

**E**stado **M**édio **O**bservado

**E**strutura da **S**alinidade dos **O**ceanos

# Introdução

- O entendimento dos fluxos de calor e água doce é fundamental para a compreensão da distribuição de temperatura e salinidade ao longo dos oceanos
- As variações de salinidade e temperatura causam alterações na densidade. Variações horizontais no campo da densidade são o mecanismo gerador das correntes
- Os fluxos na interface ar/mar também podem actuar no aumento e/ou na diminuição da densidade, induzindo assim movimentos verticais, dependendo da estratificação da coluna de água

# Salinidade

- **Definição mais completa (1902):** “quantidade total de materiais sólidos (em gramas) dissolvidos num quilograma de água do mar quando todos os carbonatos forem convertidos em óxidos, os brometos e iodetos substituídos por cloretos e quando todo o material orgânico for totalmente oxidado”
- **Definição mais simples:** “quantidade de material dissolvido (em gramas) num quilo de água do mar. É uma grandeza adimensional”

# Distribuição Global da Salinidade – Média Anual

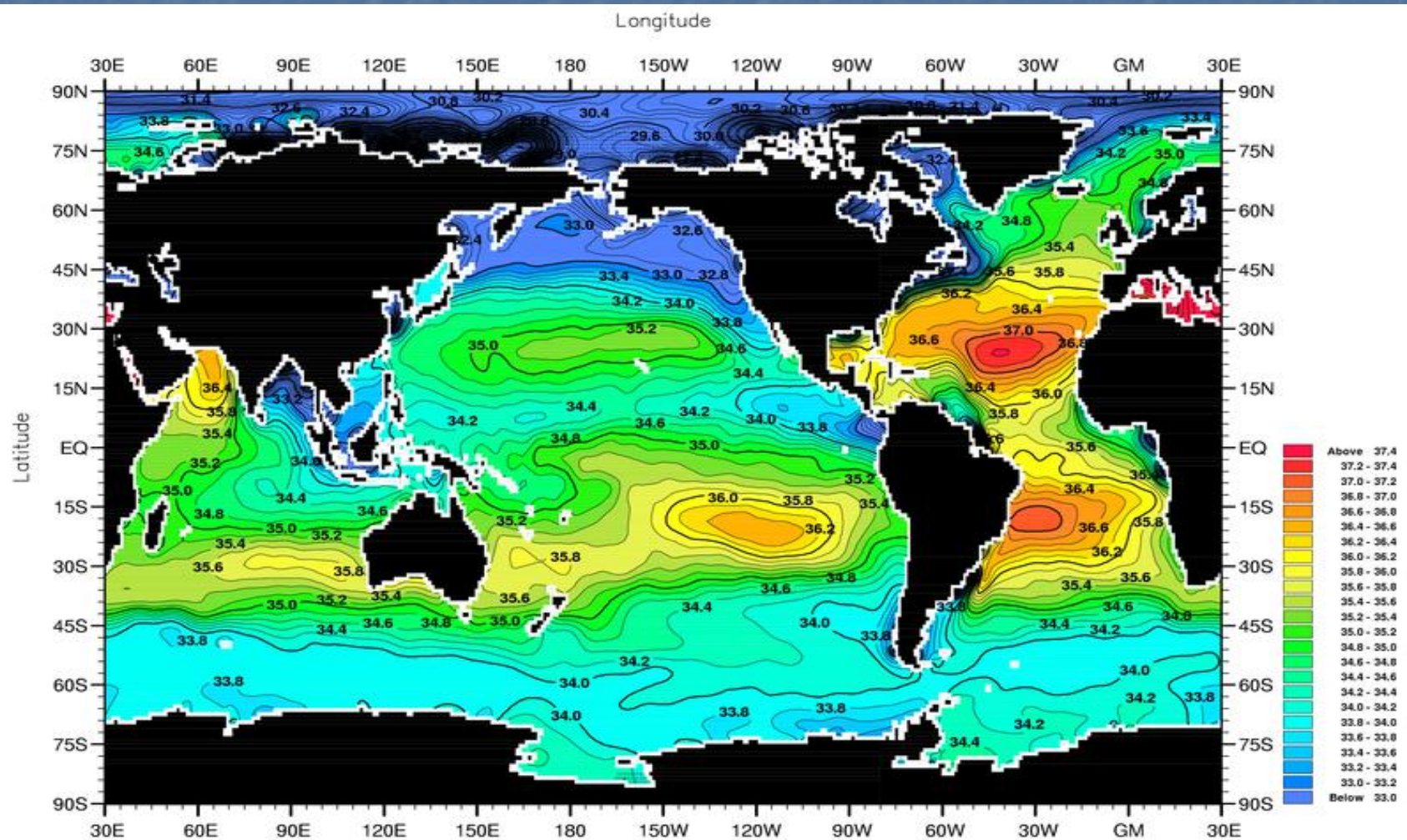


Fig. A2-1. Annual mean salinity (PSS) at the surface.

Minimum Value= 2.37

Maximum Value= 40.37

Contour Interval: 0.20

# Distribuição Global da Salinidade – Média Inverno

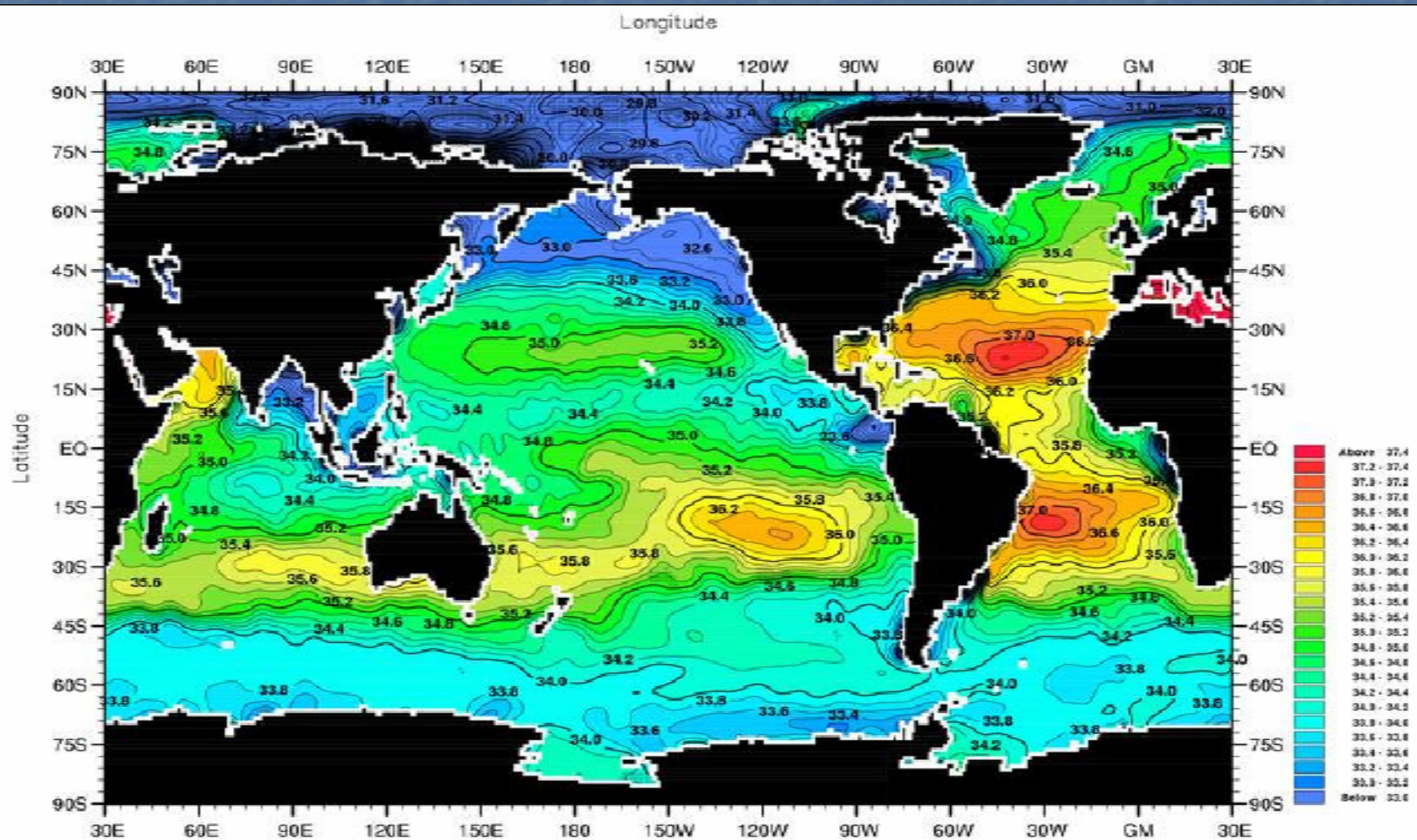


Fig. B2-1. Winter (Jan.-Mar.) mean salinity (PSS) at the surface.  
Minimum Value= 1.70      Maximum Value= 41.52      Contour Interval: 0.20

# Distribuição Global da Salinidade – Média Verão

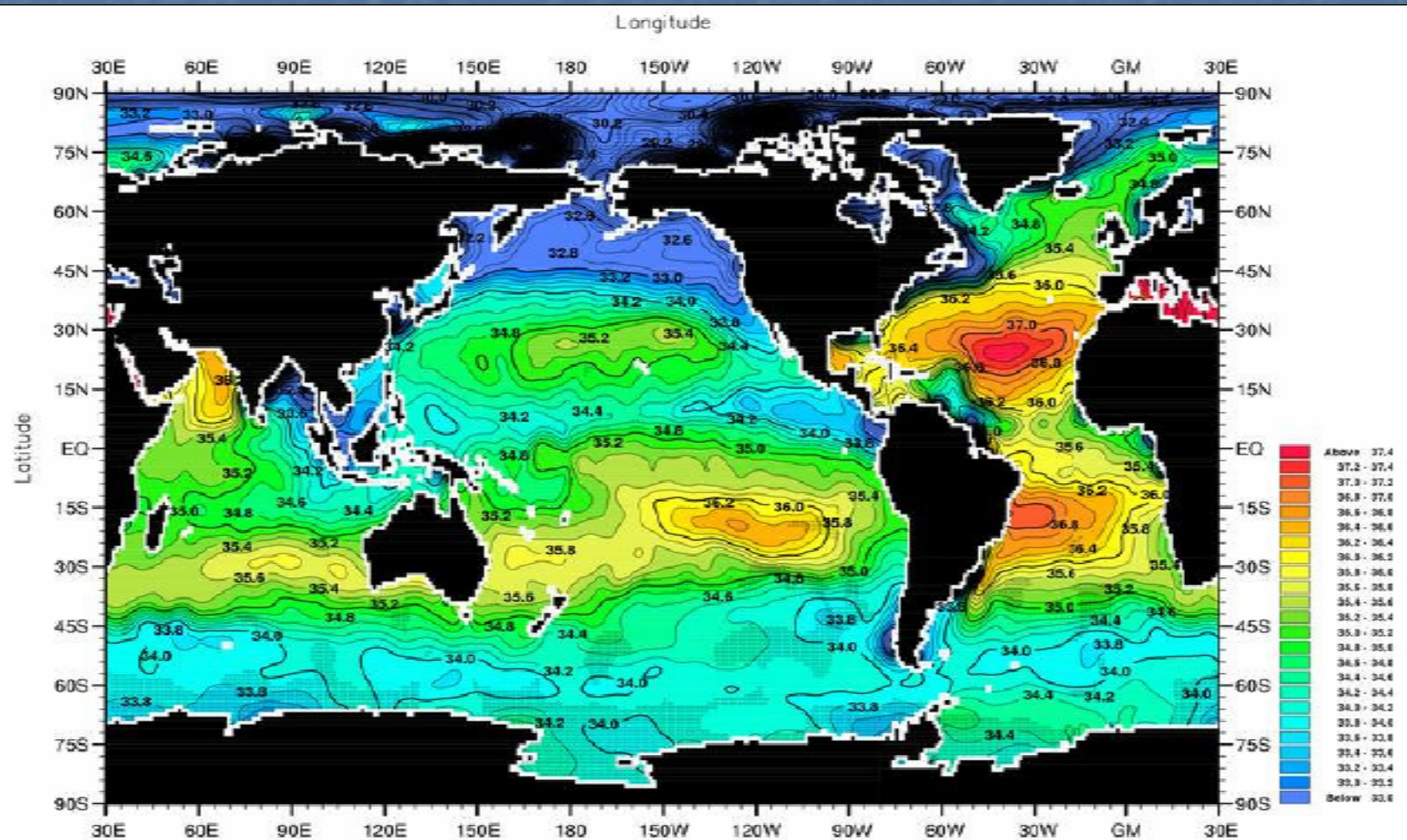


Fig. D2-1. Summer (Jul.-Sep.) mean salinity (PSS) at the surface.  
Minimum Value= 0.00      Maximum Value= 40.95      Contour Interval: 0.20

# Distribuição Global da Salinidade

- Valores elevados de salinidade entre as latitudes  $15^{\circ}$  e  $35^{\circ}$  em todos os oceanos subtropicais, onde ocorre a maior evaporação
- Mínimos de salinidade encontram-se justo ao Norte do Equador na posição do ITCZ, onde a precipitação excede a evaporação e nas latitudes elevadas onde se funde a neve/gelo
- Mínimos de salinidade próximo dos maiores rios como por exemplo o Amazonas,... Escoamentos de água doce em direcção ao oceano

# Distribuição Global da Salinidade

- Oceano Atlântico é mais salino que o Oceano Pacífico como se pode ver claramente nos perfis, esta diferença está associada ao déficite de precipitação líquida sobre a evaporação
- Valor médio da salinidade no Norte/Centro do Oceano Atlântico (afastado da costa) é elevado, oscilando entre 35 e 37 psi , enquanto que no Atlântico Sul é mais baixo. No Oceano Índico Central a água é mais fresca do que as águas do Atlântico entre 34.0 e 35.7 psi. O Sul do Oceano Pacífico é mais salino do que no Norte..
- Os valores baixos de salinidade estão junto ao norte do equador em todos os oceanos devido a grande precipitação.



# Distribuição Global da Salinidade

- **Variação Sazonal Inverno :**

Diminuição ligeira da salinidade nas altas latitudes

Decréscimo de Salinidade no Oceano Atlântico, consequência do aumento da precipitação

Aumento da Salinidade no H.S. pois estamos no Verão neste hemisfério

# Distribuição Global da Salinidade

## ■ Variação Sazonal Verão :

Nas altas latitudes ligeiro aumento de Salinidade, principalmente no Pólo Norte

Acréscimo de Salinidade no Norte do Oceano Atlântico, devido ao aumento da evaporação

Aumento da Salinidade ao largo da linha do equador, durante o Verão diminuição da ocorrência de precipitação

Ligeira diminuição no H.S. ( Inverno neste Hemisfério )

# Estrutura Vertical – 1000 m Profundidade

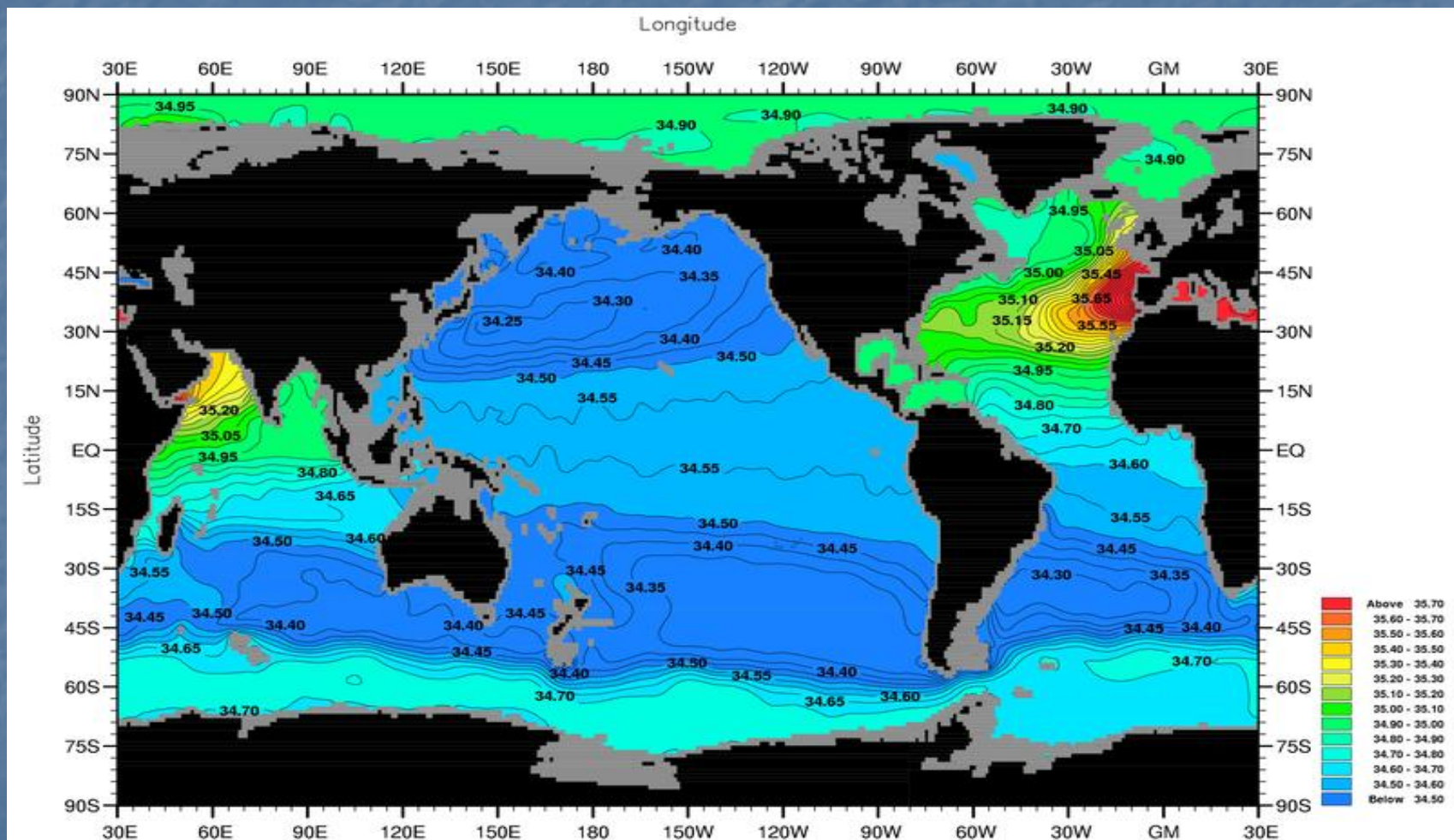


Fig. A2-19. Annual mean salinity (PSS) at 1000 m. depth.

Minimum Value= 22.23

Maximum Value= 40.88

Contour Interval: 0.05

## Estrutura Vertical – 1000 m Profundidade

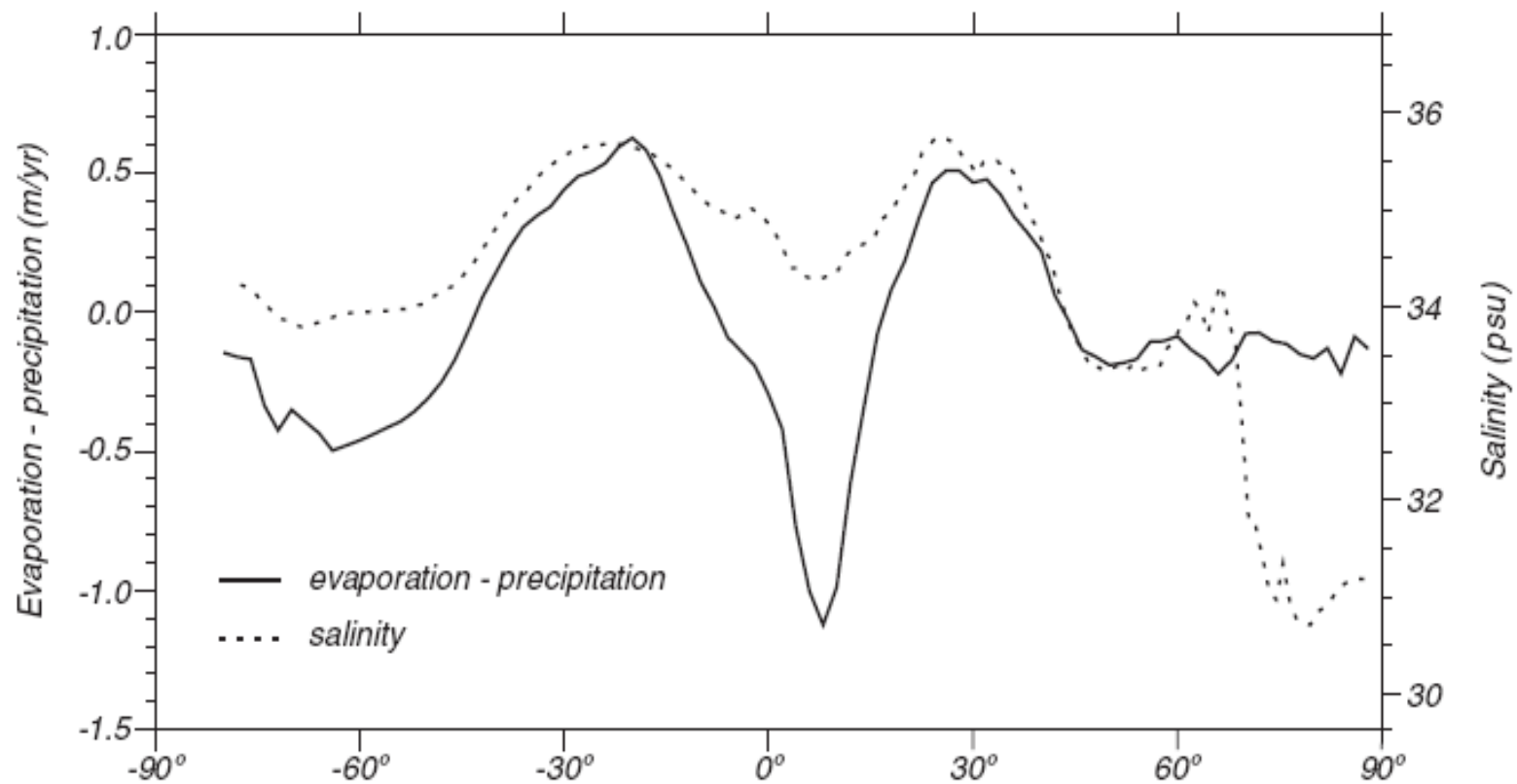
- A 1000 m de profundidade, a distribuição da salinidade é muito diferente da superfície, particularmente na Atlântico Norte e na zona Antártida (55°S)
- Os valores elevados de salinidade a este nível são encontrados na parte Este do Atlântico Norte, são devidos à intrusão de muito sal da água Mediterrânea
- Com o aumento da profundidade, aproximação de um oceano homogêneo, valores semelhantes de salinidade

Média Anual

Perfil Meridional e Zonal

Perfil Vertical

# Média Anual da Salinidade à Superfície

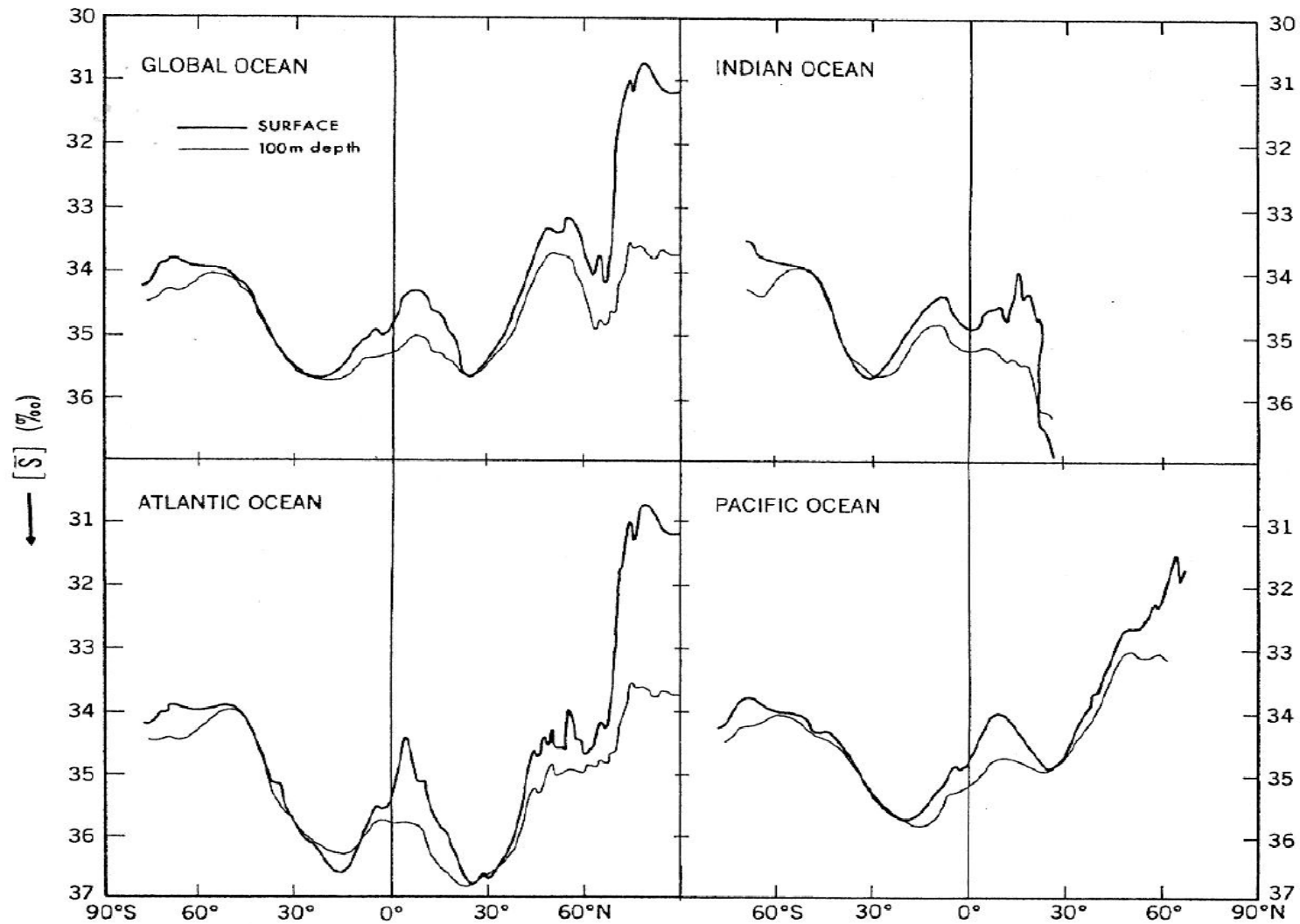


- Nesta figura, que nos mostra a média anual da salinidade á superfície, estão presentes 2 linhas: uma respeitante ao balanço entre evaporação e precipitação (quando o balanço é positivo a evaporação supera a precipitação, vice-versa quando o balanço é negativo); a outra que representa a salinidade. Esta figura pretende mostrar a relação entre o balanço evaporação-precipitação e a salinidade.
- Assim, vemos que a evaporação supera a precipitação nos trópicos enquanto que a precipitação supera a evaporação nas restantes latitudes. É de realçar a grande precipitação na região do Equador (devido á presença da ITCZ, que provoca grandes precipitações nesta zona).

- A salinidade é maior quanto maior a evaporação, já que a precipitação dilui as águas provocando uma diminuição da salinidade. Logo, vemos que onde a precipitação é maior a salinidade é menor (baixas e altas latitudes) e onde a evaporação é maior a salinidade é maior também (latitudes intermédias).
- O pólo sul está no lado esquerdo e o pólo norte no lado direito da figura. Vê-se que a salinidade é muito maior no pólo sul, apesar da precipitação ser maior no pólo sul que no pólo norte. Isto acontece porque no pólo sul o crescimento de gelo faz com que as águas circundantes sejam mais salinas, enquanto que no pólo norte ocorrem mais degelos, que diluem a água e fazem diminuir a salinidade.



# Perfil Meridional e Zonal Médio de Salinidade

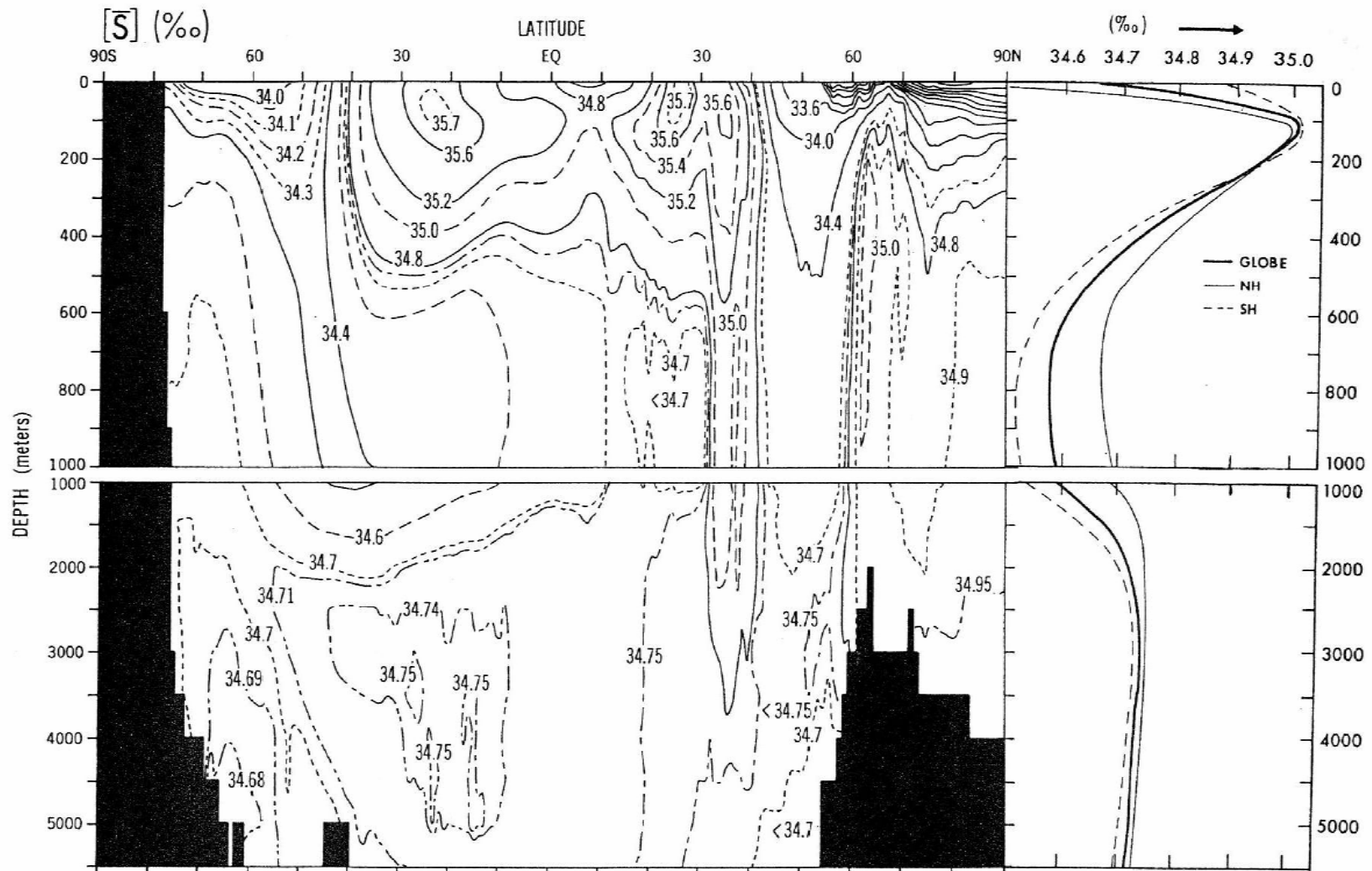


- Esta figura ilustra os perfis de salinidade dos vários oceanos (Pacífico, Índico e Atlântico, bem como uma média global para todos os oceanos). Também estão representadas 2 linhas, que representam a salinidade à superfície e aos 100m de profundidade. Analisando a linha da salinidade à superfície, vemos que:
  - No Oceano Índico, a salinidade é superior nos trópicos (ou no trópico, já que só está representado um). Nas altas e baixas latitudes a salinidade diminui, pelas razões explicadas na figura anterior (balanço entre evaporação-precipitação).
  - No Oceano Atlântico, também se vê que as salinidades são maiores nas latitudes tropicais e menores nas altas e baixas latitudes. Também aqui se vê que a salinidade é maior no Pólo Sul do que no Pólo Norte, devido às causas descritas na figura anterior.

- No Oceano Pacífico, também se observa o mesmo perfil, ou seja, a salinidade é maior nas latitudes tropicais e menor nas altas e baixas latitudes, pelas mesmas razões (balanço evaporação-precipitação). É de realçar o facto de, tal como para o Oceano Atlântico, nas latitudes entre os 30 e os 90° Norte a salinidade diminuir drasticamente, muito mais do que nas mesmas latitudes a Sul. Tal deve-se ao maior degelo no pólo Norte e ao maior crescimento de gelo no Pólo Sul, tal como acontece no Oceano Atlântico.
- O perfil global para todos os oceanos é uma média de todos os oceanos, e apresenta um comportamento semelhante (altas salinidades nos trópicos, baixas salinidades nas altas e baixas latitudes, com uma salinidade maior no Pólo Sul do que no Pólo Norte). Apenas se assiste a um ligeiro aumento da salinidade aos 60°N.

- Analisando o perfil de salinidade aos 100m de profundidade, vemos que este perfil é semelhante e segue as mesmas tendências do perfil á superfície, apenas com a diferença de que a salinidade é sempre superior aos 100m de profundidade do que á superfície.
- Este facto era de esperar, já que as águas mais salinas são mais pesadas, logo, afundam-se. Assim, quando se analisa o perfil de salinidade a profundidades maiores é de esperar que estas sejam mais altas.

# Perfil Vertical Zonal Médio de Salinidade

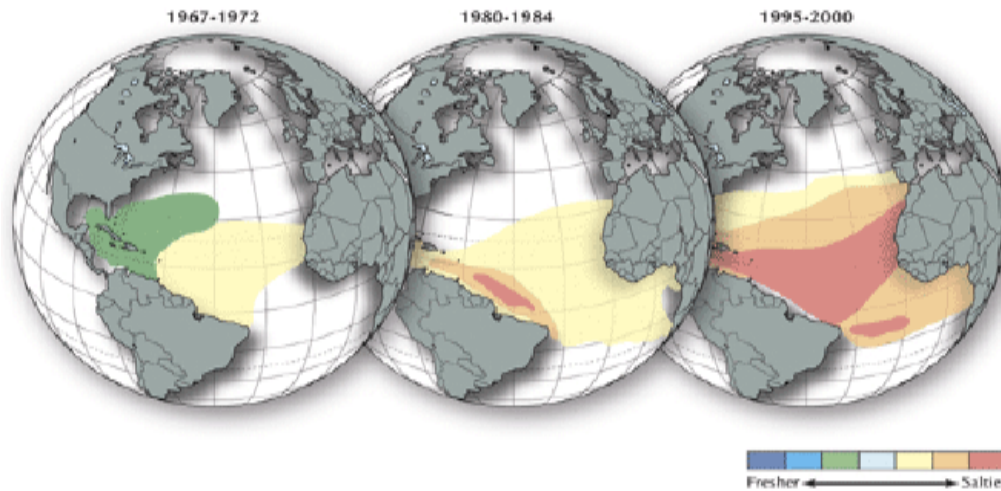


- Nesta figura, é-nos apresentado o perfil vertical zonal médio de salinidade. Em primeira análise, podemos ver que horizontalmente está presente o perfil que foi constatado nas figuras anteriores. Ou seja, as salinidades maiores encontram-se nas latitudes tropicais, enquanto que nas altas e baixas latitudes a salinidade diminui.
- Verticalmente, vemos que a salinidade aumenta em profundidade, já que as águas mais salinas são mais pesadas que as águas mais diluídas. Mesmo em profundidade, também se vê que as águas mais salinas se encontram nas latitudes tropicais e menos salinas nas altas e baixas latitudes.
- Nota-se que nas latitudes tropicais encontramos águas mais salinas á superfície que em profundidade, facto que pode ser explicado por a evaporação ocorrer á superfície. Assim, as salinidades maiores ocorrem á superfície. Mas após a evaporação, as águas mais salinas vão afundar-se, estabelecendo o equilíbrio.

# Variação da Salinidade ao longo do tempo ( 1967-2000 )

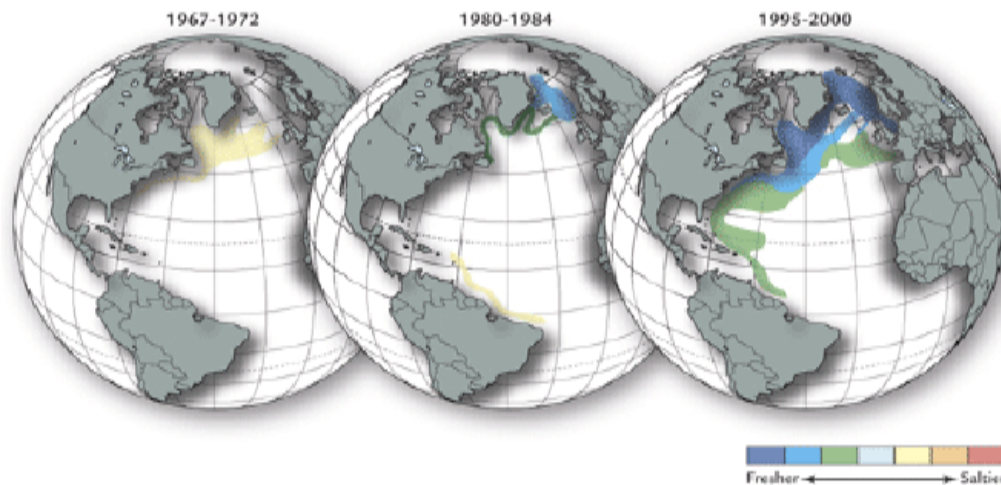
Quais serão as Diferenças ????

### Tropical Atlantic surface waters have become saltier...



Tropical and subtropical Atlantic waters have become dramatically saltier over the past 40 years, especially in the past decade, scientists reported today in *Nature*. Global warming may be intensifying evaporation, adding more fresh water vapor to the atmosphere and leaving tropical oceans relatively saltier. The evidence suggests that recent climate changes may be accelerating the fundamental planetary system that transports and cycles fresh water around the globe, which could trigger or amplify other significant climate changes.

### ...while North Atlantic deep water have become fresher.



Over the same 40-year period, deep waters have become less salty in critical North Atlantic locations, where salty, dense waters sink to drive the global ocean circulation system called the Ocean Conveyor. If the North Atlantic becomes too fresh, its waters could stop sinking, and the

Águas superficiais do Oceano Atlântico Tropical estão a tornar-se mais salgadas.....

Taxa de evaporação aumentou 5-15% nas últimas 4 décadas

Água doce está sendo perdida nas baixas latitudes e está acumulando-se nos pólos, numa velocidade maior do que a circulação do oceano pode compensar

Consequentemente, as águas de fundo do Atlântico Norte estão a apresentar salinidades mais baixas



## Algumas respostas, efeitos de larga escala....

- O aquecimento da superfície da terra pode estar intensificando a evaporação dos oceanos em baixas latitudes, e assim, aumentando a salinidade nestas áreas. Transportando mais vapor de água doce para os pólos via transporte atmosférico
- Estas rápidas mudanças oceânicas sugerem que as mudanças climáticas recentes, incluindo aquecimento global pode estar a alterar o sistema planetário fundamental que controla a evaporação, precipitação e o ciclo de água doce no globo
- Uma aceleração do ciclo hidrológico pode, potencialmente, afectar o padrão da precipitação. Isto, por si só, pode aumentar o aquecimento global, adicionando mais vapor de água na atmosfera... Isto também pode diminuir tanto a salinidade da água no Atlântico Norte ao ponto de interromper a circulação do oceano e causar mais mudanças climáticas

Peixoto e Oort (1992). *Physics of Climate*, American Institute of Physics

Silva, P. A. (2005) Apontamentos de Oceanografia Física,  
Departamento de Física da Universidade de Aveiro

Mauro Cirano, Apontamentos de Introdução Oceanografia, Instituto de Geociências  
Universidade Federal da Bahia

Pedro Costa  
David Carvalho  
Dinâmica do Clima  
2006-2007