

Aula 3: Salinidade e ciclo hidrológico  
Fundamentos de Oceanografia Física

Prof. Dr. Marcelo Dottori

Departamento de Oceanografia Física, Química e  
Geológica

Instituto Oceanográfico

5 de dezembro de 2018

## **Aula 3: Salinidade e ciclo hidrológico**

### **Assuntos**

- Definição de salinidade;
- Ciclo hidrológico;
- Distribuição meridional de evaporação e precipitação;
- Distribuição de salinidade superficial e vertical;
- Variações climáticas.

### **Referências bibliográficas**

- Notas de aula;
- Livro em preparação.

## 1 Definição e características

A concentração de sais dissolvidos na água do mar, ou salinidade ( $S$ ), mede a razão entre a massa de sais ( $m$ , soluto) e a massa de água da solução que os contém ( $M$ , solução). A salinidade é dada, portanto, por:

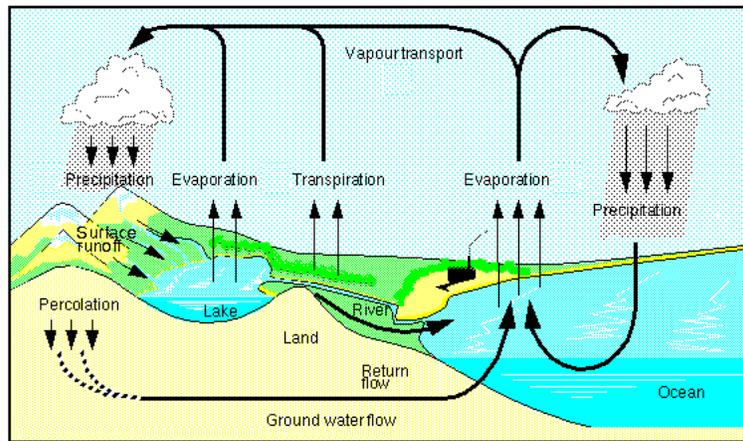
$$S = \frac{m}{M} \quad (1)$$

Embora esta seja uma grandeza adimensional, a salinidade é expressa em termos de gramas de sal por quilograma de água do mar, sem usar qualquer unidade, atualmente. No passado, esta grandeza já foi expressa como partes por mil (‰) e, também, como Unidade Prática de Salinidade (PSU – *Practical Salinity Unity*). Tipicamente, a salinidade da água do mar varia de 0, próximo a grandes descargas fluviais, a valores pouco maiores que 40, em locais com elevada evaporação. Os valores mais comuns, entretanto, ficam na faixa de 33 a 37.

A salinidade varia tanto espacialmente quanto temporalmente. Entretanto, a proporção dos principais íons da água do mar é a mesma para qualquer amostra coletada em qualquer região dos oceanos. Esta característica é conhecida como Lei das Proporções Constantes. Os principais íons da água do mar são:

íon	representação	concentração (g/kg)
Cloreto	$Cl^-$	19,353
Sódio	$Na^+$	10,781
Sulfato	$SO_4^{2-}$	2,712
Magnésio	$Mg^{2+}$	1,284
Cálcio	$Ca^{2+}$	0,412
Potássio	$K^+$	0,399
Total	–	34,941

Estes íons representam mais de 99% da massa de sal dos oceanos.



Courtesy Erich Roeckner, Max Planck Institute for Meteorology

Figura 1: Ciclo hidrológico da Terra.

## 2 Ciclo hidrológico

Assim como o balanço de calor é importante para se determinar a temperatura nos oceanos, o balanço da água é importante para se determinar a salinidade. O oceano global contém cerca de 97% de toda a massa de água da Terra. Em média, evaporam, por ano,  $4,25 \times 10^{17} kg$  de água dos oceanos, sendo que  $3,85 \times 10^{17} kg$  precipitam-se sobre o próprio oceano. O restante,  $4,0 \times 10^{16} kg$  são transportados pelo vento e precipitam-se sobre os continentes. Nos continentes ainda há uma evaporação de  $7,1 \times 10^{16} kg$ , resultando em uma precipitação total nos continentes de  $1,11 \times 10^{17} kg$ . Para que o balanço se mantenha, os mesmos  $4,0 \times 10^{16} kg$  de água retornam aos oceanos através dos sistemas estuarinos.

Podemos representar matematicamente, e para o oceano global, o ciclo hidrológico por:

$$\bar{E} + \bar{P} + \bar{R} = 0 \quad (2)$$

onde  $\bar{E}$ ,  $\bar{P}$  e  $\bar{R}$  são as médias para longos períodos de tempo da evaporação, precipitação e descarga fluvial, respectivamente.

Para regiões litorâneas dos oceanos e/ou para períodos limitados, podemos escre-

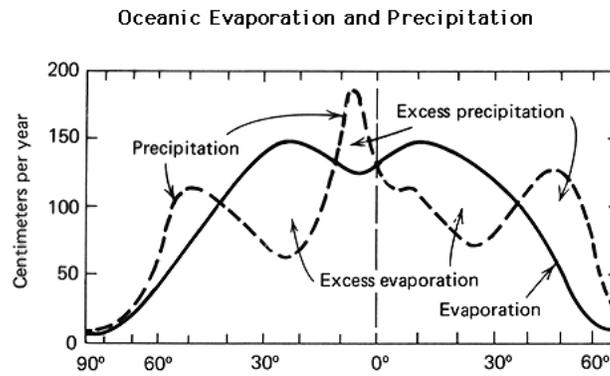


Figura 2: Variação meridional das taxas de evaporação e precipitação.

ver:

$$W = E + P + R + A + G \quad (3)$$

onde  $W$  é a resultante local,  $A$  é a advecção e  $G$ , a fusão ou formação de gelo.

### 3 Distribuição espacial da evaporação, precipitação e salinidade

As taxas de evaporação e precipitação determinam os valores da salinidade na superfície dos oceanos. Assim, podemos separar 3 regiões distintas: a região equatorial, com elevada taxa de evaporação e precipitação, a região tropical, com grande evaporação e pequena precipitação, e as regiões de alta latitude, com precipitação elevada e pequena evaporação (Figura 2).

Como consequência, temos uma salinidade relativamente baixa no equador (mínimo local), salinidades altas nas regiões tropicais e baixa salinidade em altas latitudes, diminuindo em direção aos pólos (Figura 3).

Verticalmente, a salinidade segue, de maneira geral, um padrão similar ao da temperatura (Figura 4), uma camada superficial com salinidade constante (camada de mistura), uma região de mudança abrupta da salinidade com a

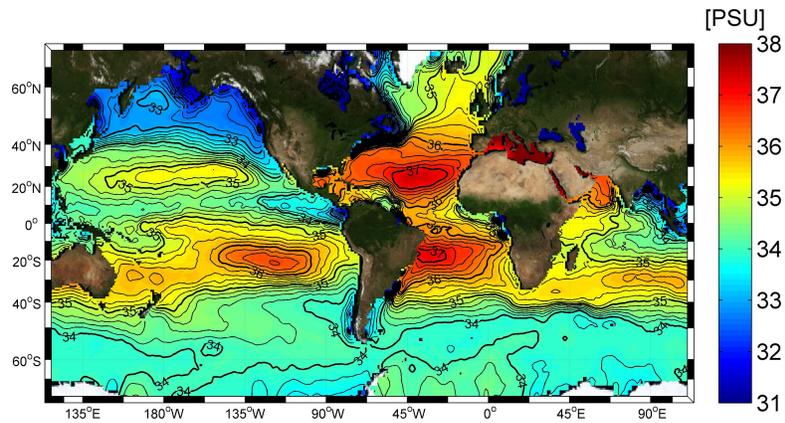


Figura 3: Salinidade superficial média.

profundidade (haloclina) e uma camada profunda, de variação muito suave da salinidade com a profundidade (camada de fundo).

## 4 Variações climáticas

Com o aquecimento global, há um aumento da evaporação nos oceanos e consequente aumento de salinidade. A salinidade tem aumentado a salinidade em regiões de latitudes médias, devido ao aumento da diferença  $E - P$ , e diminuído em regiões onde a precipitação é mais importante, como na região equatorial e subpolar dos oceanos, com uma redução na diferença  $E - P$ .

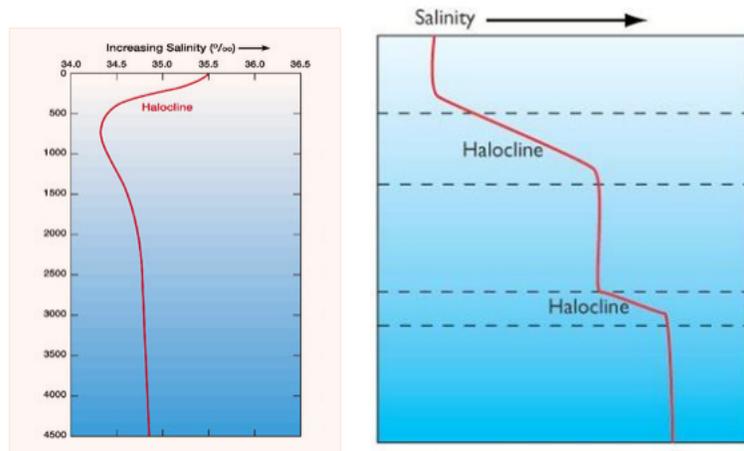


Figura 4: Variação vertical típica para a salinidade.