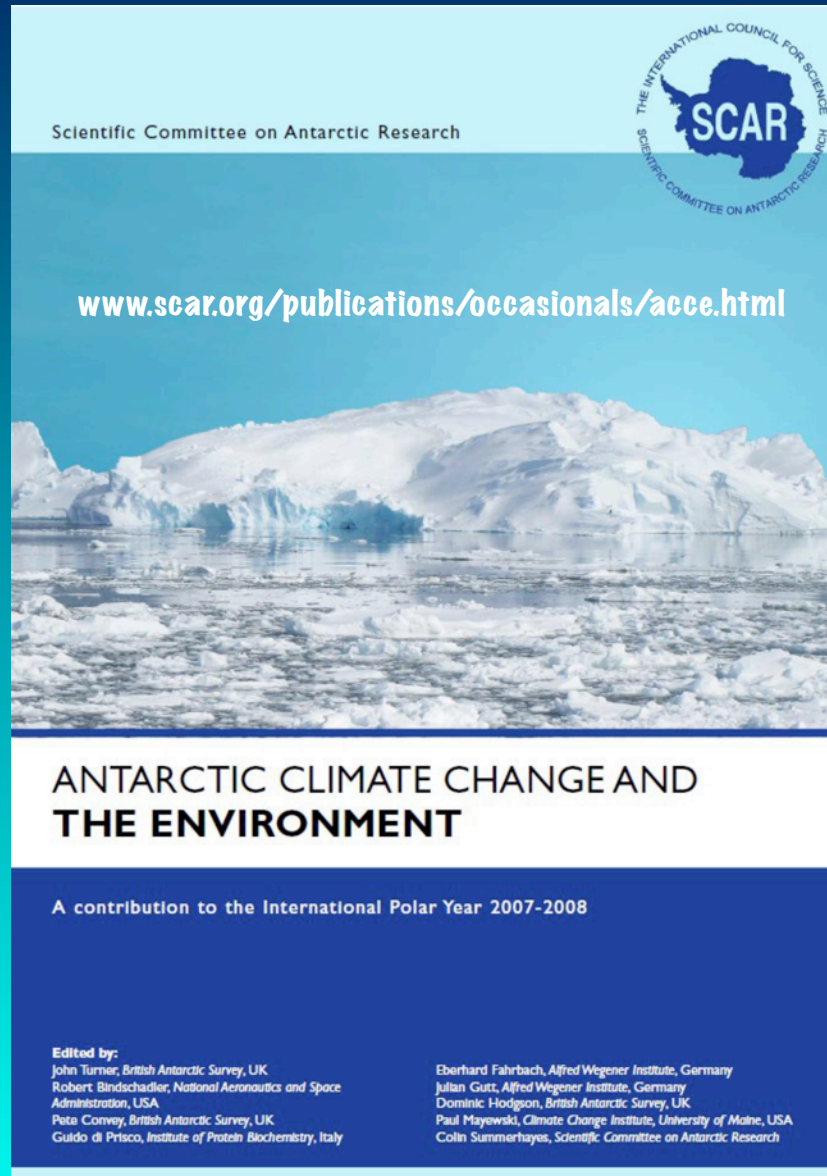


Antartica - Oceanos e Câmbio Climático



Como é o funcionamento do sistema Antártico?

Como as mudanças climáticas afetam o ecossistema Antártico?

Qual o papel dos GHG e do O₃?

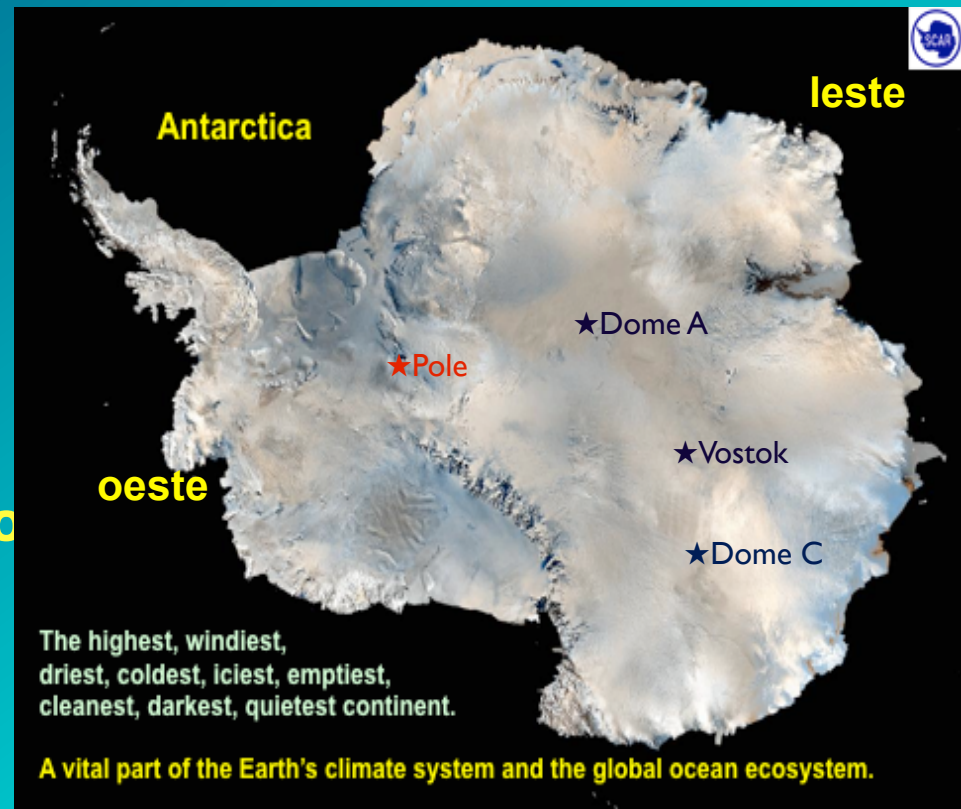
O gelo-marinho na Antártica está derretendo na mesma taxa que o Ártico?

O continente está aumentando ou diminuindo?

O que vai acontecer nos próximos 100 anos, quando o globo aumenta a temperatura?

Por que devemos nos importar?

Algumas perguntas



O que vamos ver agora:

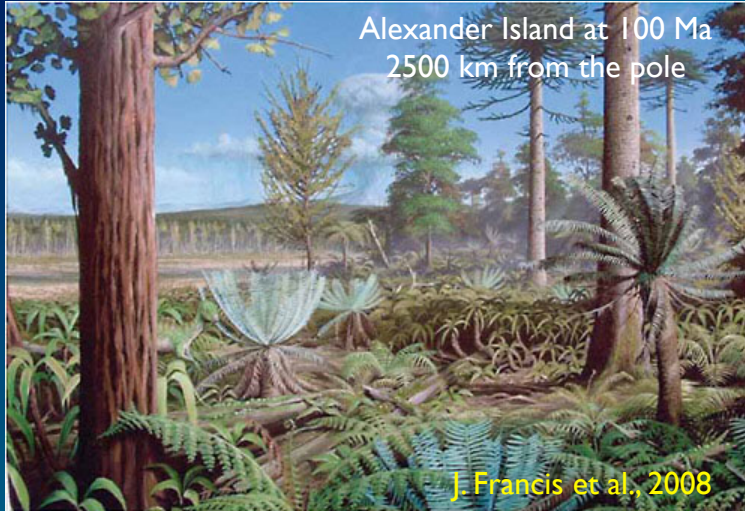
o passado (testemunhos de gelo)

**o presente (período instrumental - desde
o IGY (1957/58))**

o futuro (os próximos 90 anos)

O Passado

Evolução do Clima Continental

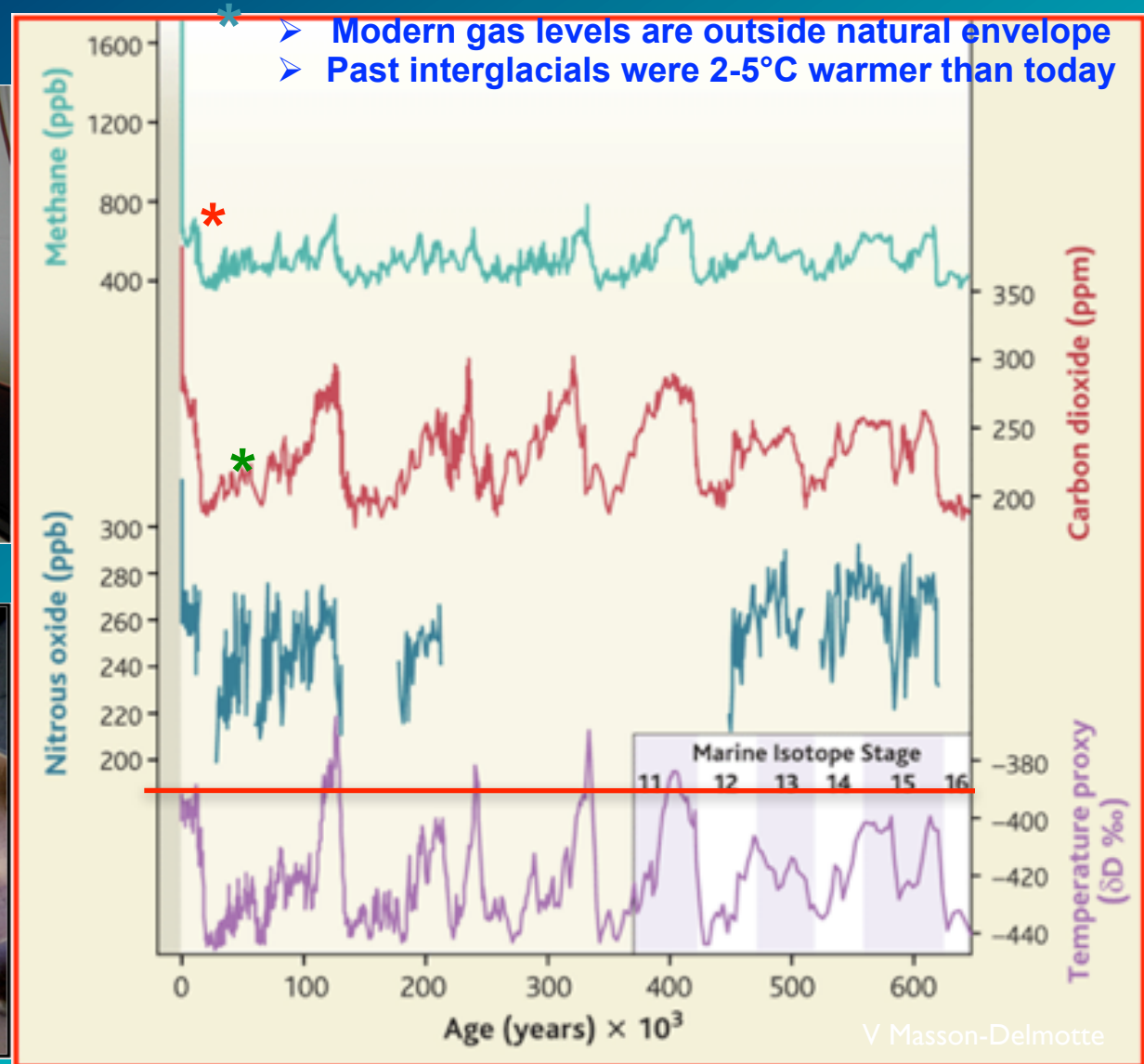
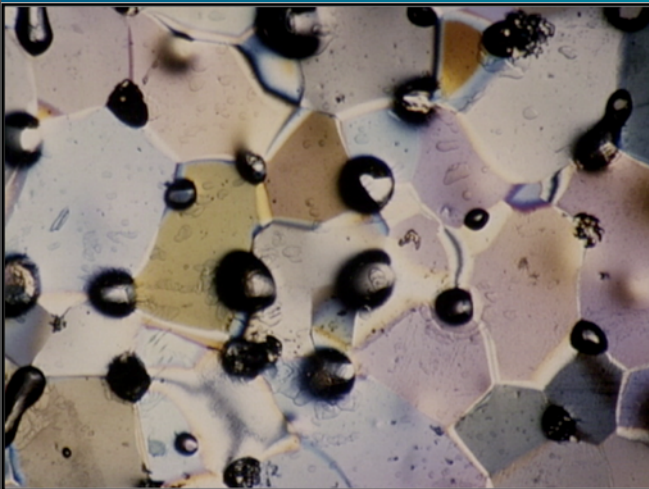


Nothofagus (southern beech) 2-3 month growth season at 4-5°C in S Chile.



Clima vindo dos testemunhos de gelo

Dome C EPICA ice core

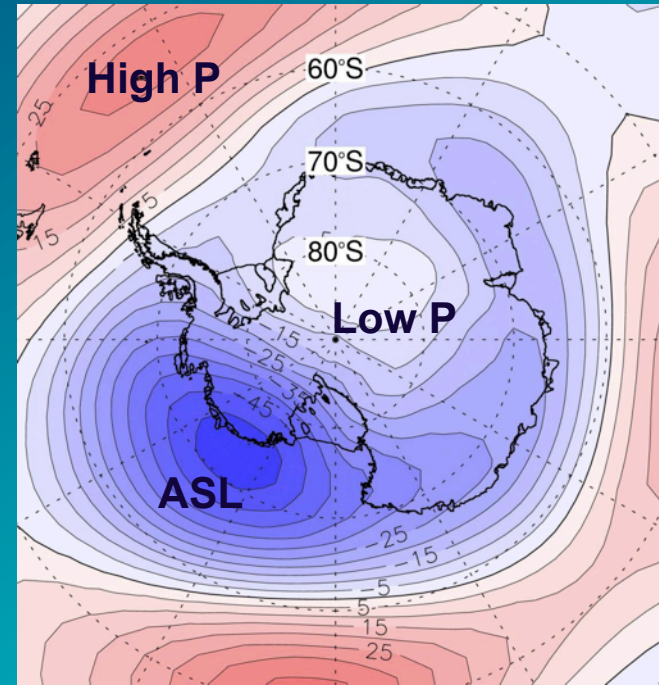


***nível do mar durante os interglaciais era ~ 6.6-9.4m mais alto do que hoje
Portanto o gelo pode ter tido maior impacto! (Nature 17 December 2009)***

0 Presente

O papel dos ventos

- existe um gradiente de Pressão e Temperatura dos trópicos até a Antárctica
- esse gradiente cria ALTA P em lats medias e baixa pressão no polo.
- ventos se deslocam ao longo das isóbaras
- os ventos são responsáveis pelo vortex polar que vai da superfície até a estratosfera;
- Essa barreira de ventos mantém o ar quente longe do continente.



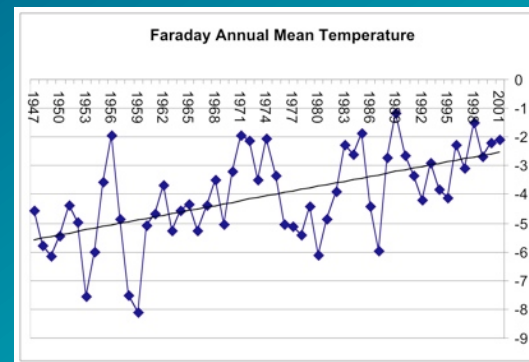
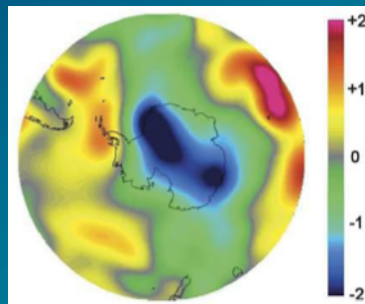
*Amundsen Sea Low (ASL) existe porque o continente esta deslocado do centro.

*Essa circulação local é responsável pelas respostas diferentes dos lado Leste e Oeste da Antártica ao aquecimento global.

J Turner and others

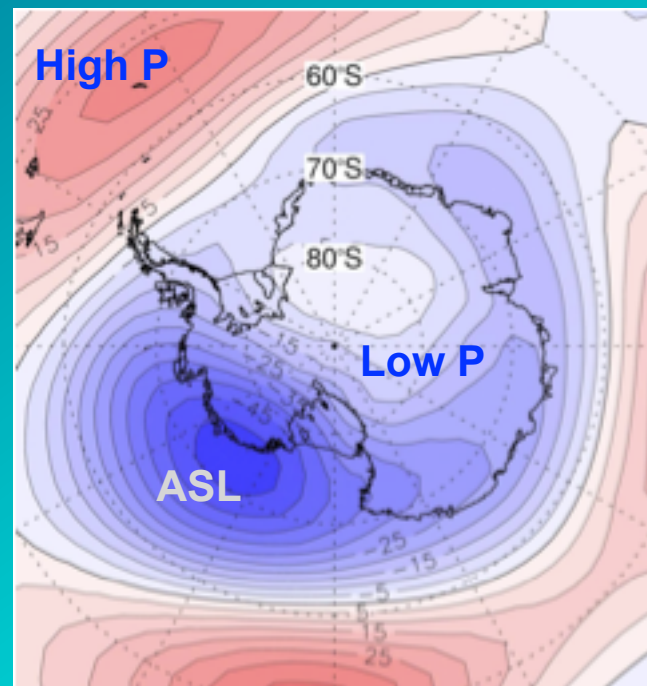
O continente esfria enquanto a península esquenta

diff na temp annual °C
(1969-2000)

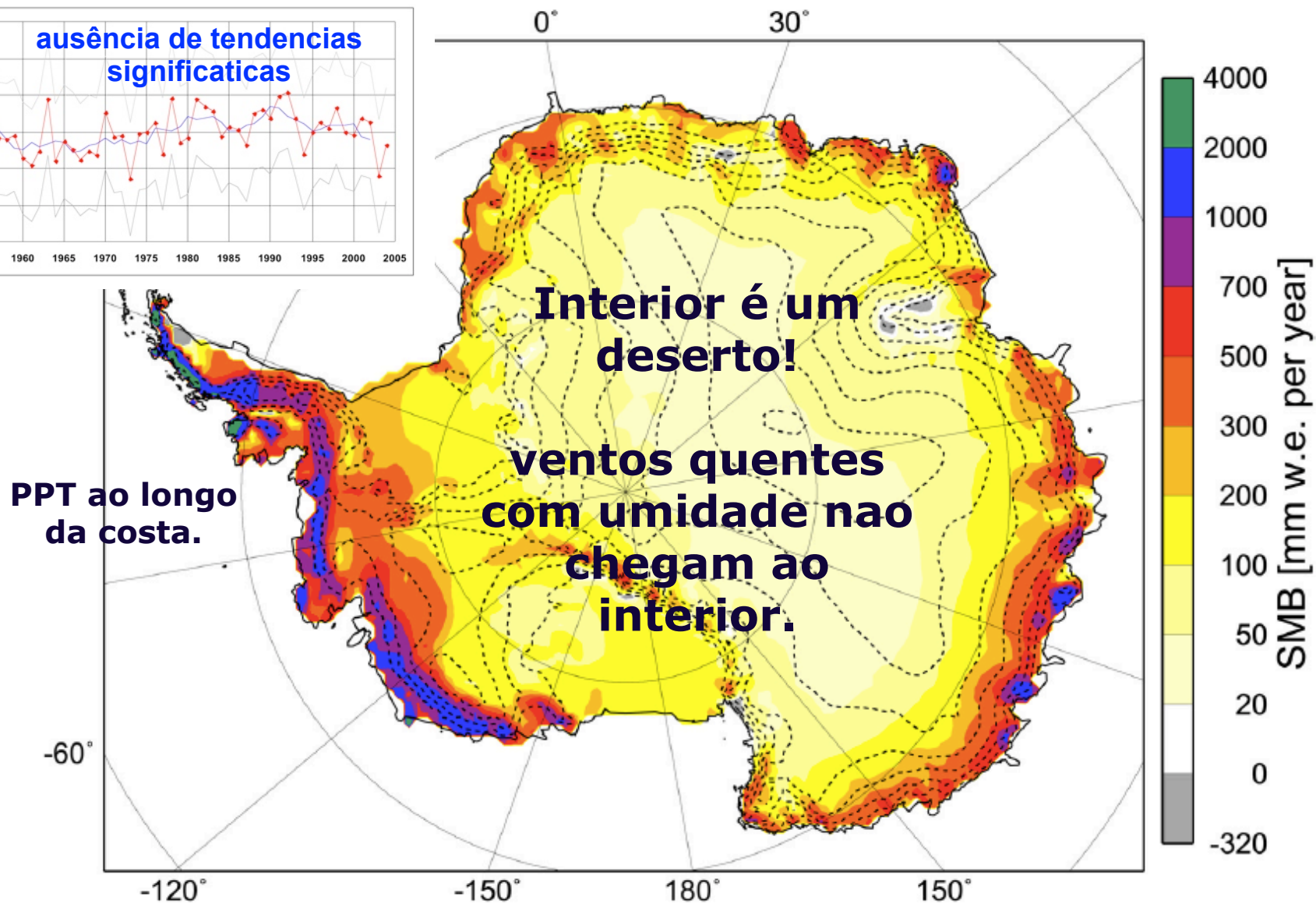
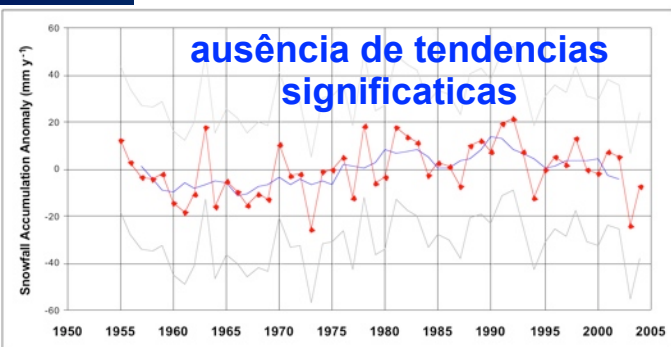


No oeste da península: ar quente é trazido do norte pela "baixa pressão" do mar de Amundsen (ASL)

Aumento de 0.53°C/década desde 1950. (1.03°C/década no inverno)



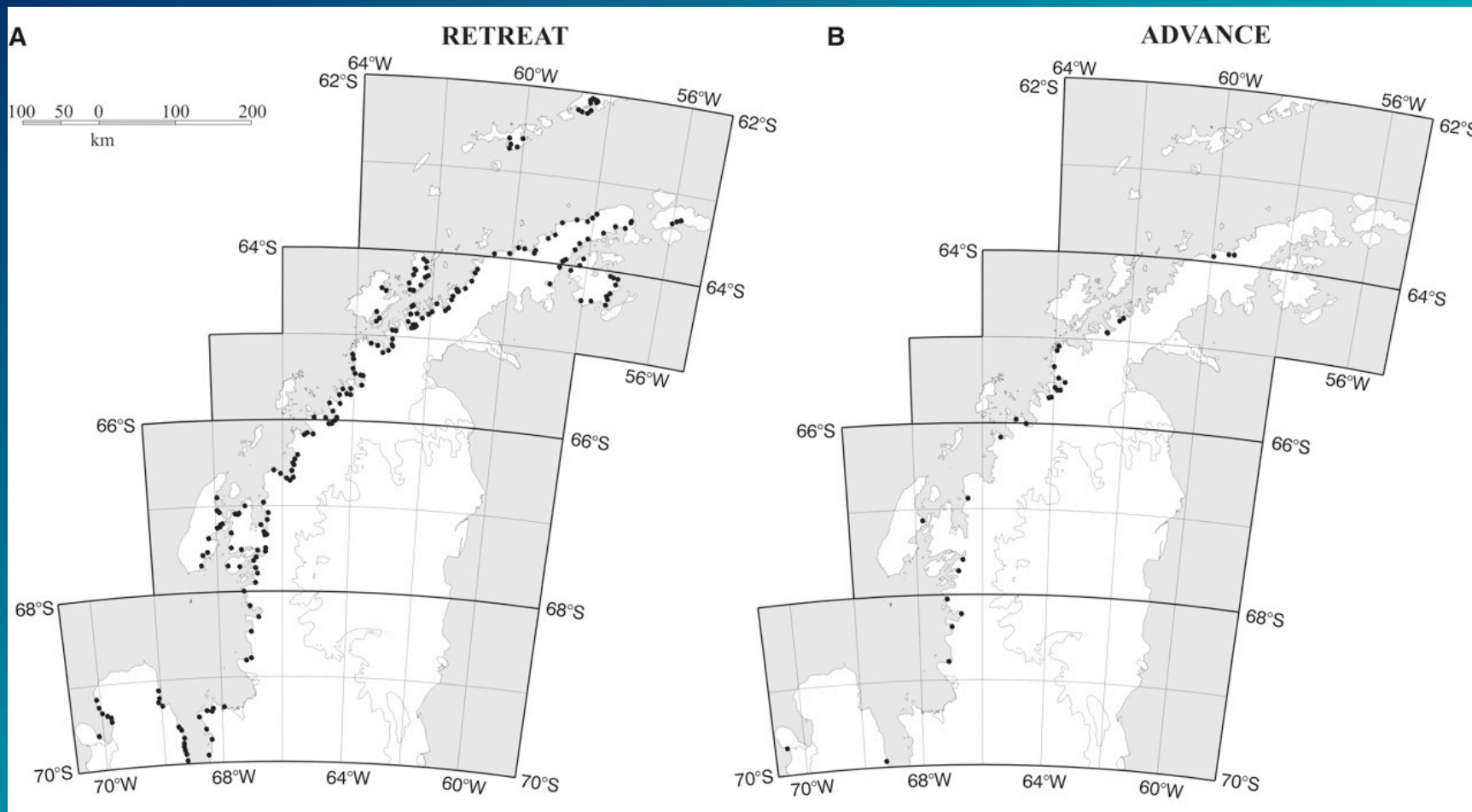
Interior é um deserto (umidade)



From papers by Monaghan, and by Van de Berg et al., 2006

Resposta da Antártica ao aquecimento e maior umidade

244 glaciérs : 87% tem diminuído nos últimos 50 anos



Cooke et al., 2005

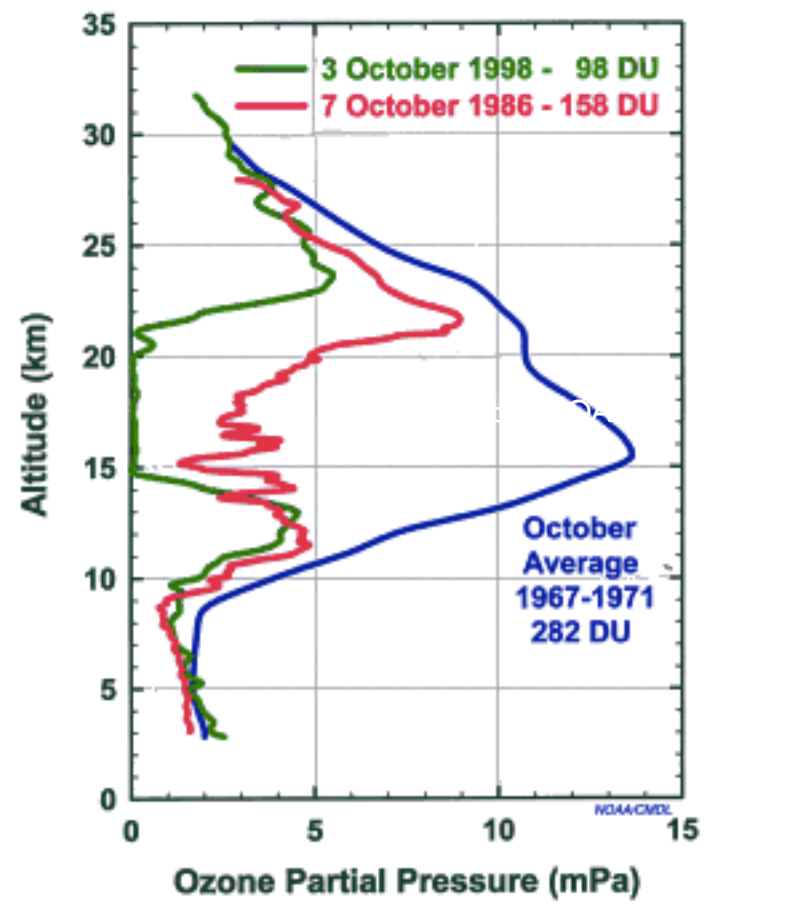
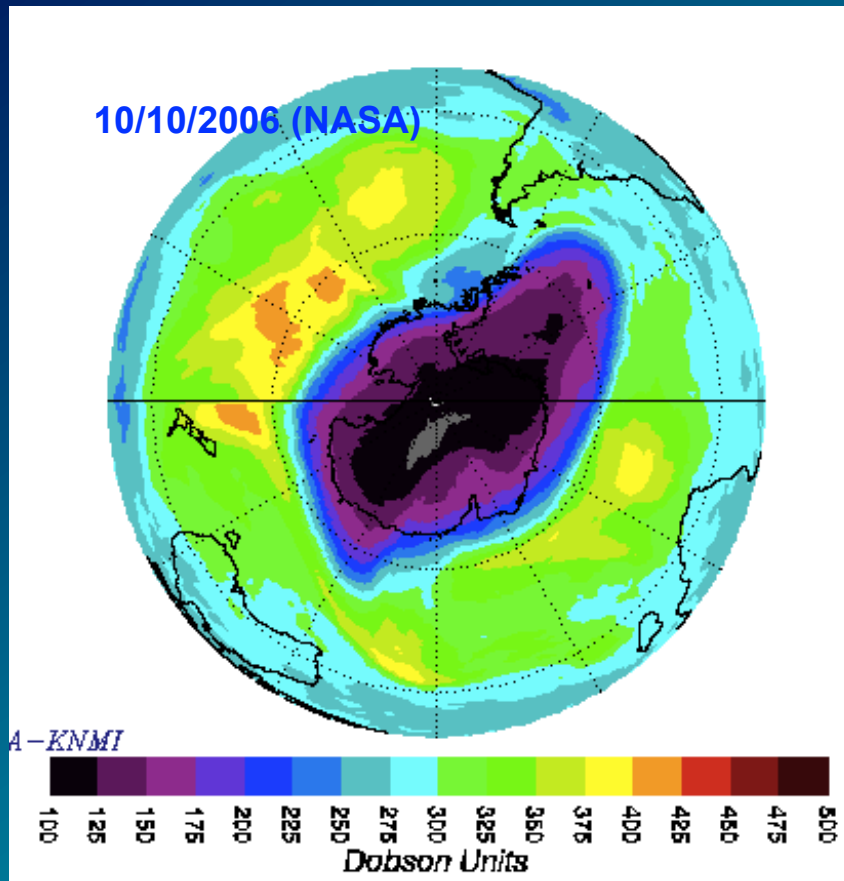
**Aquecimento
Resfriamento**

Causas?

Gases do Efeito Estufa?

O buraco de O₃?

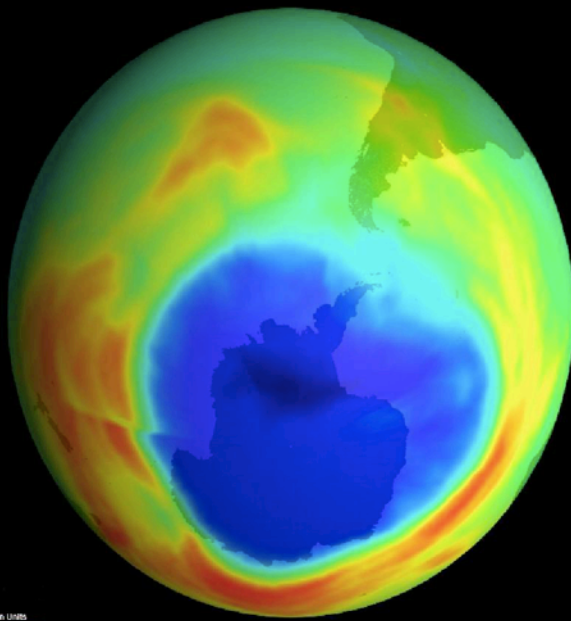
O buraco de ozônio



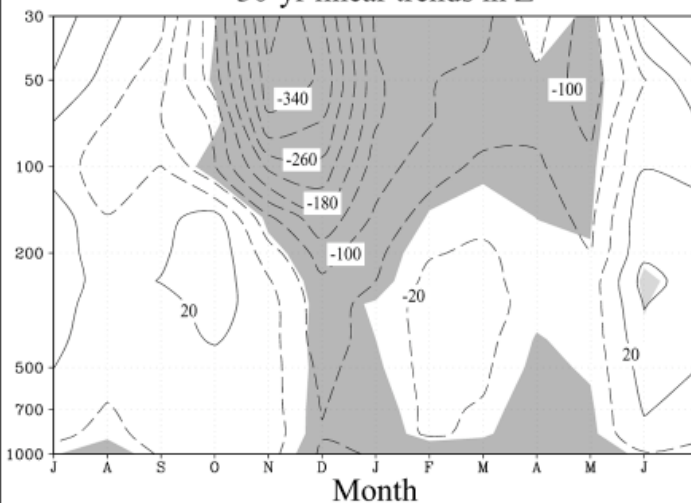
- o vortex polar (ventos circumpolares de oeste) limita o buraco de O_3
- ventos mais fortes no inverno qdo as temperaturas são muito frias
- Ha formação de núvens de gelo (aceleram a quebra de CFC liberando Cl^-)
- Na primavera, com o calor , $Cl^- + O_3 \rightarrow ClO + O_2$;
- A ausência de O_3 (que é um gas estufa) resfria a temperatura em $15^\circ C$;
- perda de ozônio desde 1980 intensifica o vortex polar em 15 %.

Os ventos intensificados pelo buraco de O₃ estão isolando a Antártica

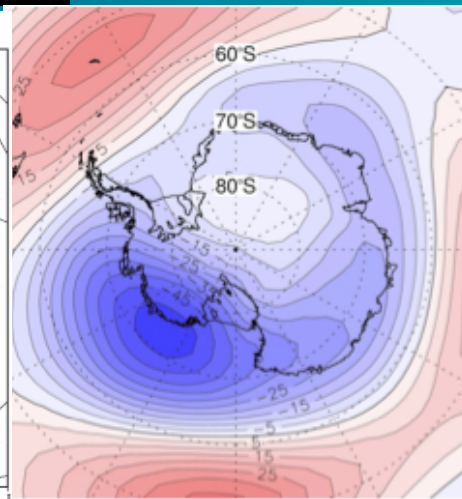
Os ventos intensificam até a superfície e conseguem penetrar no interior do continente I



30-yr linear trends in Z

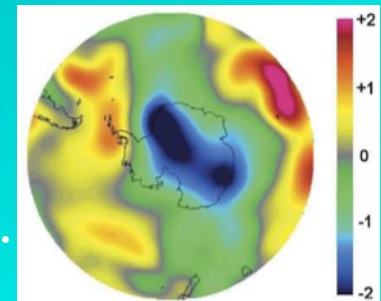
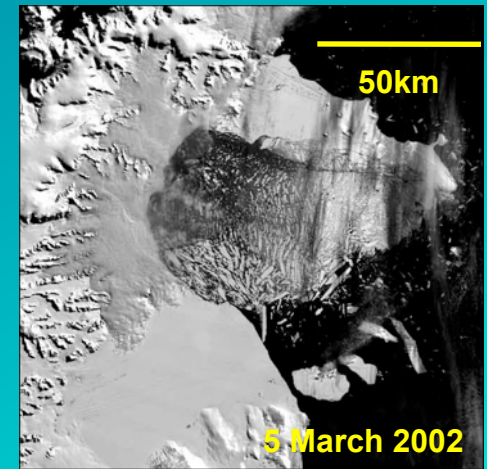


Z = anomalia da altura de geopotencial



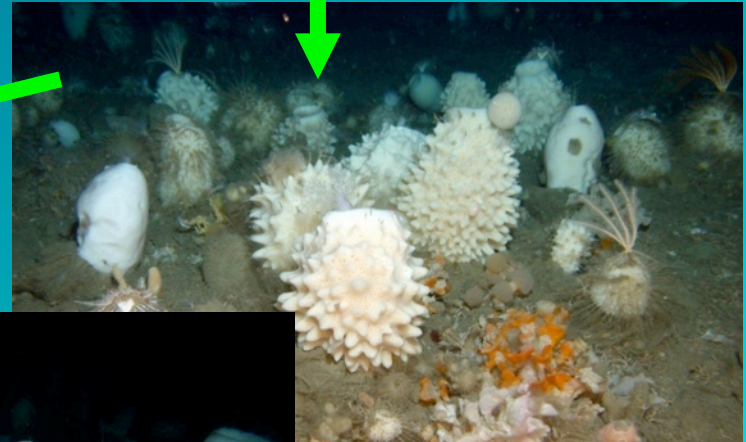
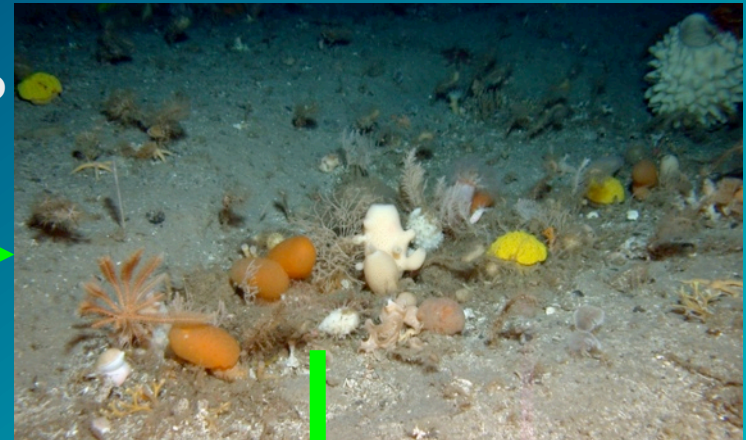
Aumento dos ventos mantém a Antártica fria

Diff temp média anual.
°C 1969-2000



Ecosistema bentônico

Presente = Colonização do espaço da Larsen B



no futuro, os organismos

Adaptação

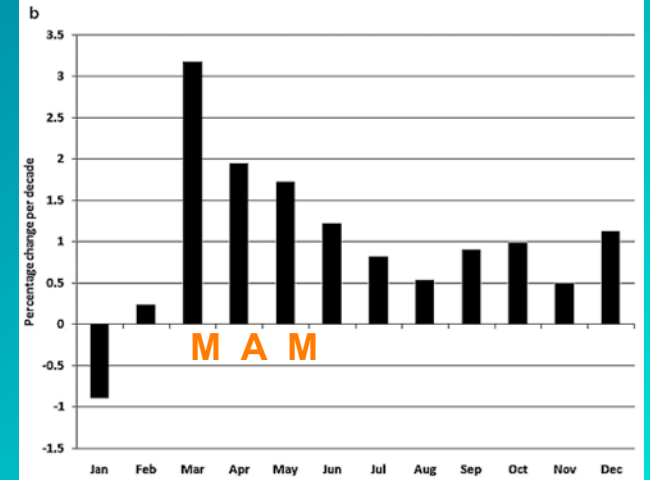
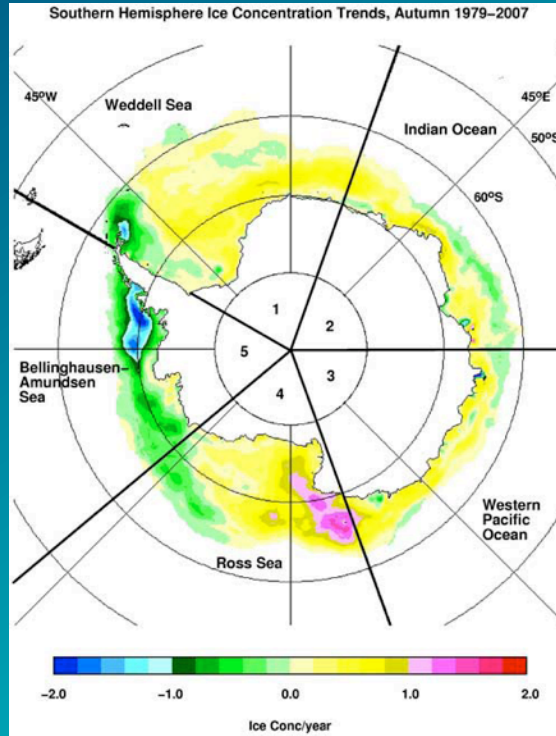
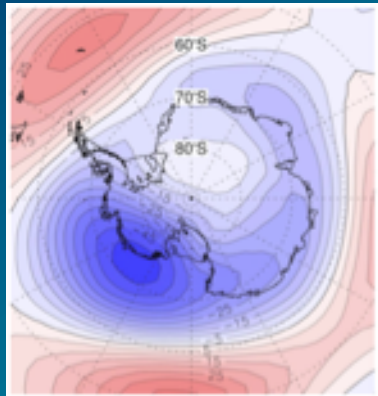
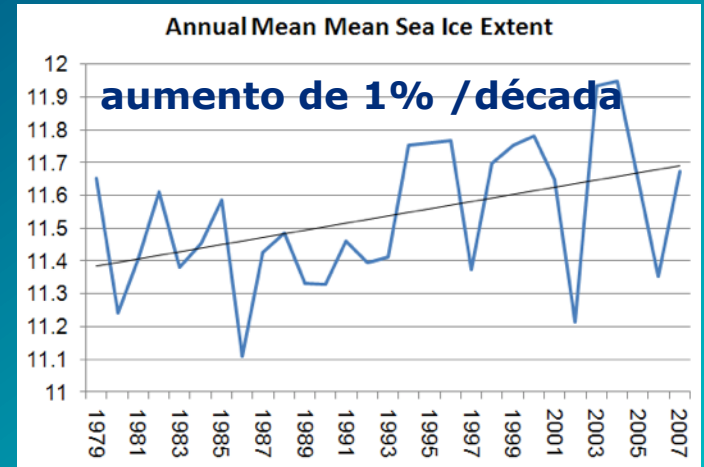
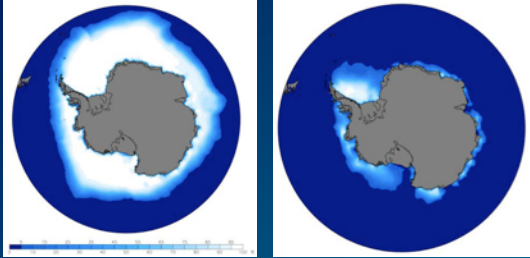
Evolução

Migração

Extinção

J. Gutt,AWI

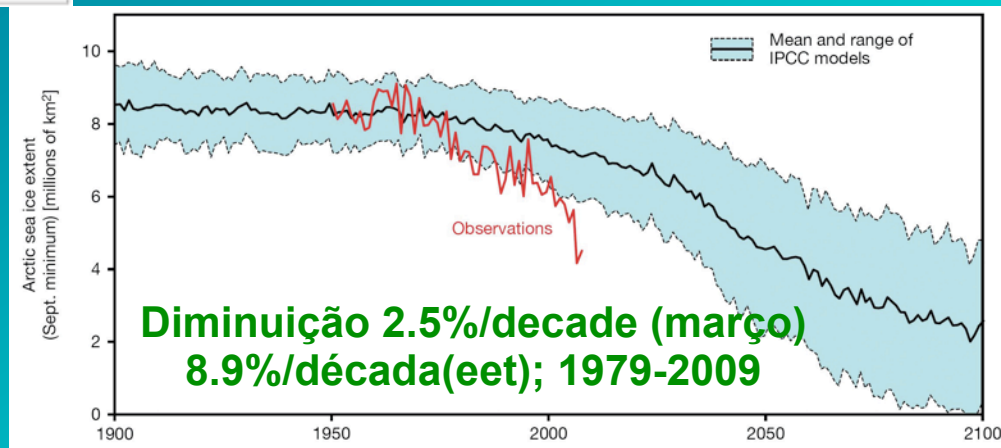
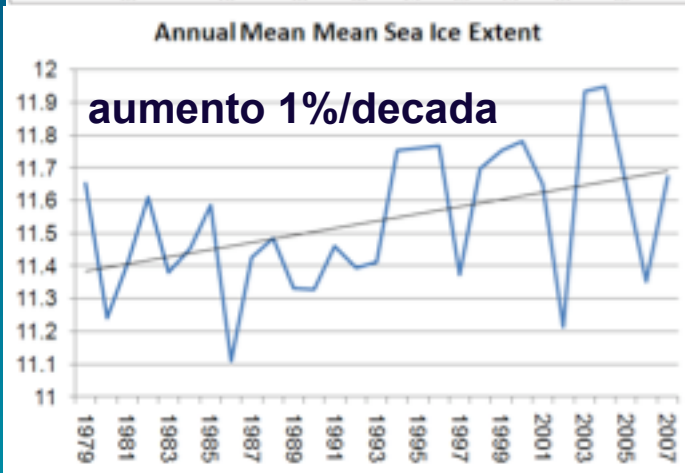
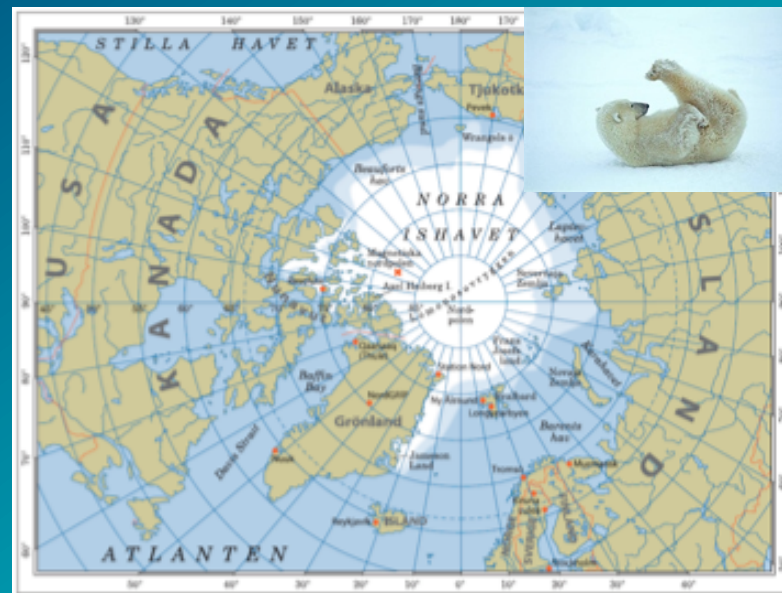
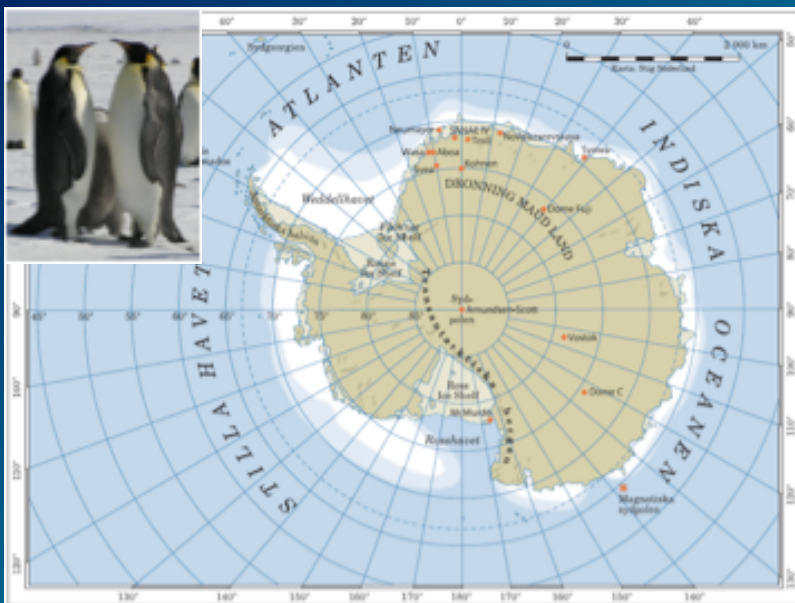
O buraco de O3 afeta o gelo marinho



extensão de gelo % variação por década

**ASL é importante para o gelo marinho no outono
buraco de O₃ aumenta os ventos e mantém o continente isolado**

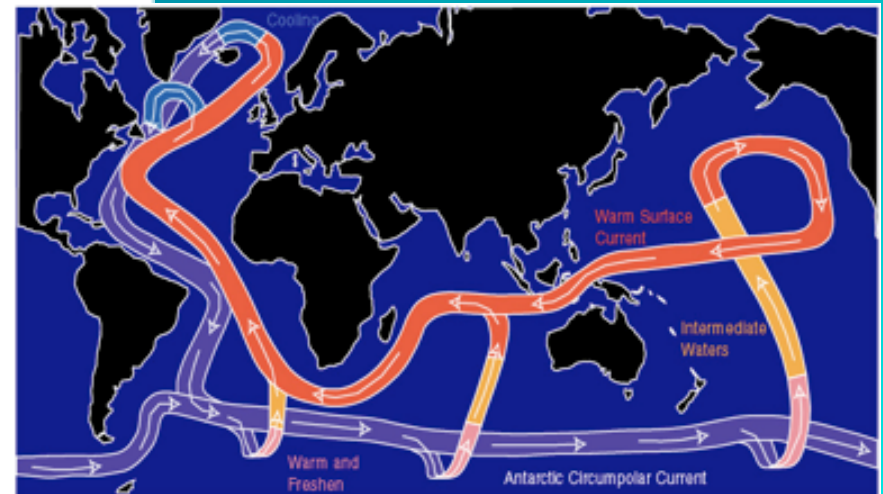
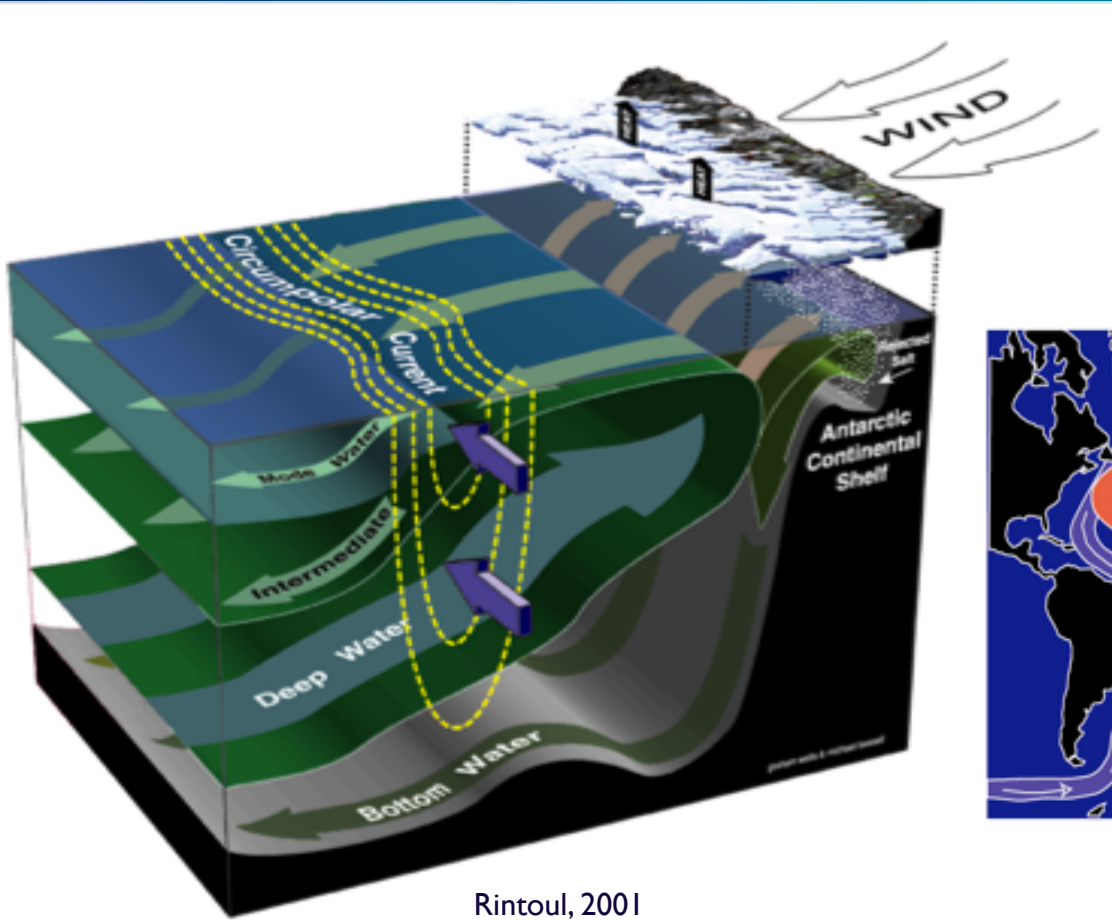
Antarctica e Artico, muito diferentes!



o Artico nao tem uma barreira de ventos protetora

Os oceanos fazem a conexão planetária

os sinais do clima são compartilhados

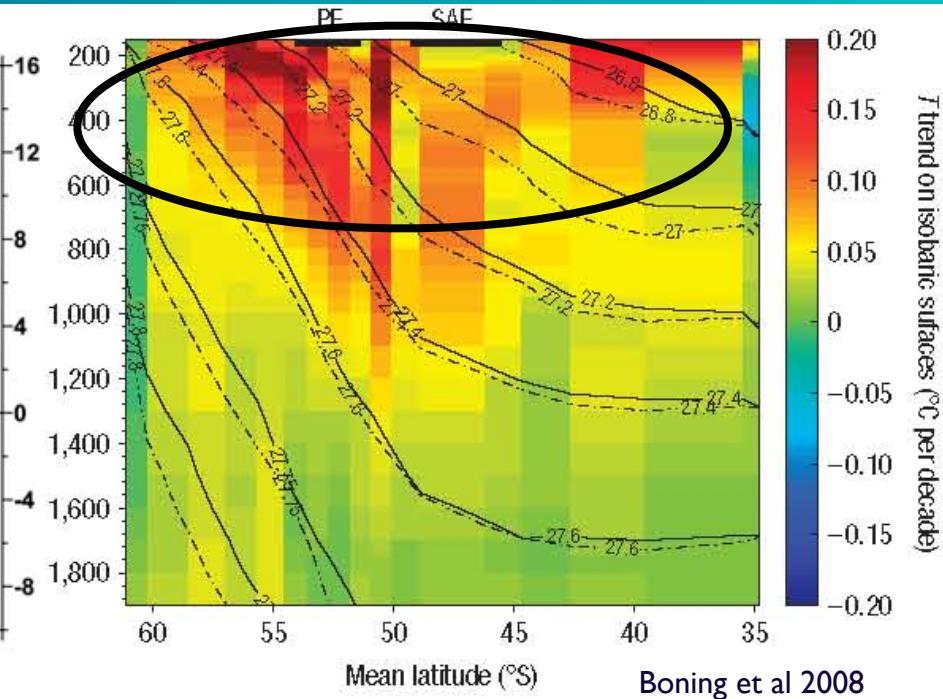
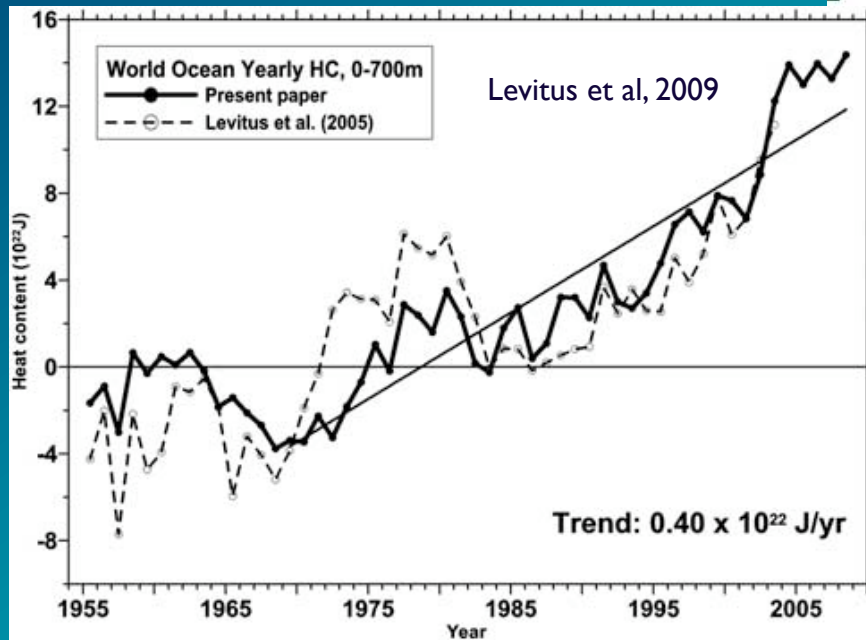
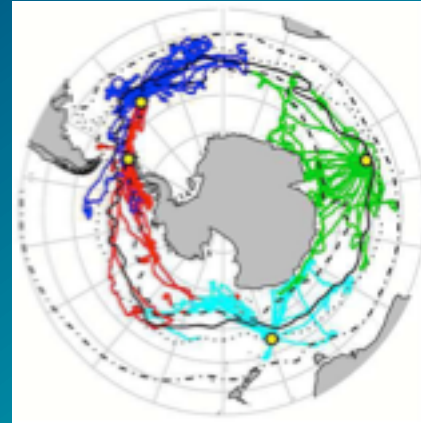
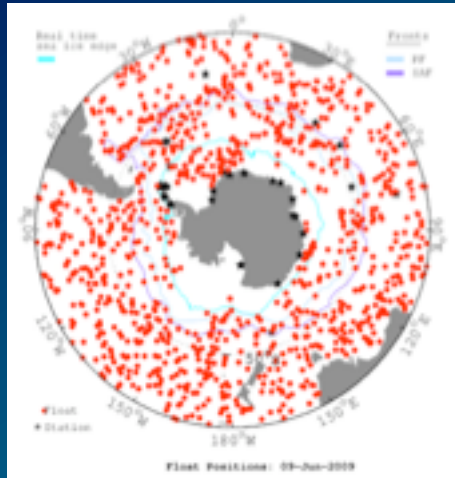


Thermohaline Conveyor Belt (after Doos and Webb)

196g_occam/thermohaline2

esportação de nutrientes para Norte provém 75% da produtividade do oceano global ao norte de 30S.

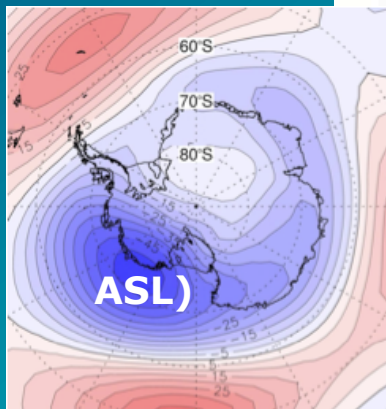
Aquecimento do Oceano Austral



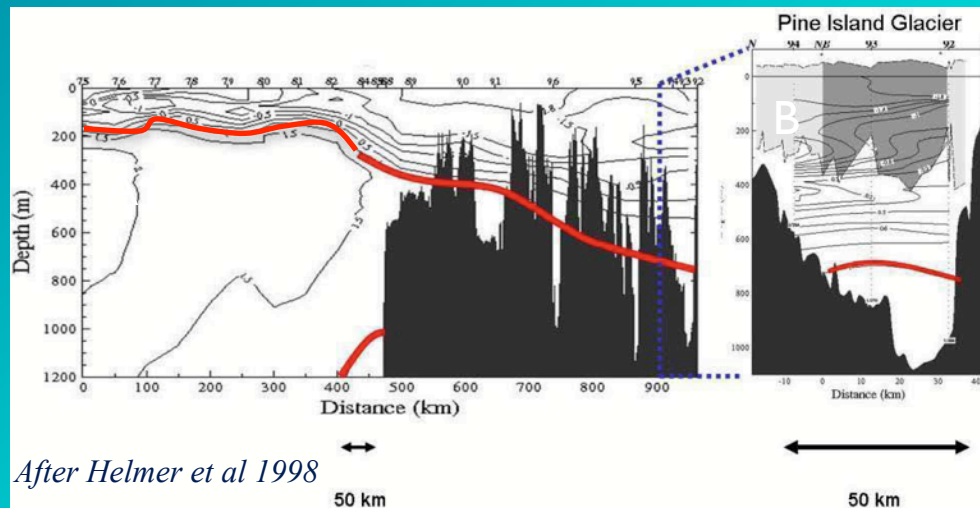
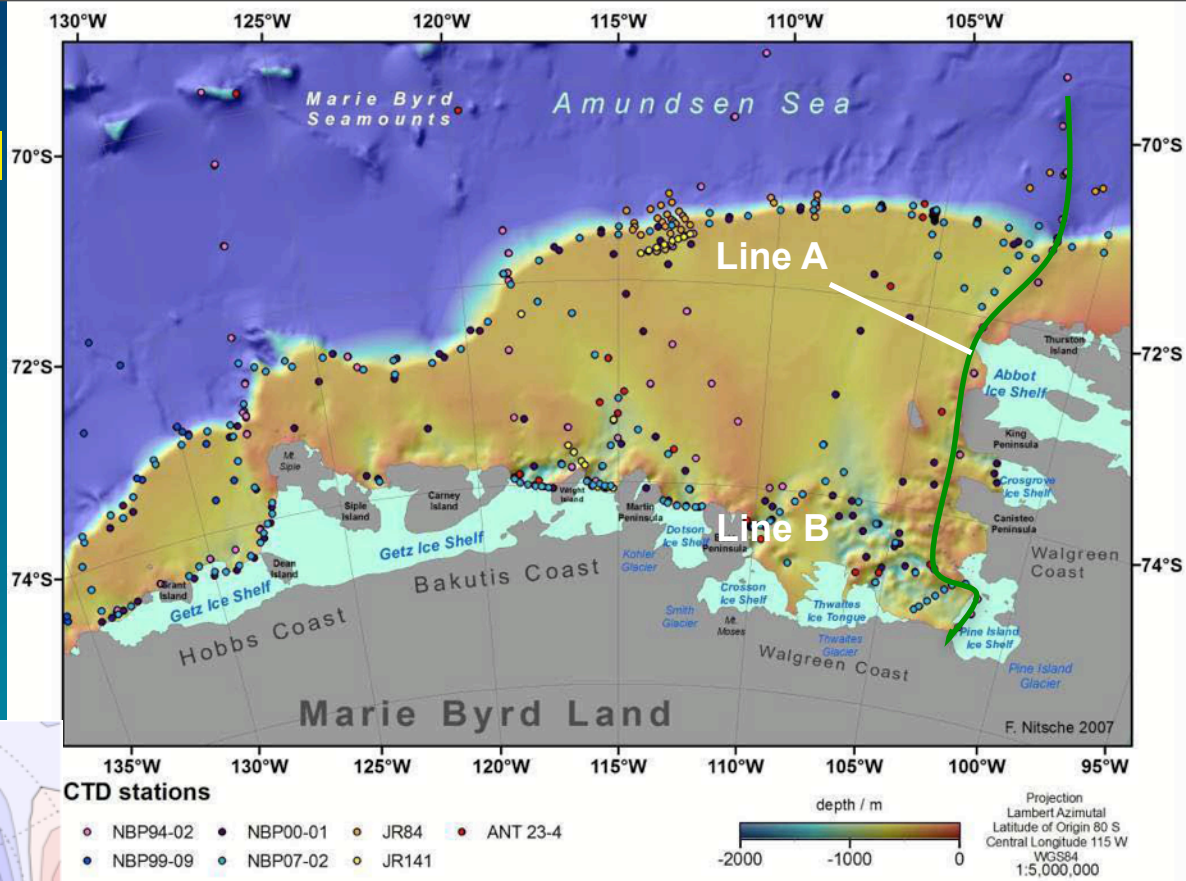
O oceano traz água quente, responsável por derreter a geleira Pine Island por baixo

plataforma de gelo Pine Island

célula de baixa pressão (ASL) força a água mais quente de subsuperfície para cima



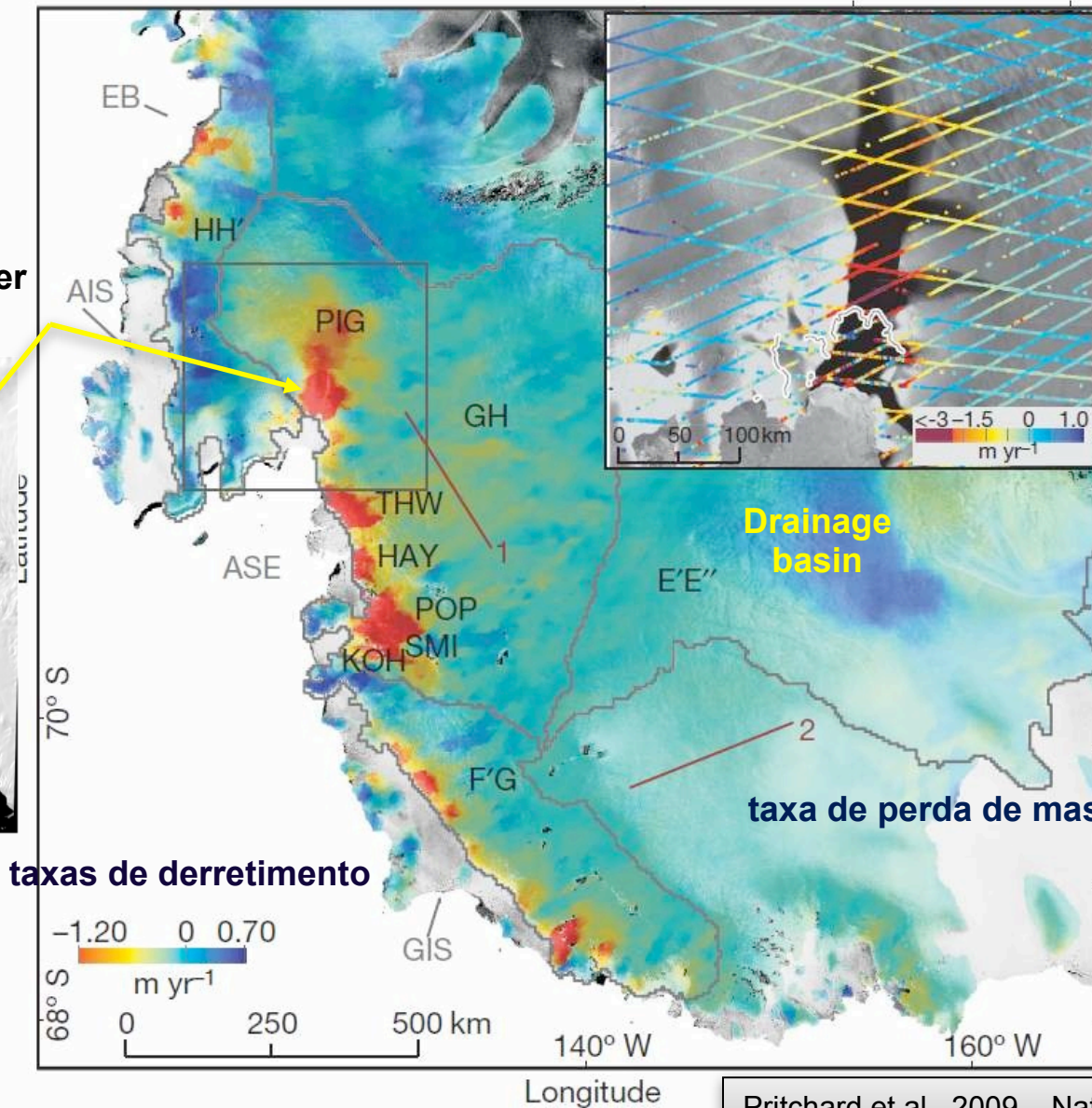
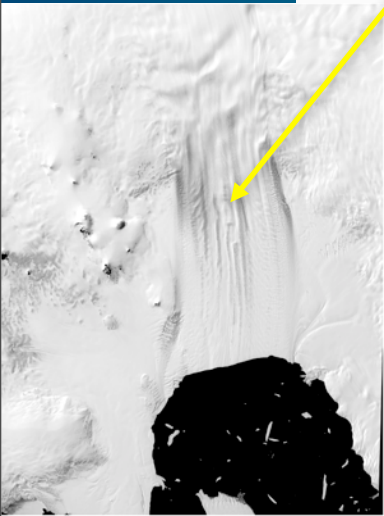
água que vem da subsuperfície (CDW) é 1°C mais quente



After Helmer et al 1998

Estado atual do Mar de Amundsen

Pine Island Glacier (PIG)



PIG pode contribuir para o aumento do nível do mar em 0.5mm/ano

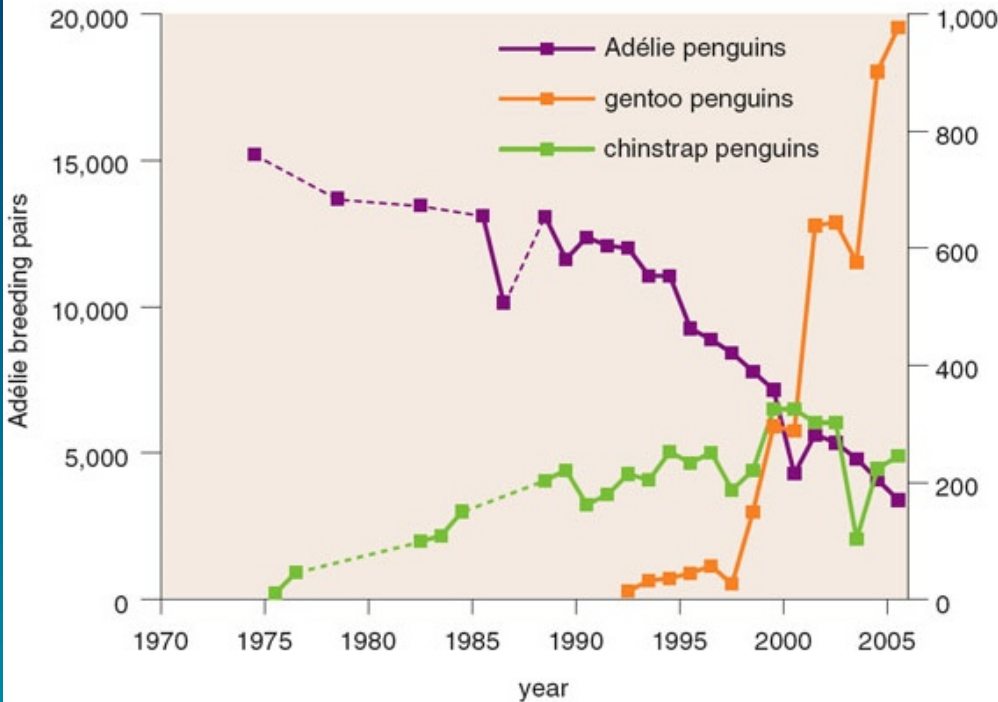
taxa de perda de massas está aumentando

taxas de derretimento

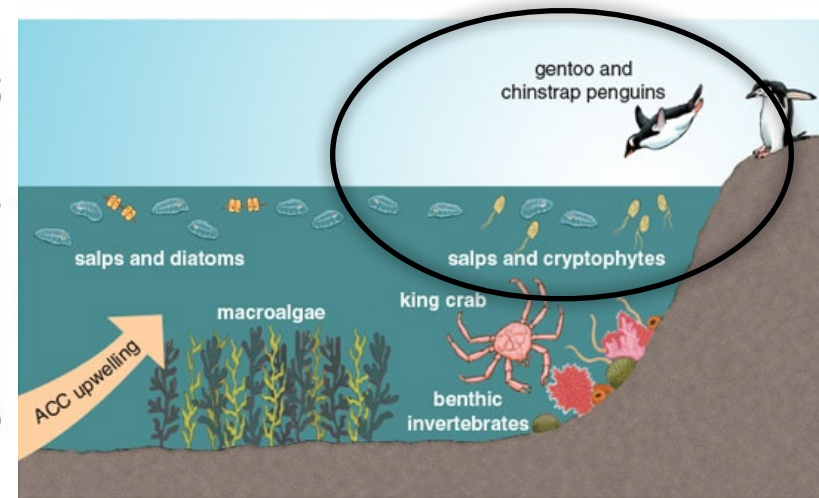
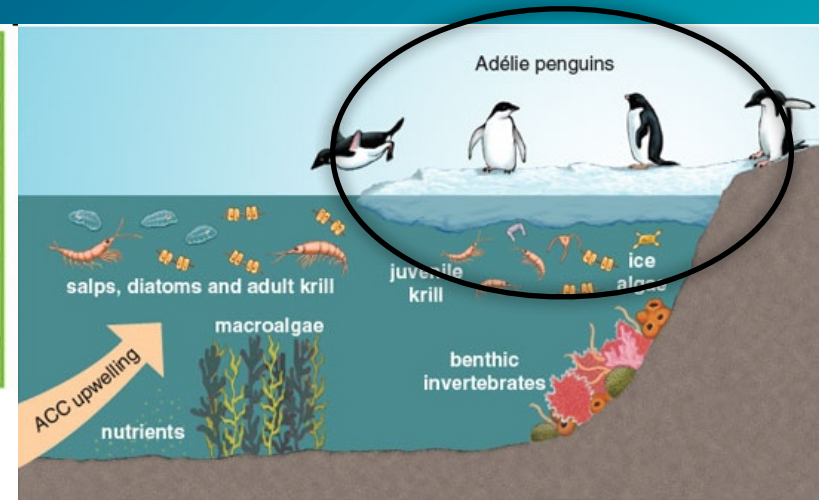


Pritchard et al., 2009 – Nature, 23 September 2009

exemplo de resposta ecologica

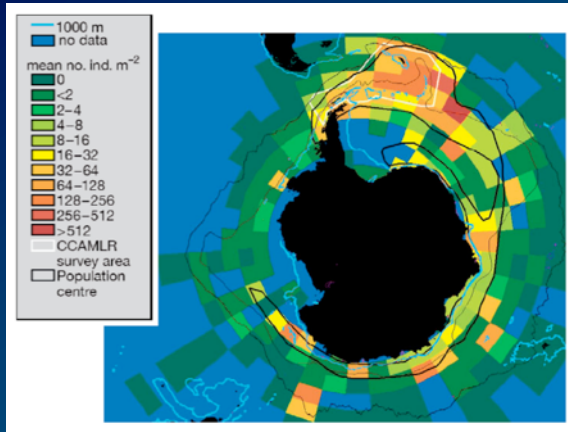


aumento de neve e diminuição do gelo

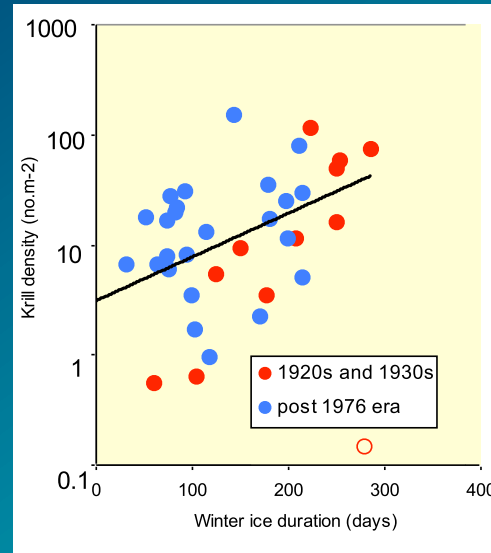


mudanças na população de penguins no oeste da Antartica é atribuído as mudanças nos padrões de PPT e gelo marinho.

Respostas dos ecossistemas às mudanças do clima



krill diminui com a diminuição do gelo

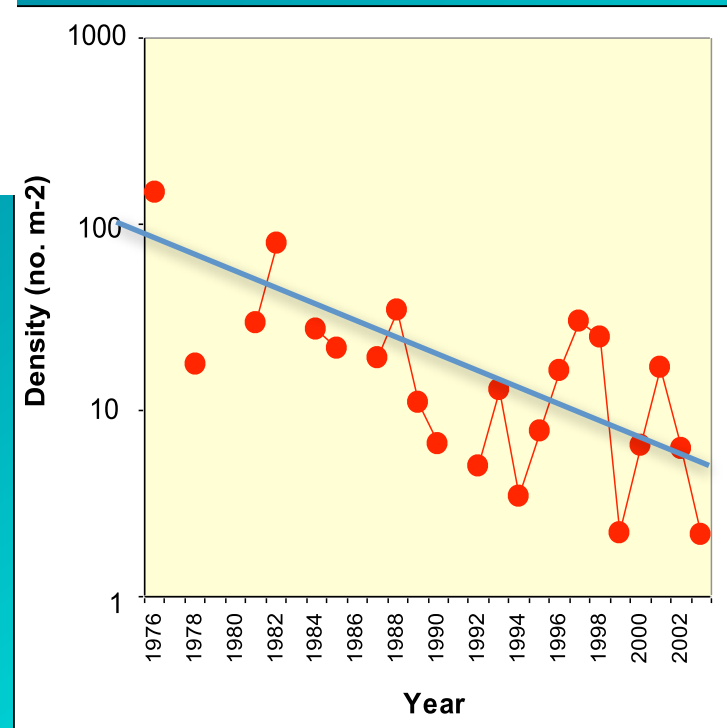
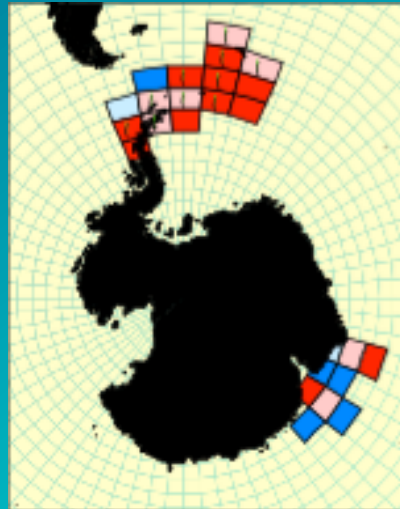


krill diminui e o salp aumenta



Change per decade

- over twofold decrease
- up to twofold decrease
- less than 5% change
- up to twofold increase
- over twofold increase



Atkinson et al, 2004, Nature

Variabilidade Interanual

El Niño = quente = menos
gelo

Península Antártica = ↑

Pouca disponibilidade de krill



Produtividade diminui se o oceano esquentar e o gelo marinho diminui

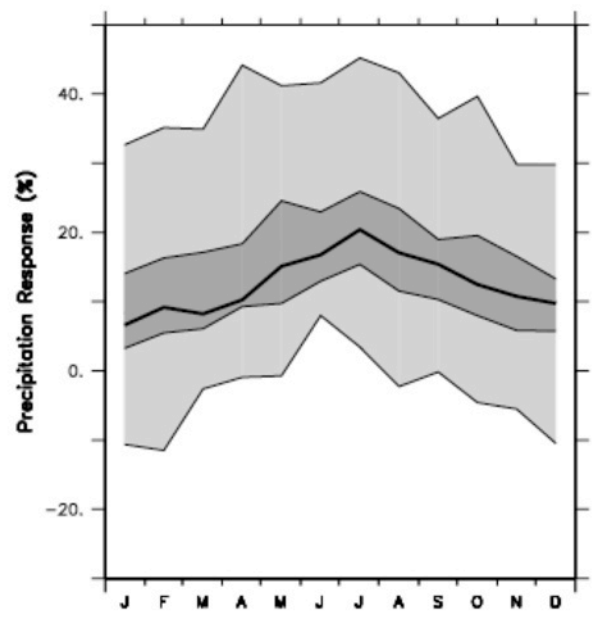
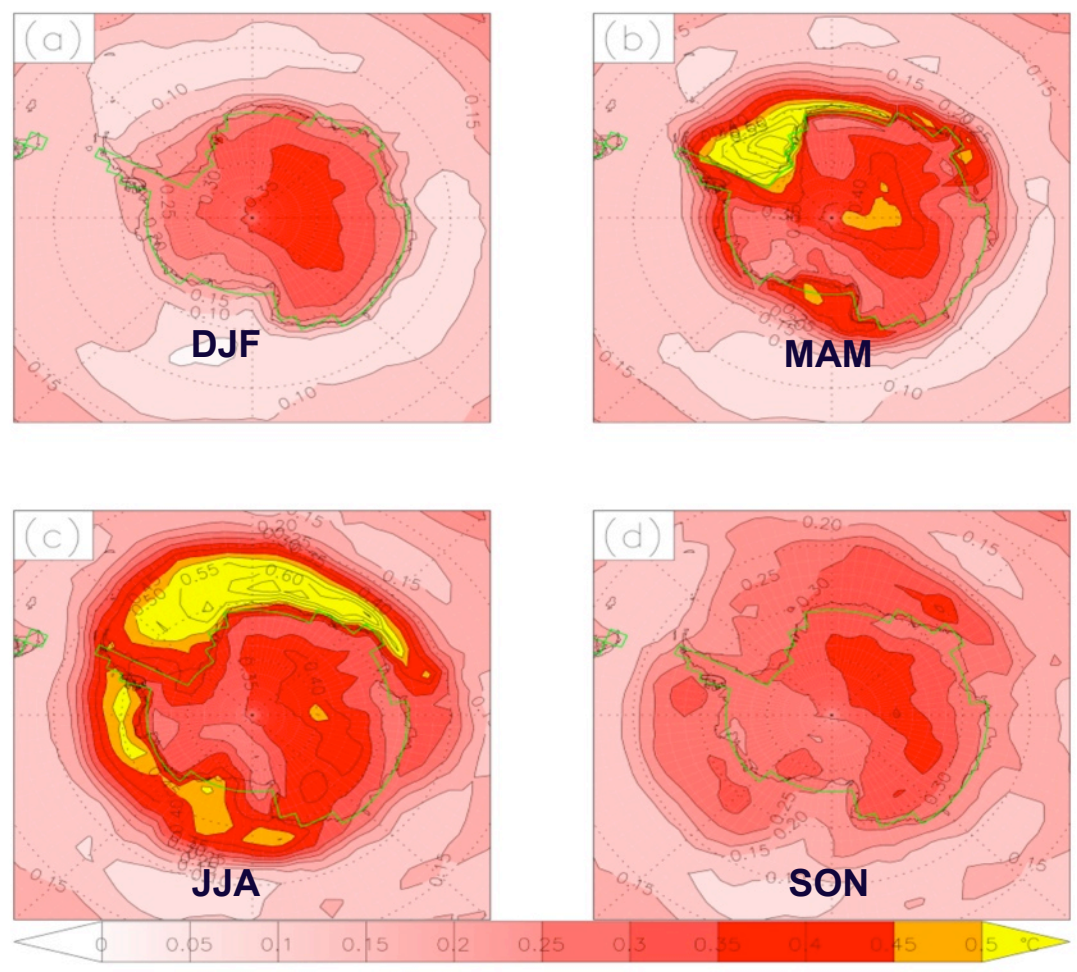
Reid & Croxall, 2008

O Futuro

Projeção do aquecimento na Antártica 2100

3.4°C até 2100
(19 modelos do IPCC, 2 x CO₂)

a maior parte
do aquecimento
acontece no
gelo.

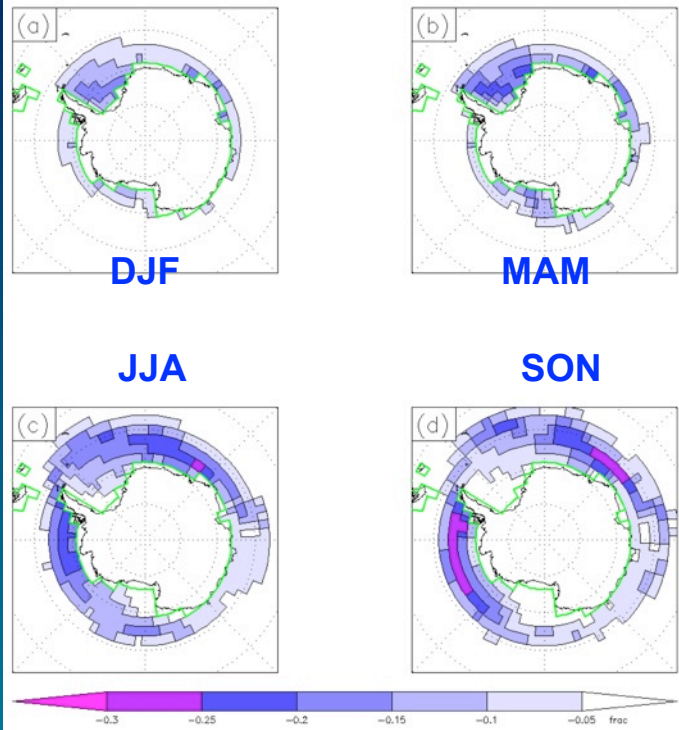


Precipitation as % difference
2080-99 minus 1980-99

oceano esquentando e se torna mais produtivo. Gelo marinho diminui

a superfície coberta por gelo diminuiu 33%

mudanças na produtividade primária

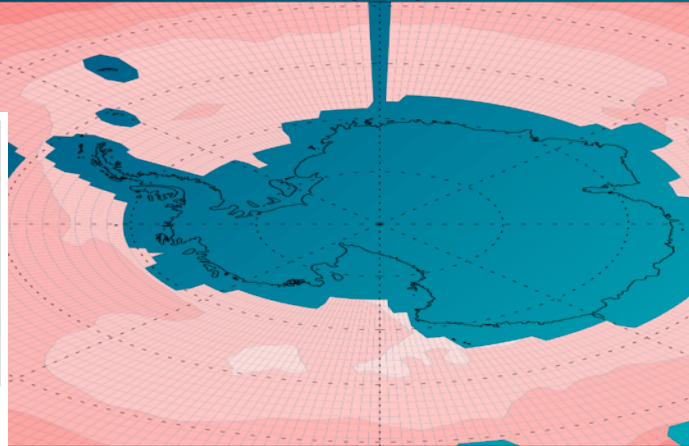


verão: 0.5 to 1.0°C
mais quente ao sul de 60°S.

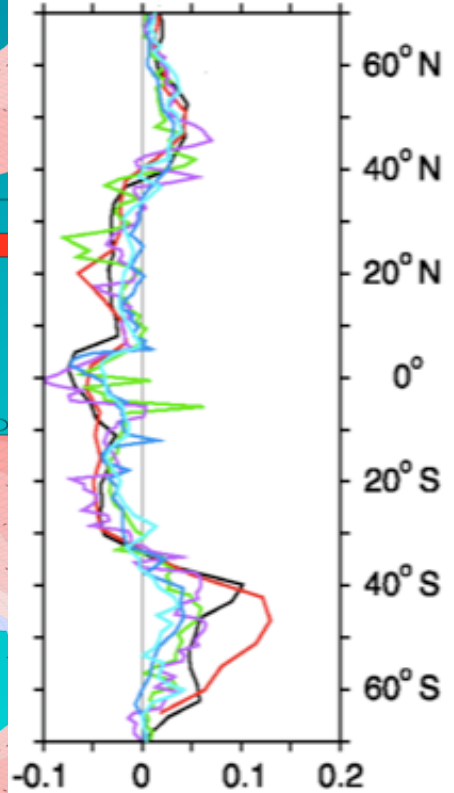
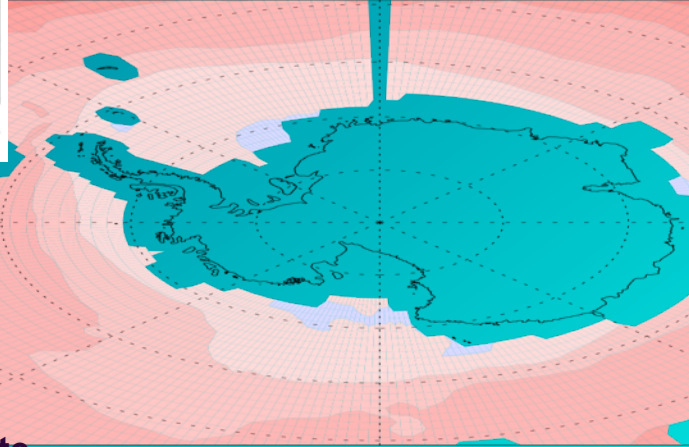
Mar de Amundsen (1-1.25°C).

inverno parecido c/ o presente

Summer SST change (Feb., March, April)



Winter SST change (Aug., Sept., Oct)



- CSIRO
- GFDL
- Hadley
- IPSL
- MPI
- NCAR



plantas nativas no continente vão se dar bem com o aquecimento, florescendo



Grama Deschampsia antarctica

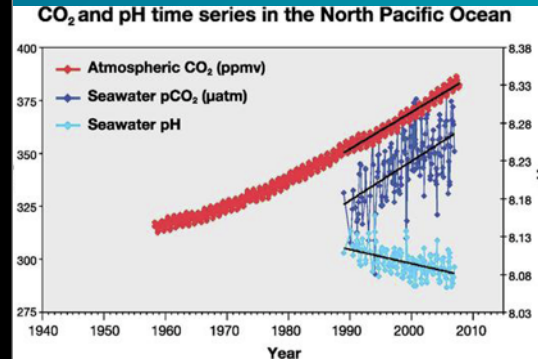
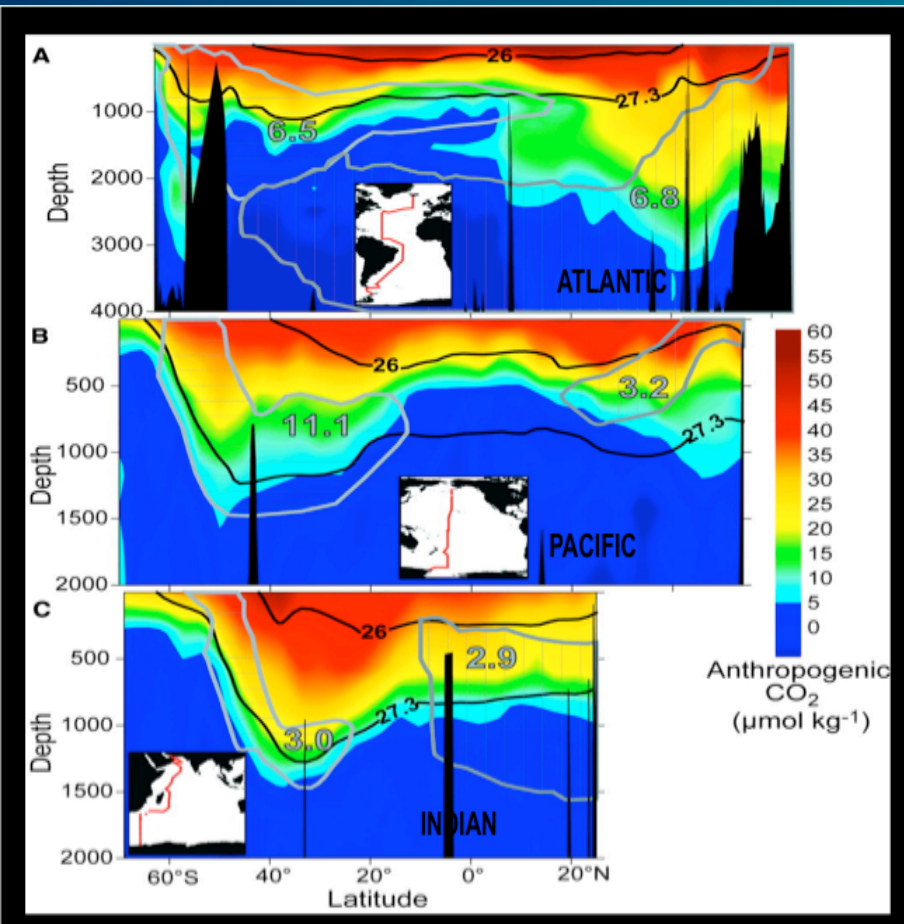
Colobanthus quitensis,



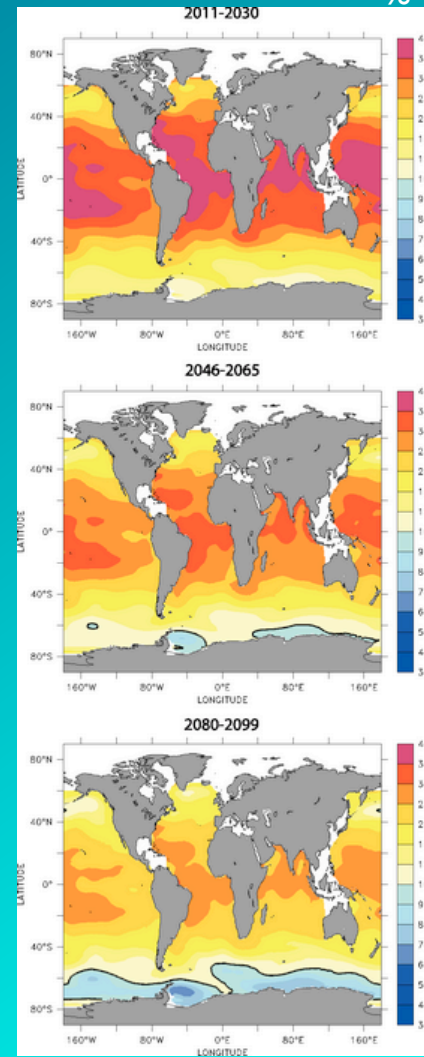
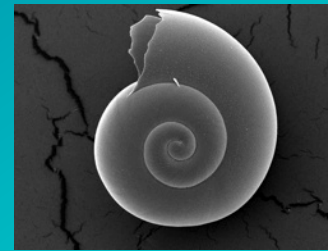
Acidificação do Oceano Austral

Oceano sequestra 35% das emissões humanas. O oceano Austral sequestra 40% disso

% saturação (aragonite); azul=pode começar dissolução

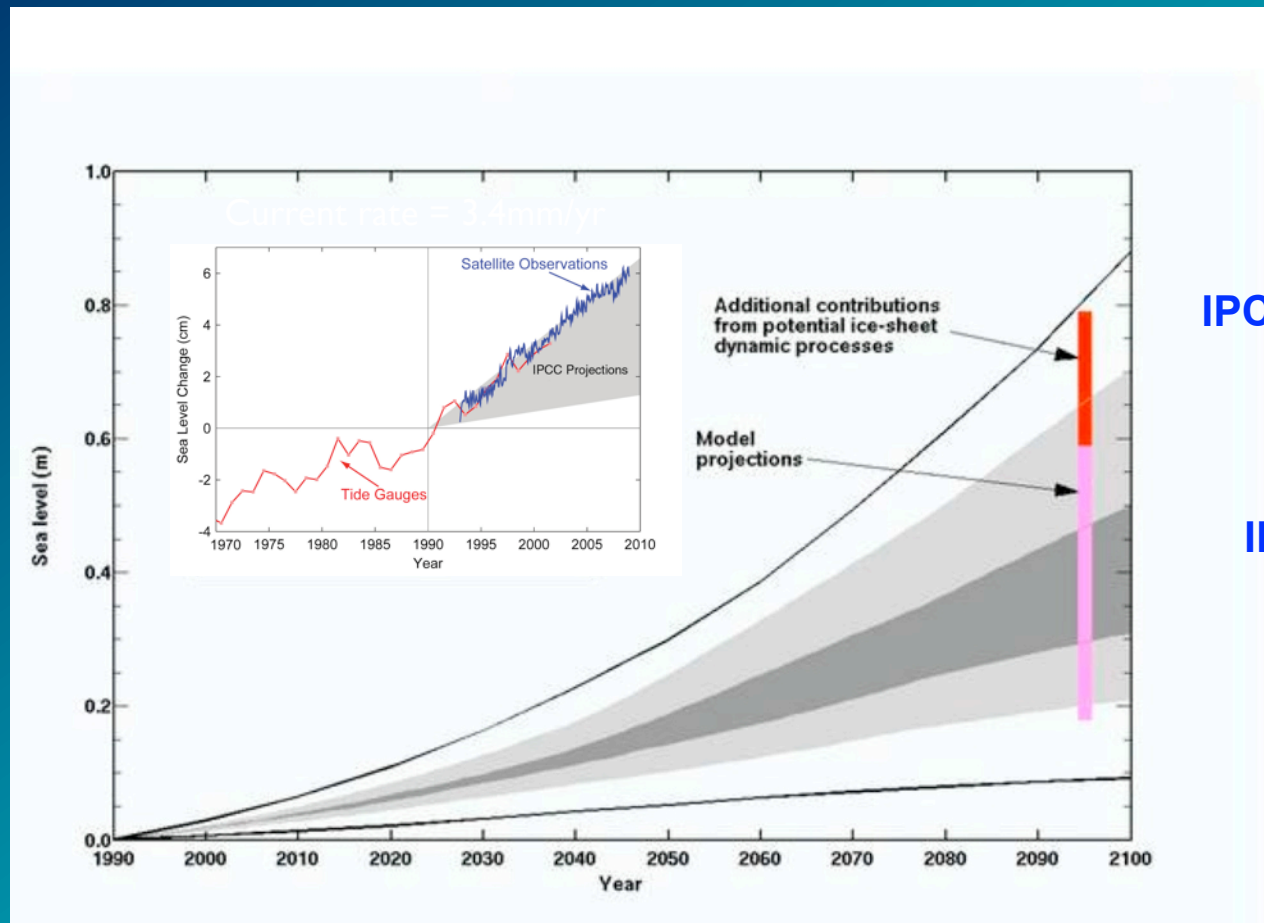


Increasing acidity; Feely 2008



Ocean Carbon-Cycle Model Intercomparison Project (OCMIP-2) models (adapted from Orr et al., 2005)

Projeção do nível do mar em 2100



146 milhões de pessoas vivem em torno de 1m do nível do mar

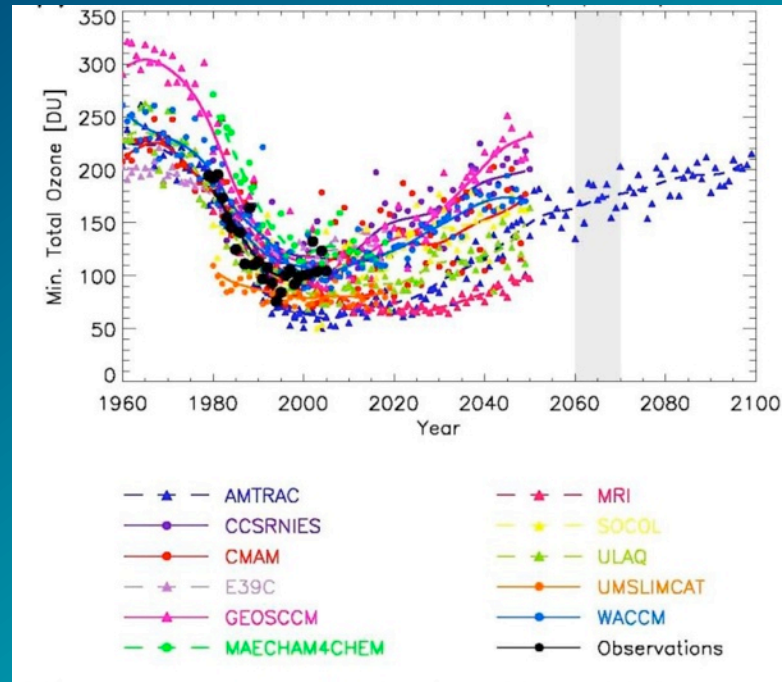
Aumento de 1.4m vai ter impacto nas mega-cidades costeiras e plataformas off-shore

Church et al., 2008

No futuro, buraco de O₃ diminui


Em 2070 os níveis de O₃ voltam a ser iguais aos de 1980

mínimo O₃ na coluna atmosférica
(Set-Out)



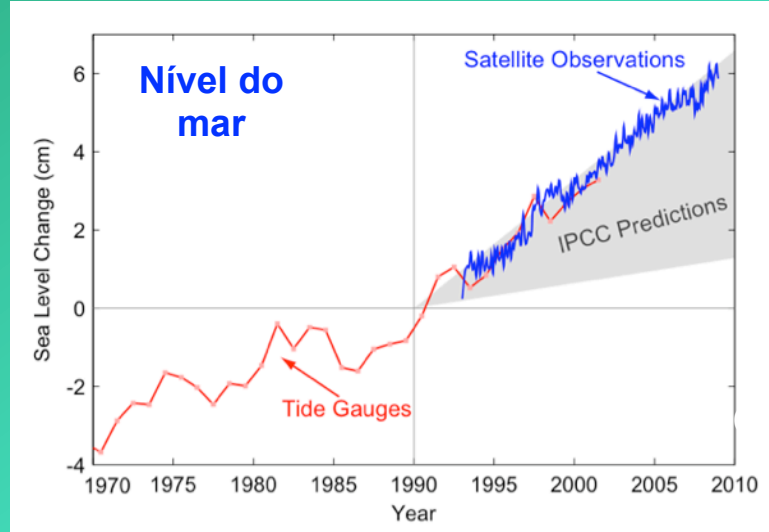
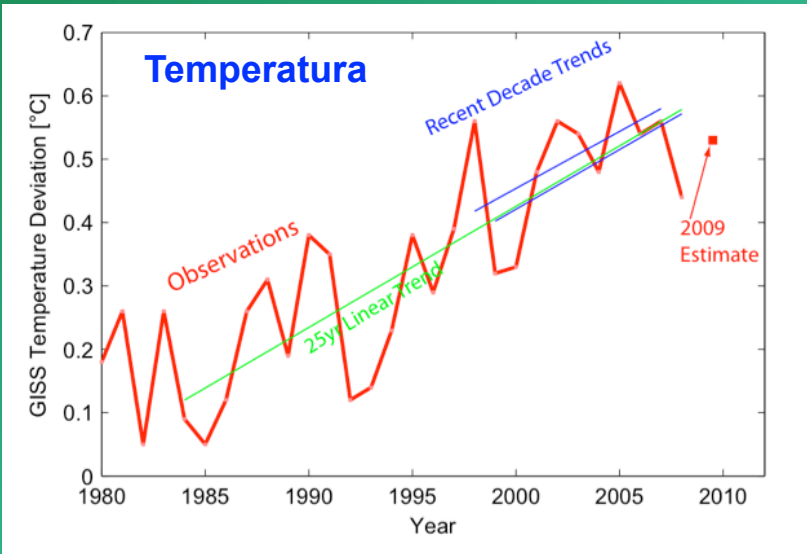
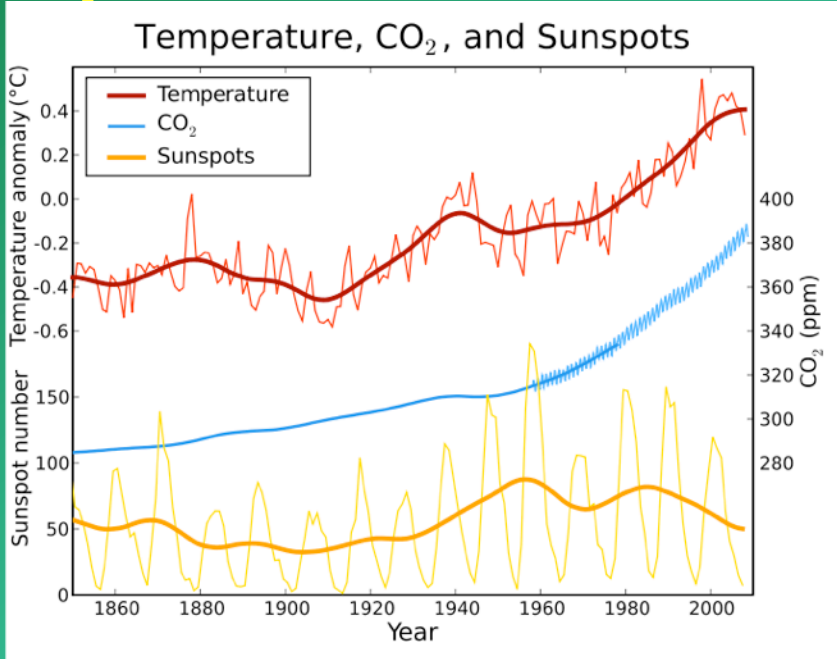
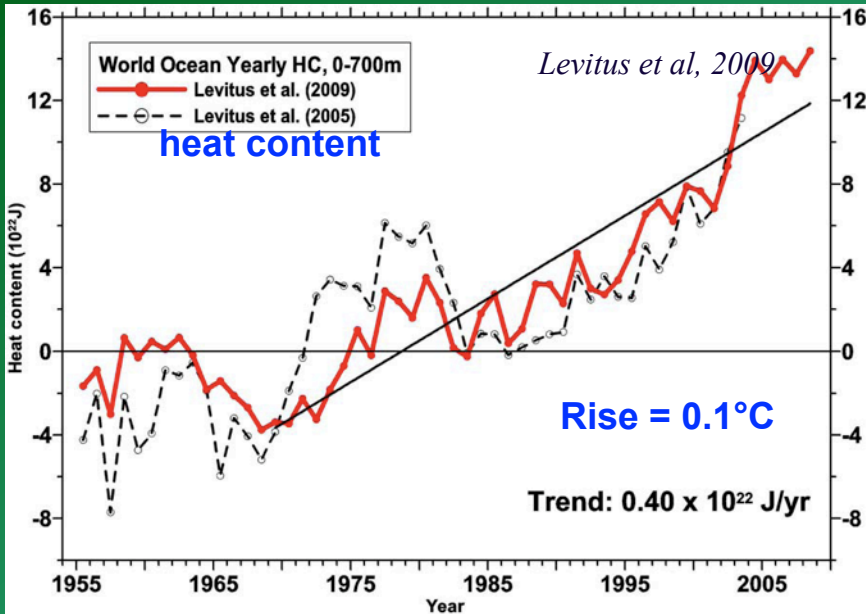
em 2070 não vai mais haver proteção
para a Antártica

Bodecker et al., 2004, & WMO
2006

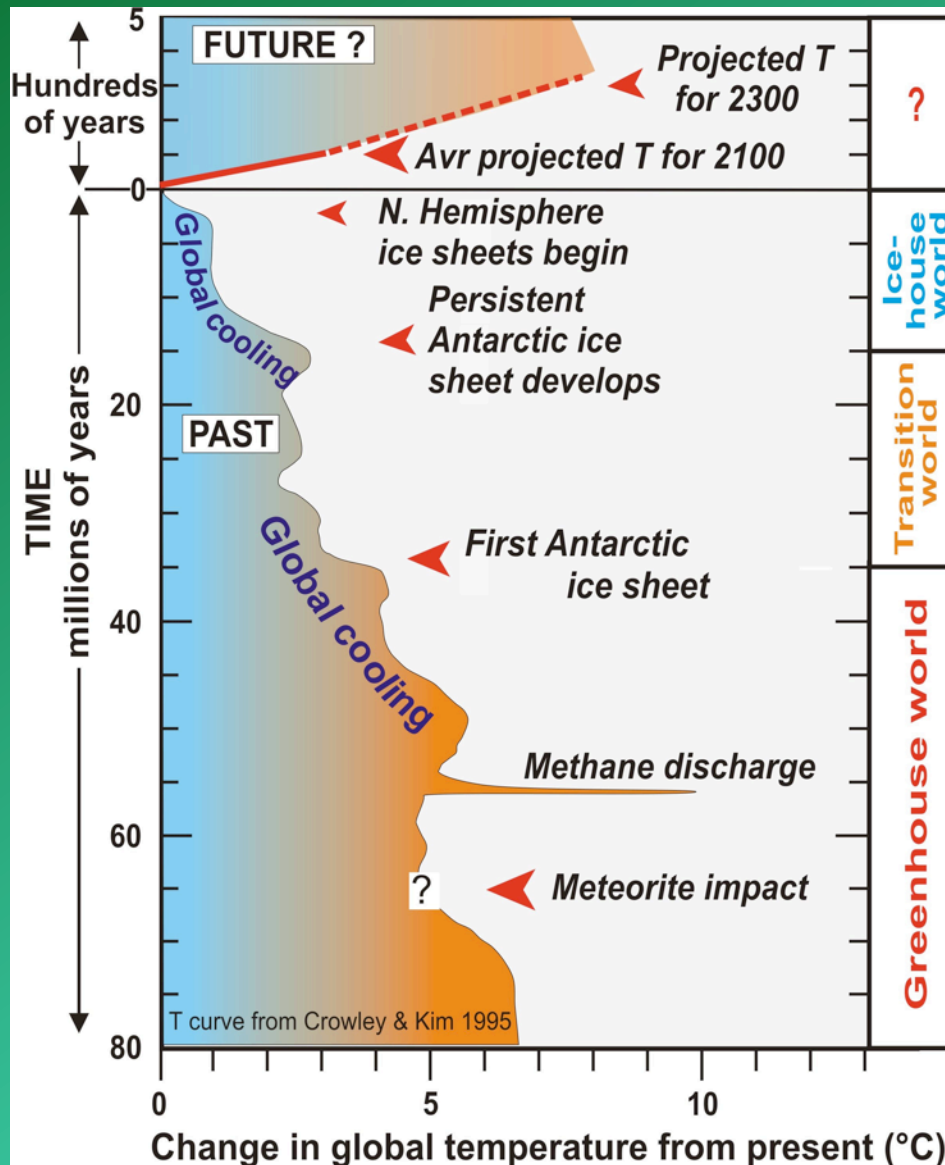
A large, blue-tinted photograph of a sea ice floe. The ice is broken into several large, irregular pieces. In the center, a colony of penguins is gathered on a smaller ice piece. The background is a vast expanse of sea ice under a clear sky. The overall color palette is dominated by various shades of blue and white.

**Agora - vamos examinar as
características FÍSICAS do
oceano austral e o seu papel
nas mudanças do clima**

o contexto: mudanças climáticas



Resfriamento global com a queda do CO₂ de 1000+ para 200 ppm



Era Antropocena (homem)
 baixo CO₂
 180 ppm nos glaciais
 280 ppm, interglaciais

CO₂ abaixo de 400 ppm

CO₂ 750-450

Evento catastrófico associado a liberação de NH₃

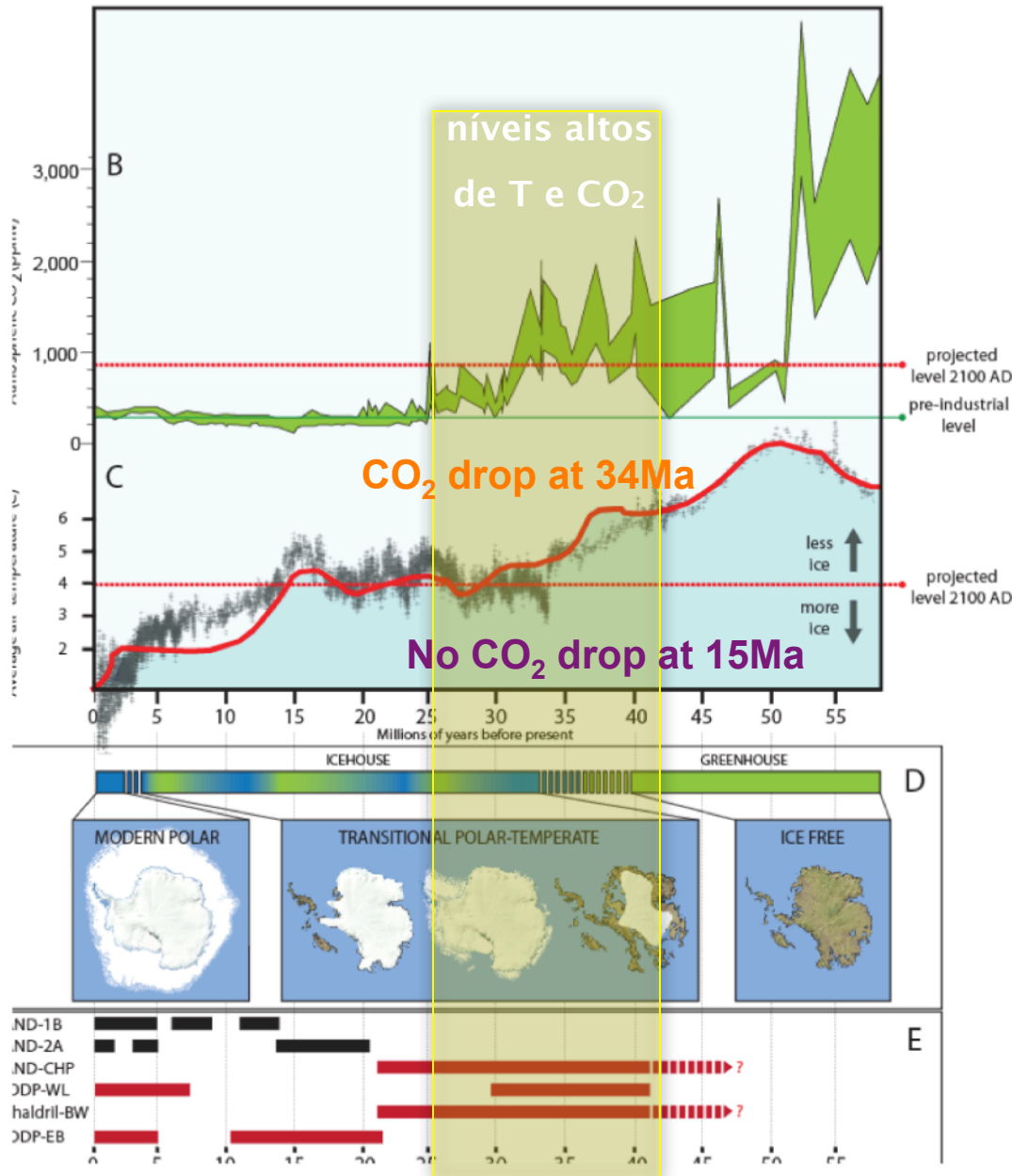
CO₂ abundante vindo de atividade vulcânica da cordilheira meso-atlântica

Modified from Crowley & Kim, 1995

Registro climático tem falhas

dados de CO₂ das alkenonas

Temp °C (d¹⁸O data)



necessários dados de high-CO₂



Plano para furar a Antártica 2010-2015



Pagani et al., 2005