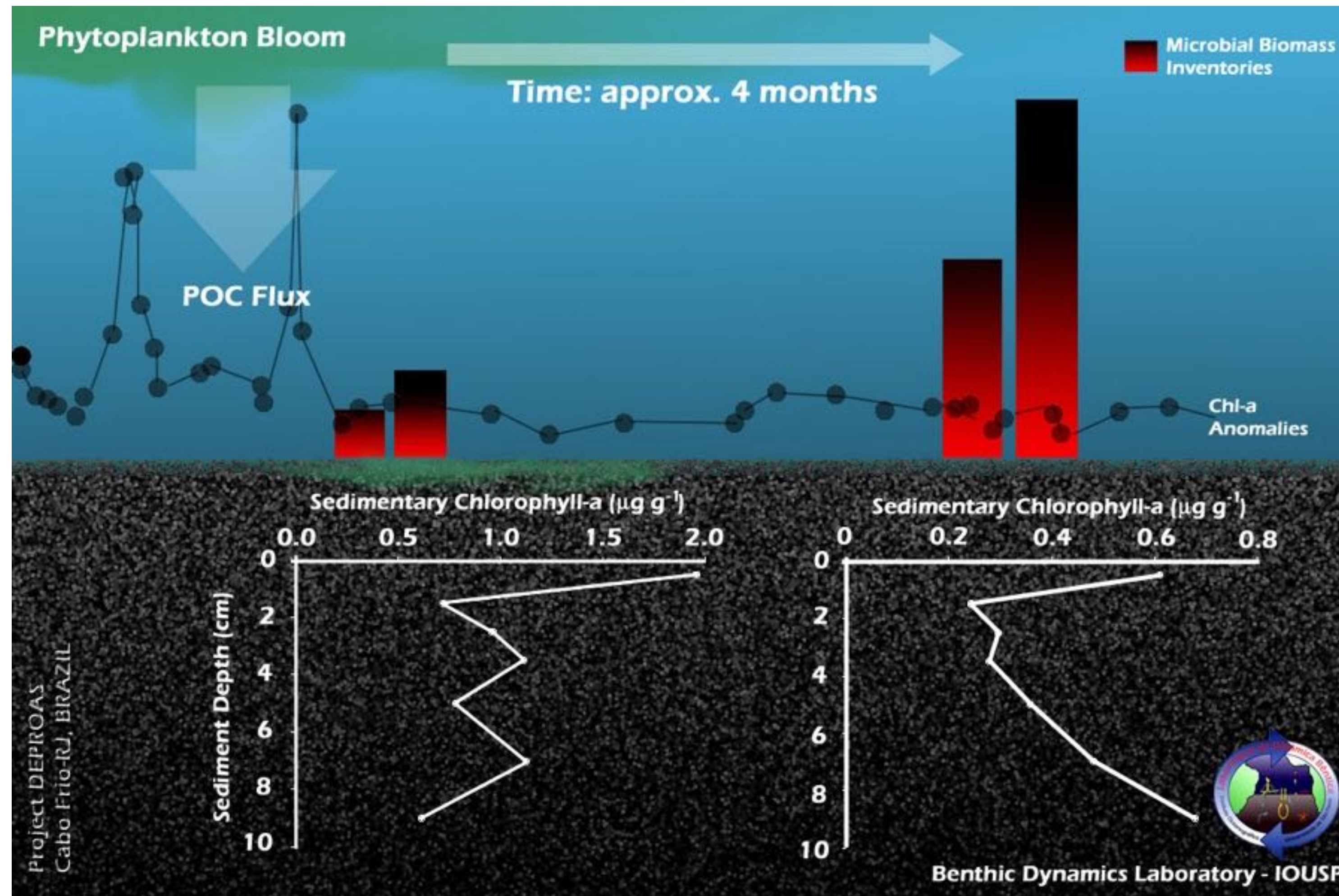


Figura 22. Valores integrados de biomassa microbiana ($\mu\text{gC g}^{-1}$) para os 10 cm superficiais do sedimento durante 3 períodos estudados de 2001 a 2002 em Cabo Frio (CF) e Ubatuba (UB). 40, 100, 250 e 500 são as profundidades locais em metros. Durante o verão/2002 não foram amostradas as estações CF250 e CF500.

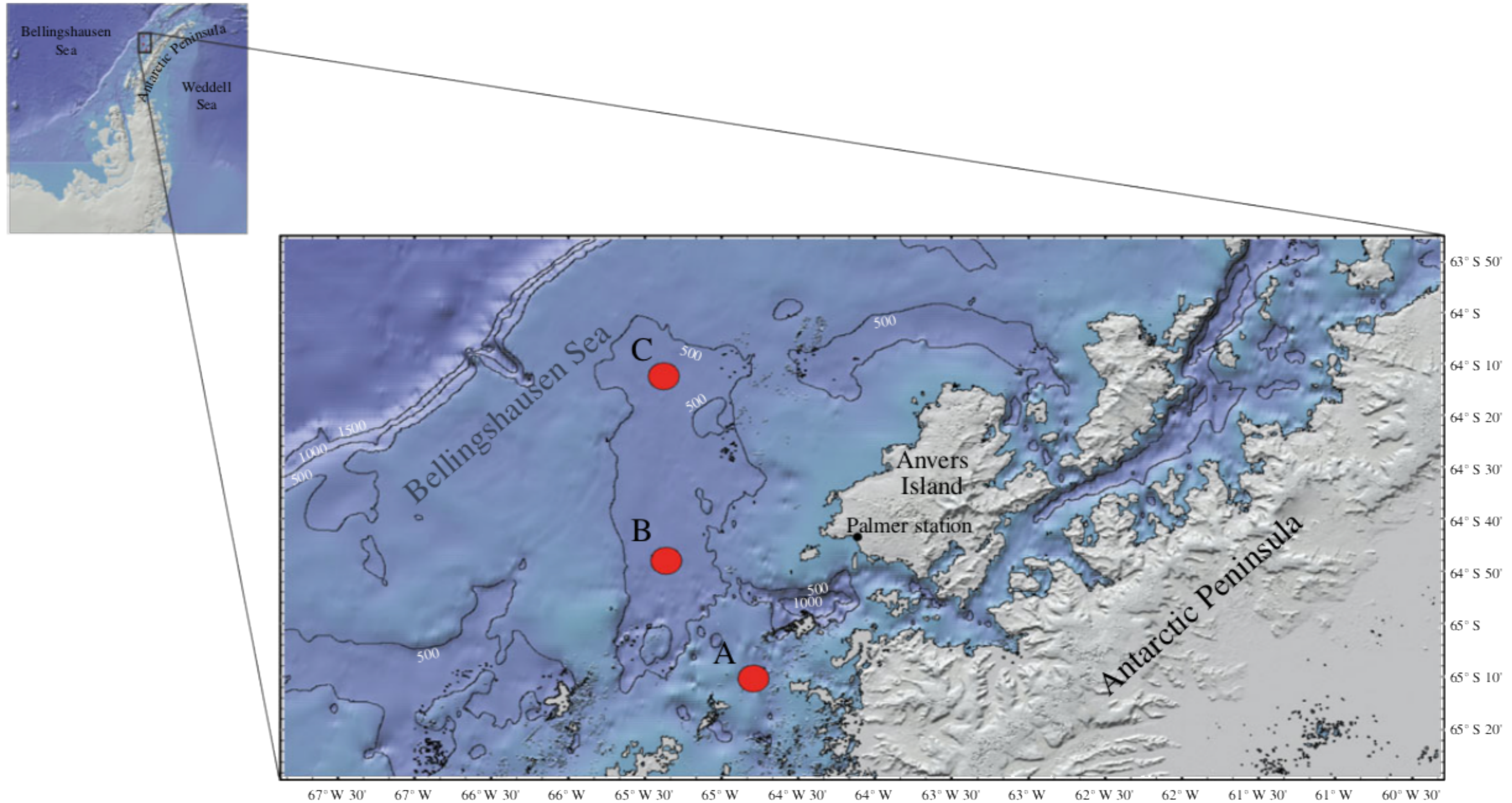
Quando comparamos a quantidade de cloropigmentos e matéria orgânica total nos sedimentos de Cabo Frio e Ubatuba, notamos que os valores são mais altos em Cabo Frio devido à ressurgência costeira. Isso se reflete em maiores valores de biomassa microbiana, mostrando um íntimo acoplamento entre o bentos e o plâncton na região

Estudo de caso: ressurgência de Cabo Frio



Estudo de caso: bancos alimentares bênticos na Antártica

Sumida, Smith et al.



Estudo de caso: bancos alimentares bênticos na Antártica

Antártica - ambiente de interesse particular devido à intensa sazonalidade

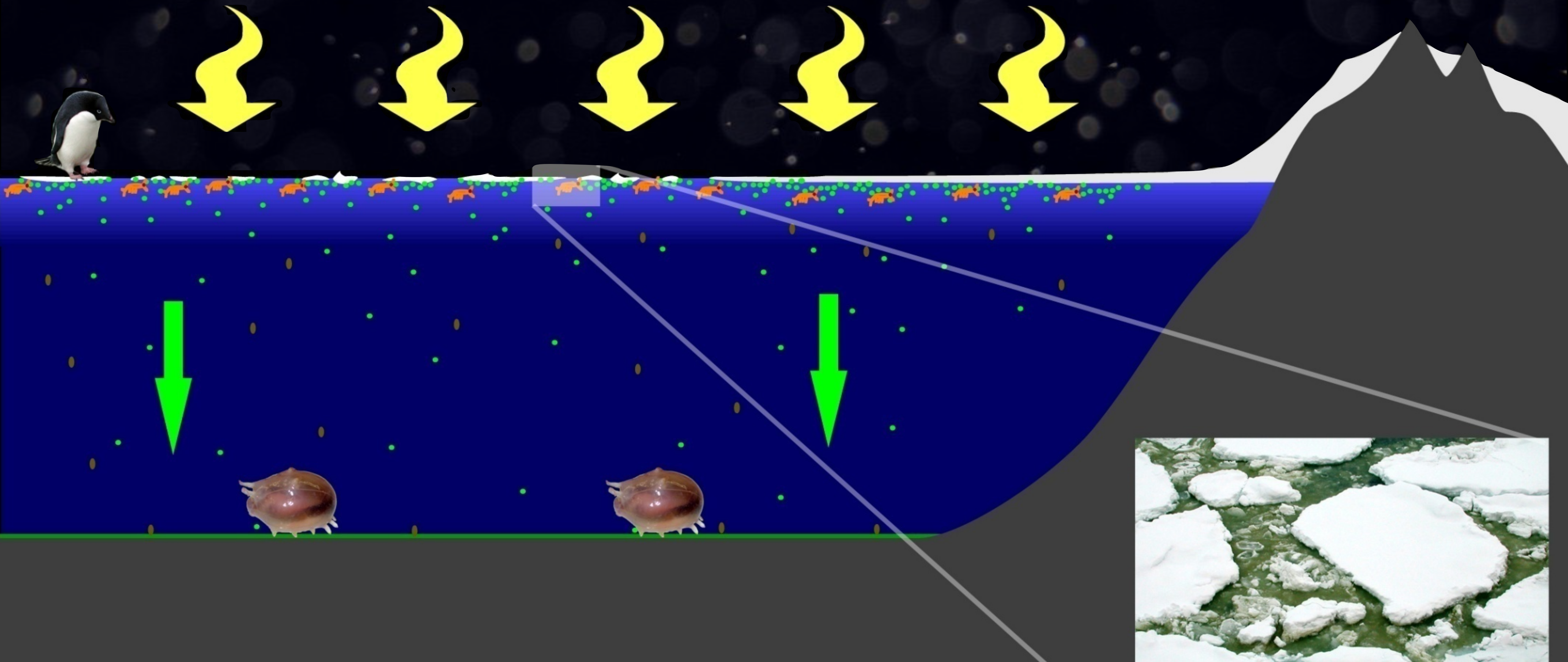
- Fluxos de MOP estão entre os mais altos e os mais baixos do planeta
- Como os organismos bênticos suportam períodos prolongados sem aporte de alimento?
- Estudo multianual e sazonal da profunda (ca. 500-800 m) Plataforma Oeste da Península Antártica

OUT-NOV (Fim da Primavera)

- Gelo marinho derretendo; quase 24 hr de luz
- Algas do gelo sendo liberadas pelo derretimento
- Água do degelo induz estratificação da coluna de água

Antártica

Baseado na Plataforma Oeste da
Península Antártica entre 63-68°S



JAN-MAR (Verão Austral)

Antártica

- Cobertura por gelo recuou
- Bloom de fitoplâncton no máximo; sedimentação de material orgânico pode produzir um espesso carpete de fitodetrítos

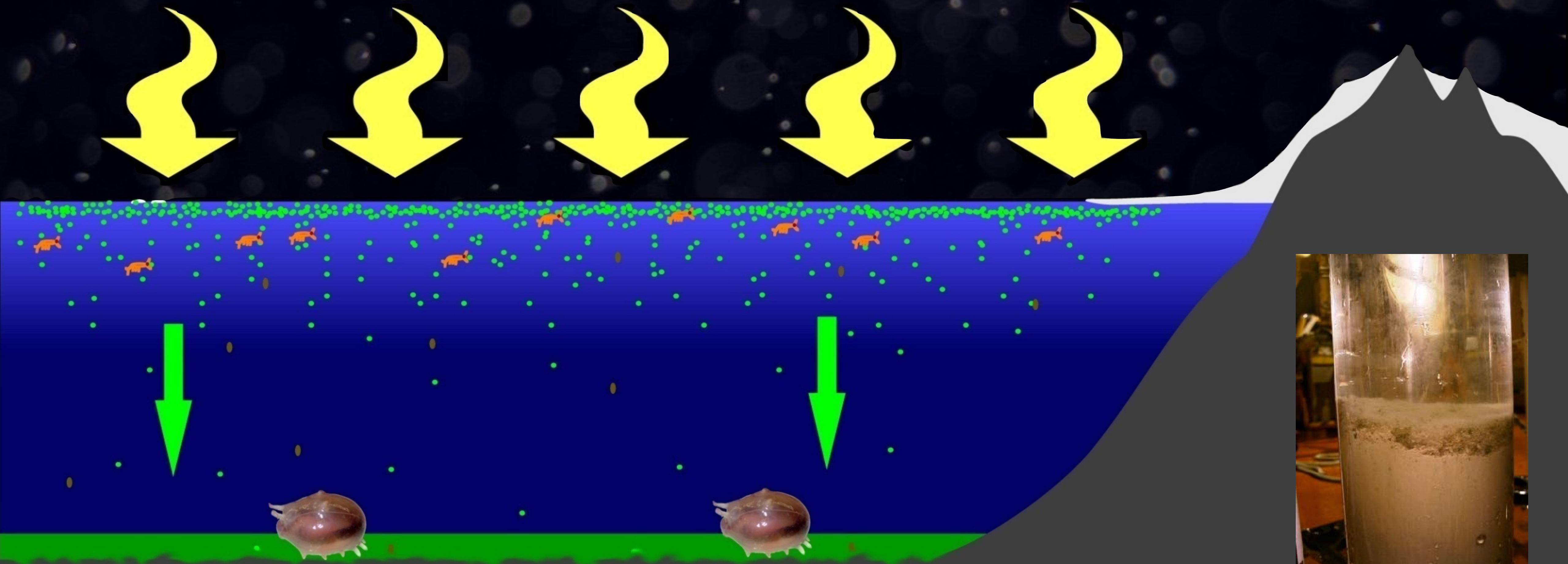


Foto: Paulo Sumida

MAI-JUL (Fim do Outono-Inverno)

Antártica

- Quase 24 hr de escuridão; gelo marinho se forma
- Biomassa fitoplanctônica muito baixa

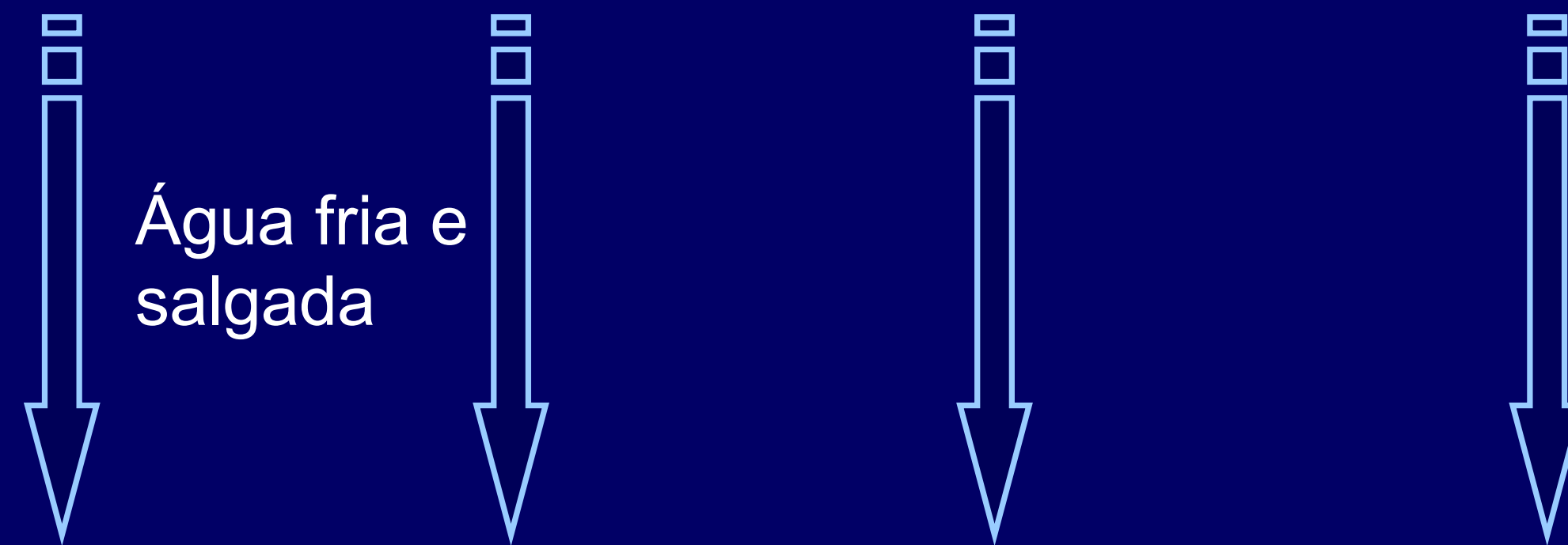


Foto: Paulo Sumida

AGO-SET (Fim do Inverno - início da Primavera)

Antártica

- Período de máximo de cobertura por gelo marinho; dias curtos mas aumento dos períodos iluminados
- Coluna de água severamente austera

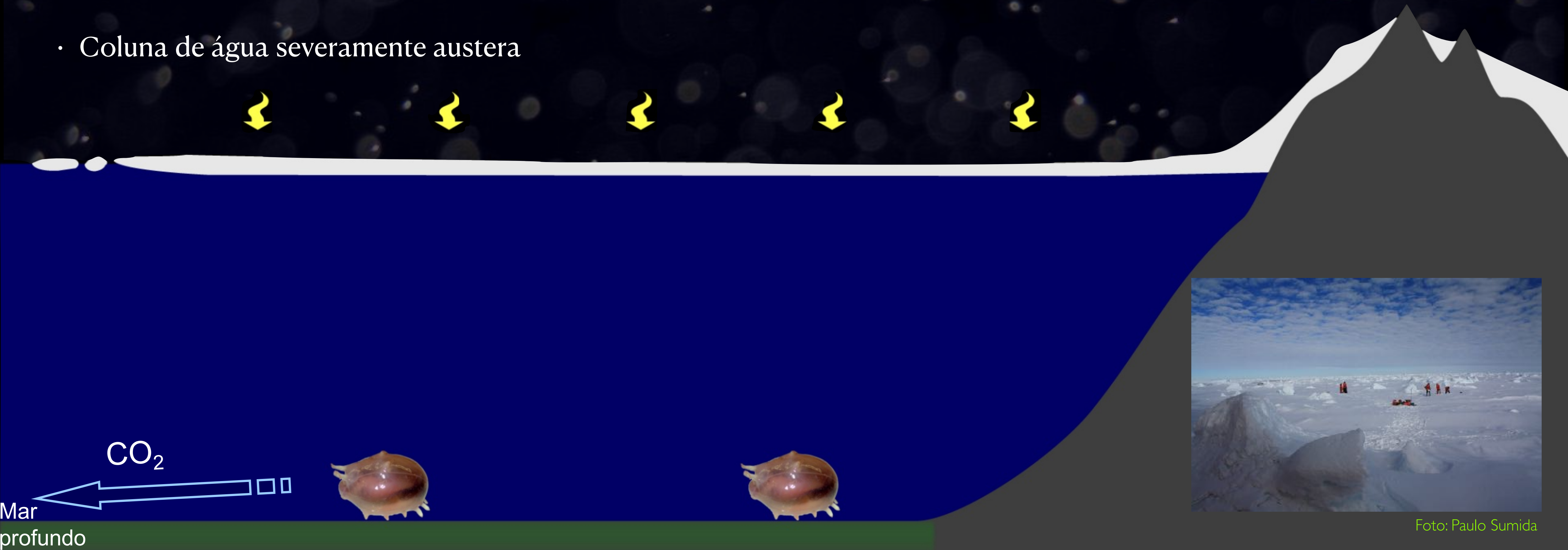


Foto: Paulo Sumida

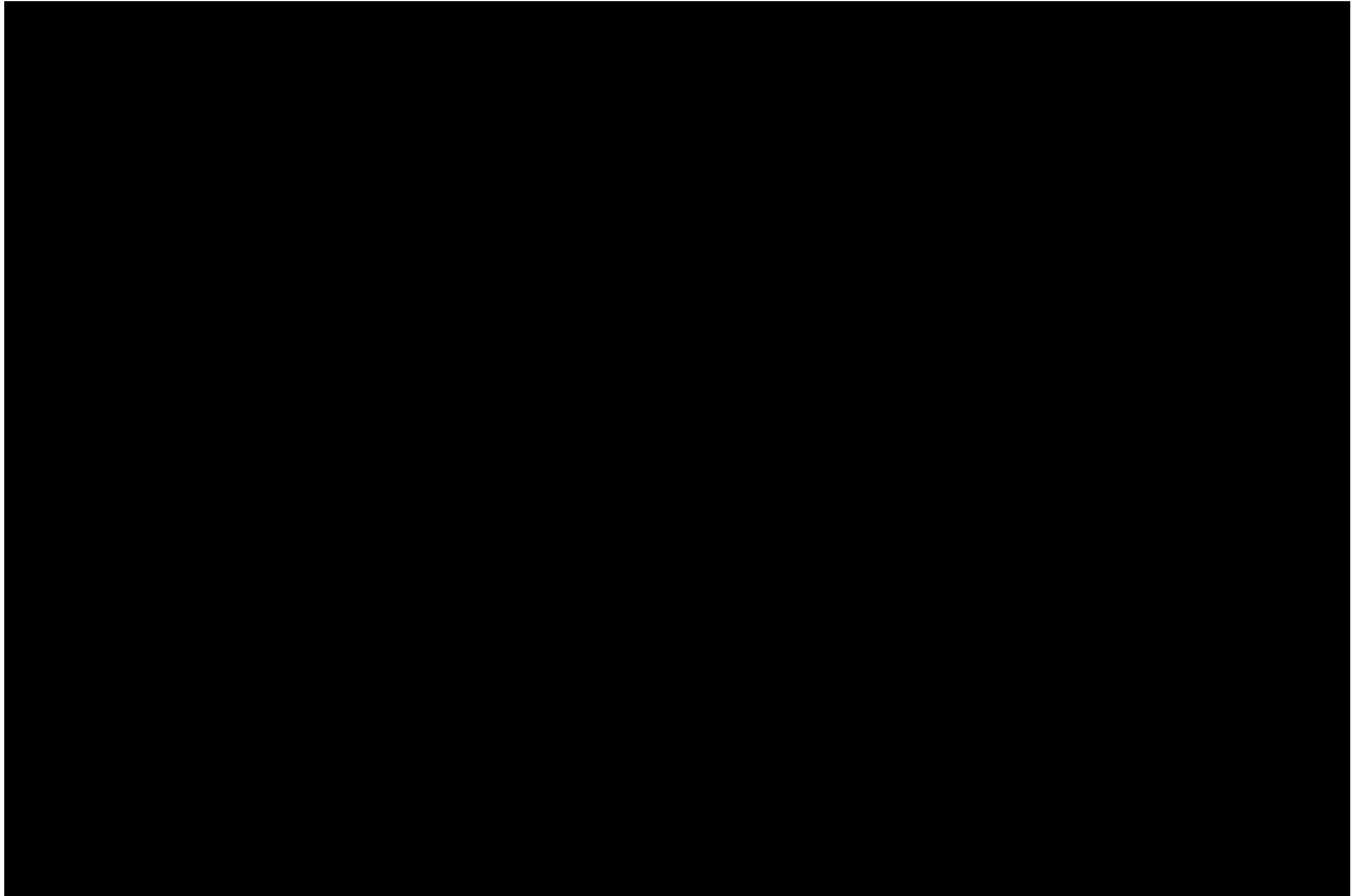
Se a maior parte da produção primária chega ao assoalho marinho e é respirada no inverno sob a cobertura de gelo, então o CO₂ resultante pode ser advectado para o mar profundo.

Seasonal Rectification Hypothesis (Yager et al., 1995)

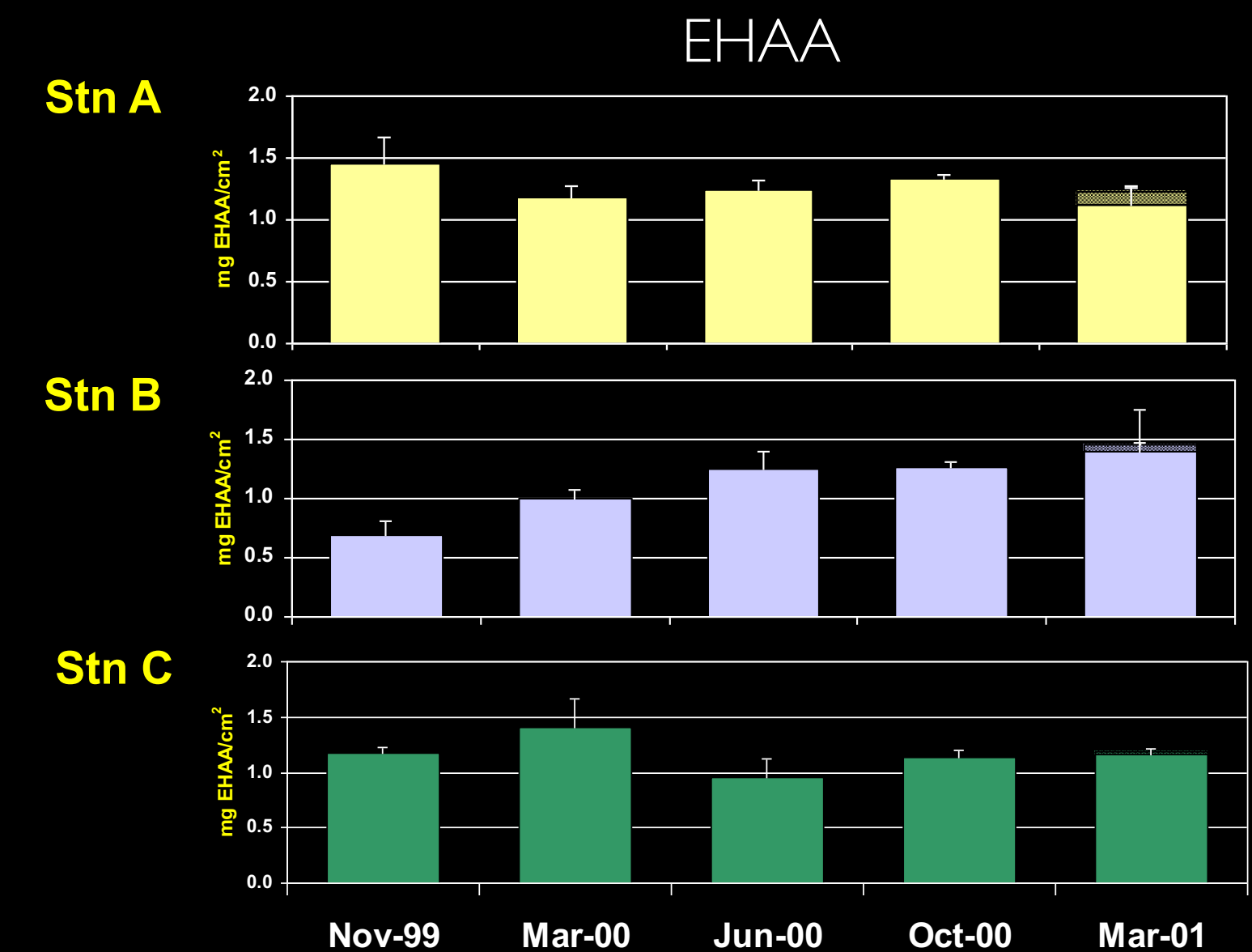
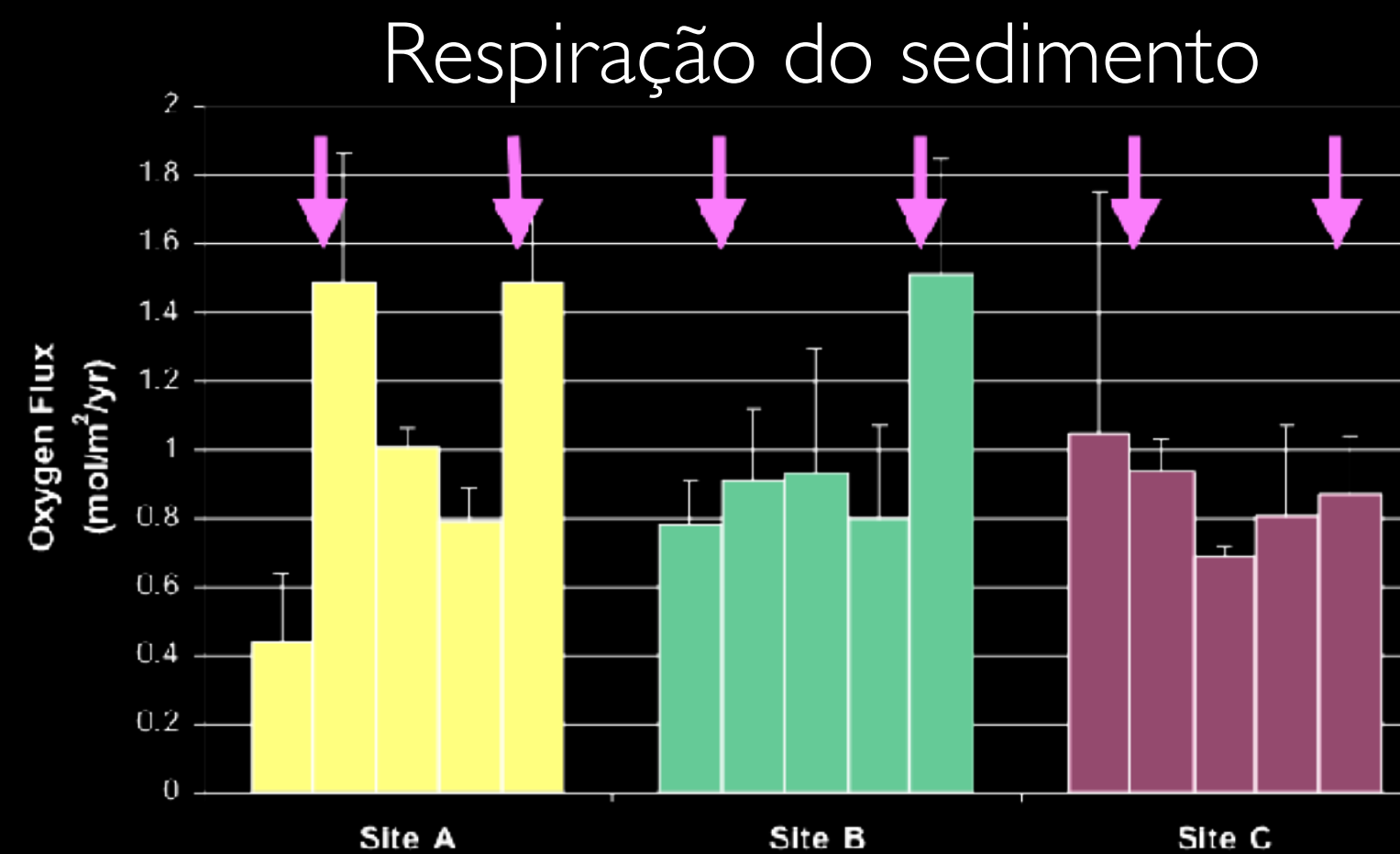
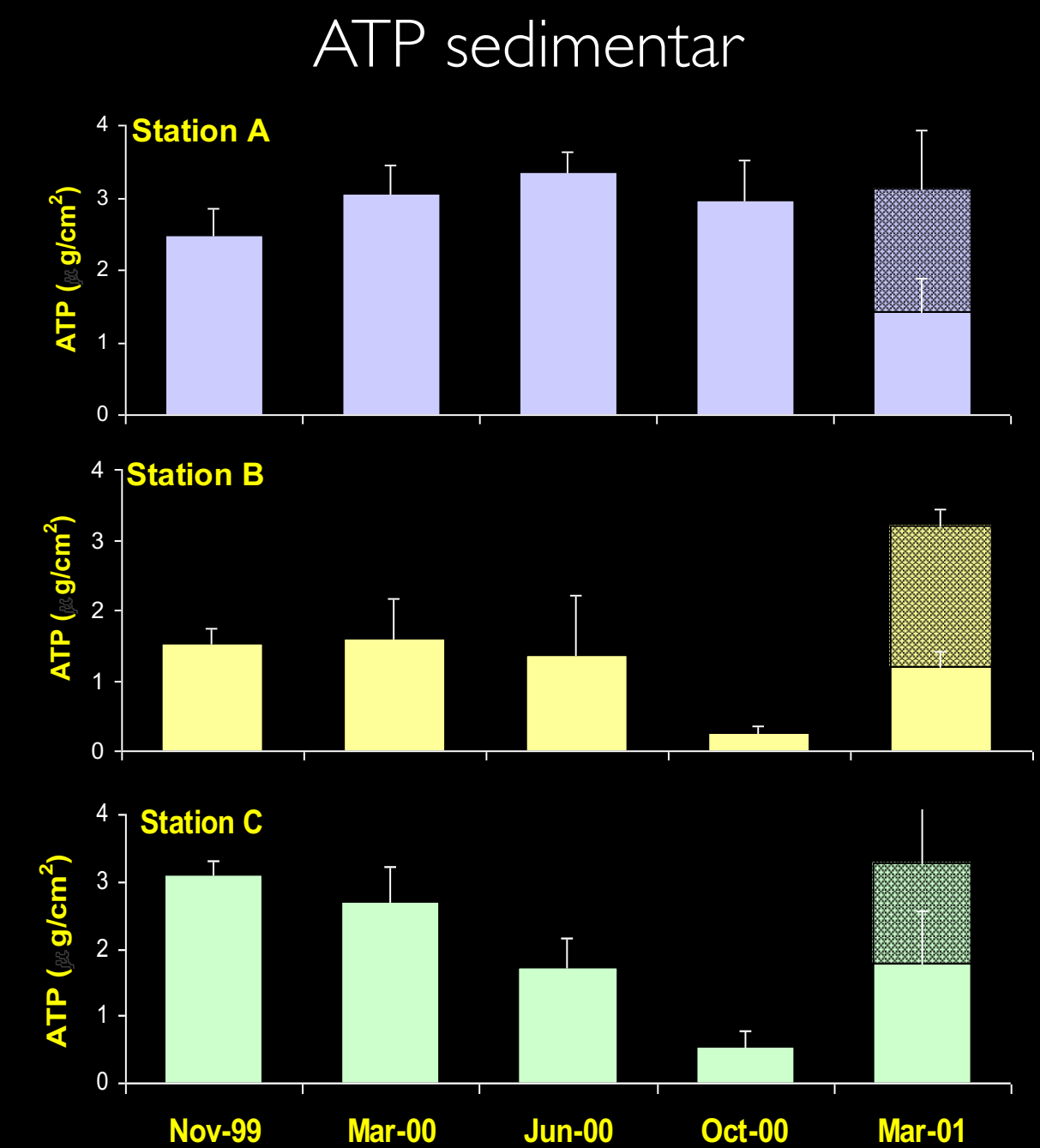
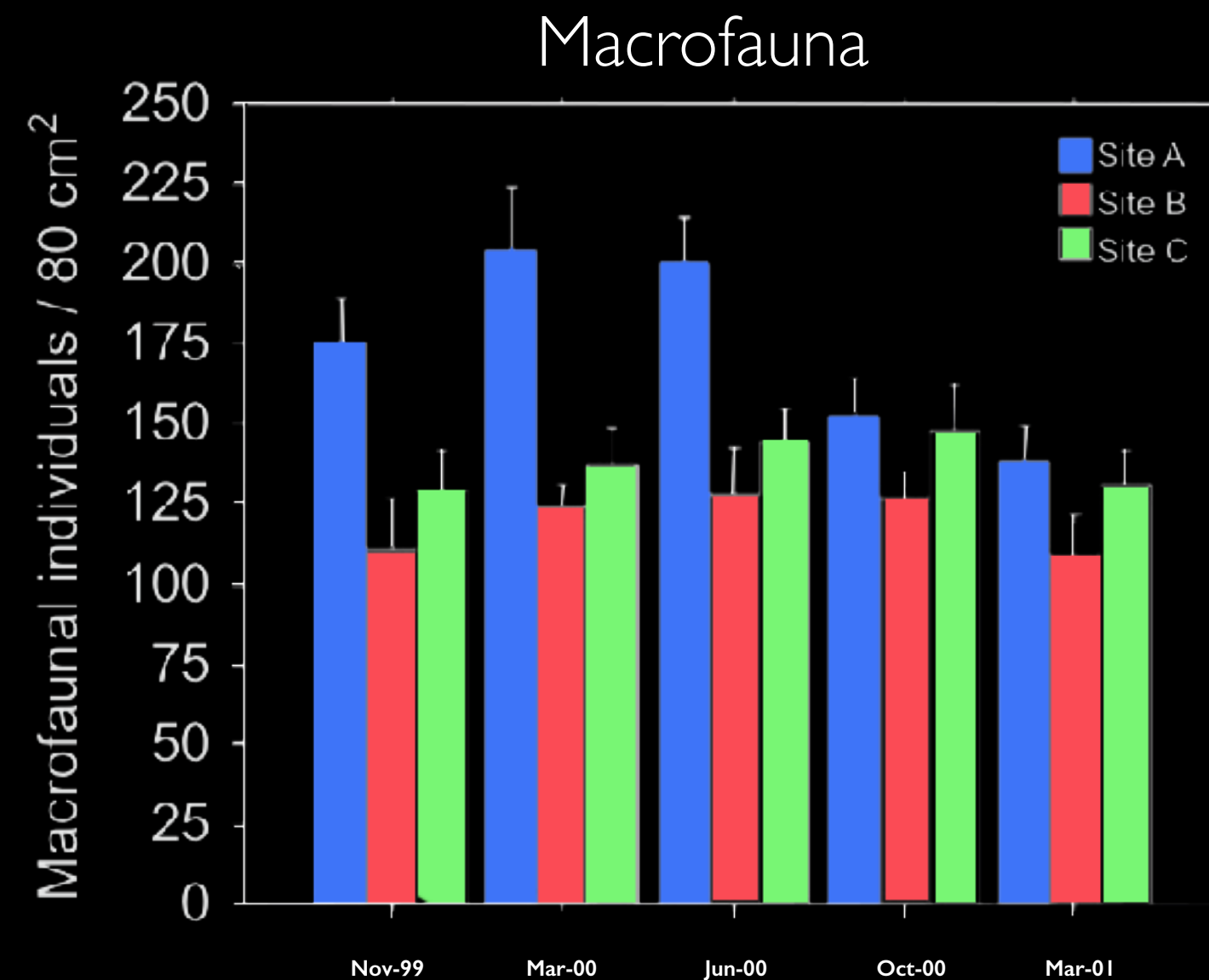
Estudo de caso: bancos alimentares bênticos na Antártica



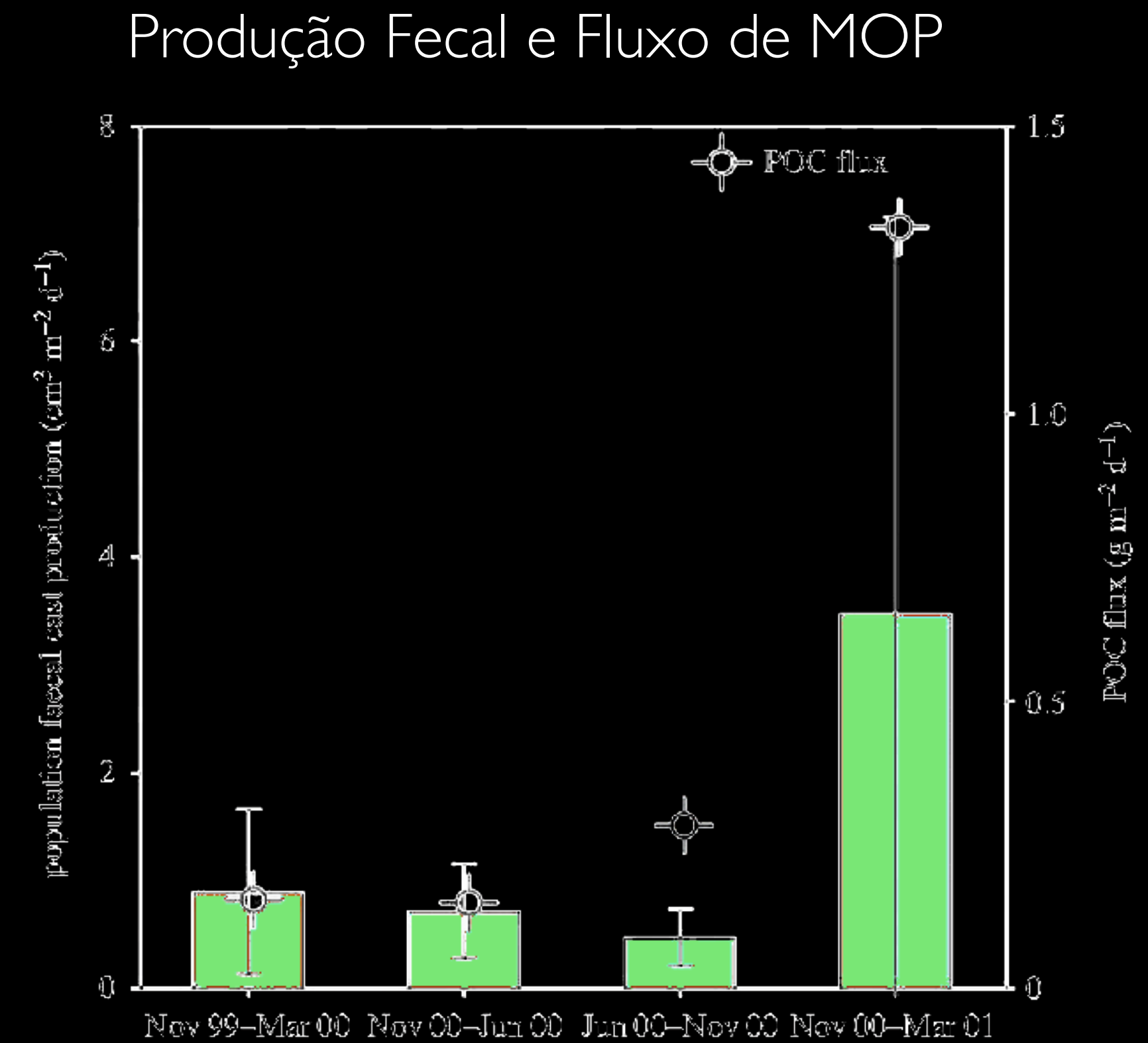
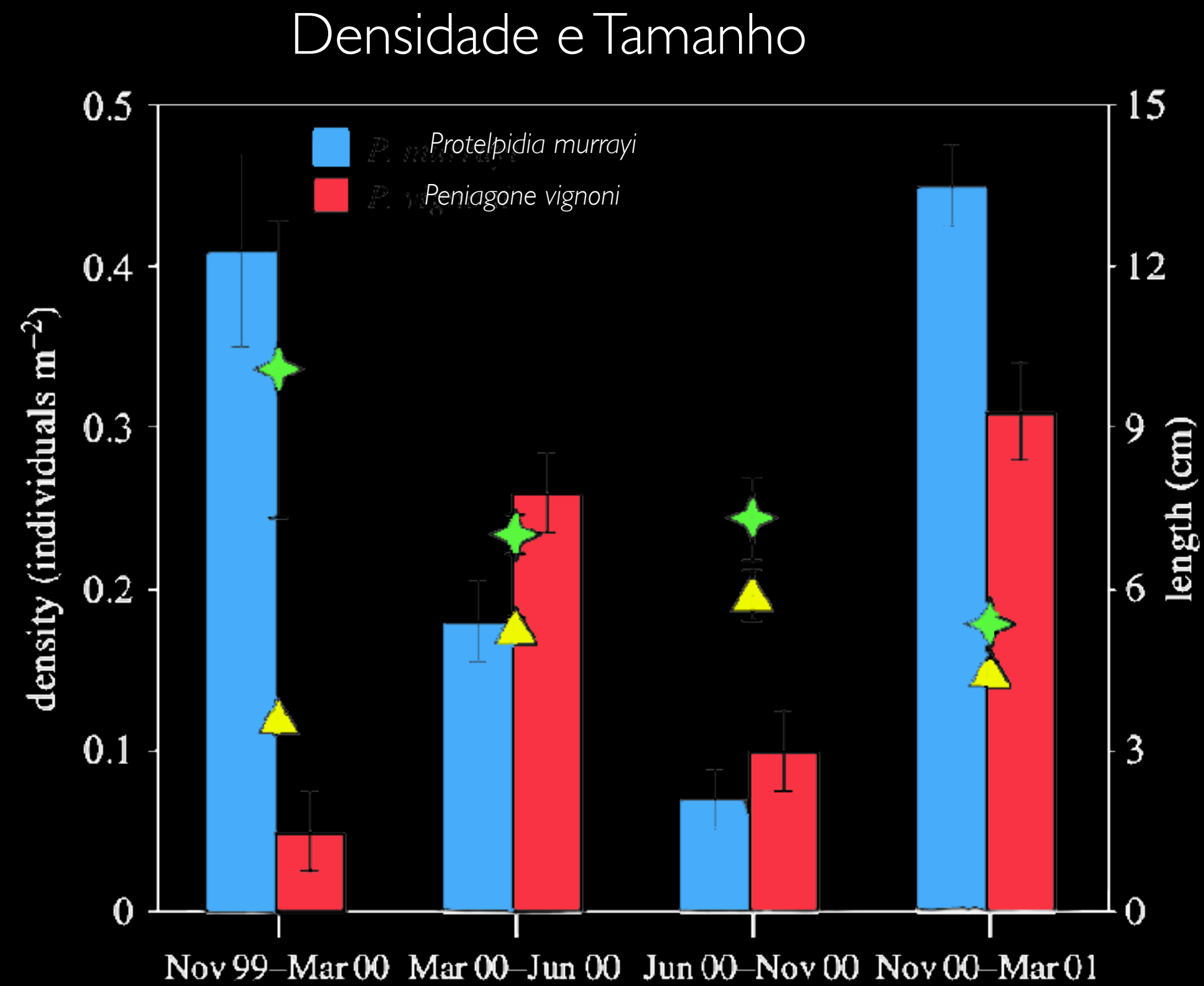
Estudo de caso: bancos alimentares bênticos na Antártica



- O bentos permanece ativo durante todo o ano graças a um banco de alimento que é depositado durante a primavera/verão
- Não há mudanças significativas na densidade da macrofauna, ATP sedimentar, respiração do sedimento ou na quantidade de aminoácidos hidrolisáveis enzimaticamente (denotam a qualidade da matéria orgânica)



A megafauna continua ativa durante todo o ano, mas aumenta as taxas de ingestão de fitodetritos durante os períodos de maior abundância



Conclusões

- O aporte de MO do pelagial é fundamental para o bentos que é, em sua maioria, dependente de MO alóctone
- As respostas do bentos são proporcionais à magnitude do input. Contudo, inputs muito grandes podem gerar anóxia e causar efeito deletério à fauna
- Organismos bênticos geram respostas imediatas e de longo termo, seja em nível comportamental e fisiológico ou ecológico, gerando padrões espaço-temporais na estrutura das populações e na história de vida dos organismos
- O bentos, por sua vez, influencia o pelagial através da regeneração de nutrientes e da emissão de larvas que se alimentam no plâncton