

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO OCEANOGRÁFICO

IOF1202 - Oceanografia Física Descritiva

*3^a Lista de
Exercícios*

Aluno

Danilo Rodrigues Vieira

IOF1202 - OCEANOGRAFIA FÍSICA DESCRITIVA

3ª Lista de Exercícios — 2º Semestre de 2007

Aluno: Danilo Rodrigues Vieira

2 Uma onda tipo swell propaga-se no oceano profundo com amplitude de 1,4 m e comprimento de 98 m. Escreva a equação que representa a elevação desta onda em função do tempo; determine a velocidade de propagação e os raios das partículas, na superfície, a 10 e a 20 m de profundidade. Quando a onda atinge uma região com 5,0 m de profundidade ela passa a ser influenciada pelo fundo. Admitindo que até atingir essa profundidade a onda mantém a forma constante, calcule sua velocidade de propagação, o comprimento, a amplitude e a energia (por unidade de área) a partir desta área e a cada 50 cm de diminuição de profundidade. Em que profundidade ela quebra?

$$A = 1,4 \text{ m}$$

$$L = 98 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\eta &= A \cos(kx - \sigma t) \\ &= 1,4 \cos\left(\frac{2\pi}{L}x - \sigma t\right)\end{aligned}$$

Sabendo-se que $c = \sqrt{\frac{gL}{2\pi}}$, podemos obter c

$$\begin{aligned}c &= \sqrt{\frac{gL}{2\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{9,8 \times 98}{2\pi}} \\ &= 12,3633 \text{ m/s}\end{aligned}$$

com c , a relação $c = \frac{\sigma}{k}$ e $k = \frac{2\pi}{L} = \frac{2\pi}{98} = 6,6139 \times 10^{-2}$, podemos obter σ

$$\begin{aligned}\sigma &= ck \\ &= 12,3633 \times 6,6139 \\ &= 0,8177\end{aligned}$$

Assim, podemos completar a equação que dá a elevação:

$$\boxed{\eta = 1,4 \cos(6,6139x - 0,8177t)}$$

A velocidade de propagação é dada por c , sendo $\boxed{c = 12,3633 \text{ m/s}}$. Os raios (R_z) das partículas

são dados pela Equação 1.

$$R_z = A e^{-kz} \quad (1)$$

Então temos, para a superfície, para 10 e 20 metros de profundidade:

$$R_0 = 1,4 \text{ m}$$

$$R_{10} = 0,7226 \text{ m}$$

$$R_{20} = 0,3730 \text{ m}$$

A partir da região com 5 metros de profundidade, a velocidade de propagação c passará a ser dada pela Equação 2, a amplitude A pode ser calculada pela relação da Equação 3 e a energia por unidade de área E pela Equação 4. Usando essas equações, obtem-se a Tabela 1.

$$c = \sqrt{gh} \quad (2)$$

$$A^2 \sqrt{h} = \text{cte} \quad (3)$$

$$E = \frac{1}{2} \rho g A^2 \quad (4)$$

Tabela 1: Resultados obtidos para o exercício 2

z (m)	c (m/s)	A (m)	E (J/m ²)
5,0	7,0000	1,4000	9844,10
4,5	6,6408	1,4374	10376,59
4,0	6,2610	1,4803	11006,04
3,5	5,8566	1,5306	11765,95
3,0	5,4222	1,5907	12708,68
2,5	4,9497	1,6649	13921,66
2,0	4,4272	1,7604	15564,89
1,5	3,8341	1,8917	17972,79
1,0	3,1305	2,0935	22012,08
0,5	2,2136	2,4896	31129,78

3 *Explique o que são: ondas capilares, tsunamis e ondas internas no oceano.*

Ondas capilares: são ondas cuja força restauradora é a tensão superficial. São provocadas por ventos muito fracos e, em geral, têm período menor que um décimo de segundo.

Tsunamis: são ondas de baixa frequência, geradas por maremotos ou terremotos em intervalos irregulares. Têm períodos de 10 a 30 minutos com comprimentos de onda, em oceano profundo, variando de poucos a centenas de quilômetros. Normalmente não são nítidas em oceano profundo, mas podem chegar a 10 metros de altura ou mais em áreas costeiras.

Ondas internas: são ondas que ocorrem abaixo da superfície, sendo oscilações na interface entre camadas d'água com diferentes densidades.

4 *No que consiste a “Teoria do Equilíbrio” das marés? Que aspectos do fenômeno ela reproduz e quais suas limitações?*

Essa teoria explica o comportamento que um corpo celeste exerce sobre uma camada de fluido que cobre uma esfera.

Foi uma das primeiras teorias que surgiram para explicar as marés, ela assume que a Terra é esférica e coberta por um oceano de profundidade uniforme.

Ela descreve muito bem as forças geradoras de maré, como ilustra a Figura 1 contendo a representação de uma componente da força geradora, e explica qualitativamente muitas das características das marés.

É limitada, pois não explica amplitudes e fases das marés observadas. Tais limitações são justificadas pelo fato dessa teoria não considerar: a existência dos continentes; a topografia dos fundos oceânicos; a progressão das ondas de marés; o efeito de Coriolis e os modos naturais de oscilações das bacias, como os seiches.

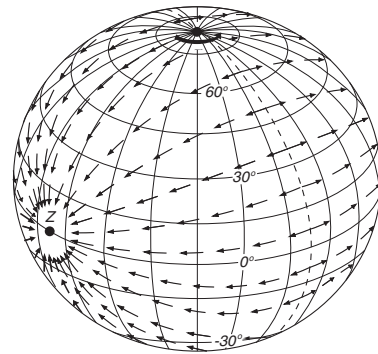


Figura 1: Componente horizontal da força de maré quando o corpo celeste gerador de maré está sobre o Equador (Z). Figura de Dietrich et al. (apud STEWART, 2006).

5 Explique como se pode fazer a previsão de maré num local previamente amostrado. No que consiste a “Tábua de Maré” e como ela é calculada?

Para fazer a previsão de maré, é necessário analisar o registro para componentes de determinadas frequências, utilizando-se a análise de Fourier. Então, utilizando-se resultados da Teoria de Equilíbrio, determina-se uma amplitude e uma fase para cada constituinte no local. Assim, a elevação do nível do mar η no ponto de interesse será dada pela Equação 5:

$$\eta = \sum_j f_j H_j \cos(\sigma_j t + \beta_j - G_j) \quad (5)$$

Nessa equação, f_j e β_j são características de cada constituinte, determinadas pela Teoria de Equilíbrio e funções do tempo t ; σ_j são as velocidades angulares das diversas constituintes de maré, dadas também pela Teoria de Equilíbrio; H_j e G_j são as constantes harmônicas de cada constituinte, sendo dadas pela análise harmônica de maré.

A Tábua de Maré é um documento contendo a variação do nível do mar em diversos locais para diversos dias e horários, que fornecem a profundidade no local quando tal variação é somada ao valor encontrado numa carta náutica.

6 A componente de maré S2 possui, para 00h GMT de qualquer dia, correção nodal unitária para a amplitude e nula para a fase. Na plataforma do estado de São Paulo, em $24,42^\circ S$ $46,51^\circ W$, esta componente possui amplitude 20,18 cm e a fase relativa a Greenwich $173,06^\circ$; numa posição próxima, a $24,42^\circ S$ $46,02^\circ W$, as constantes harmônicas correspondem a 18,38 cm e $171,56^\circ$. Com estas informações, calcule as acelerações do gradiente de pressão devido à componente de maré S2 nessa região, em intervalo horário, para um período completo da mesma.

$f = 1$	$\beta = 0$	$\sigma = 30$	
24,42° S	46,51° W	24,42° S	46,02° W
$H = 20,18 \text{ cm}$	$G = 173,06^\circ$	$H = 18,38 \text{ cm}$	$G = 171,56^\circ$

$$D = 49577,78$$

Substituindo-se os valores a cima na Equação 5 e na Equação 6, obtemos a Tabela 2.

$$AGP = -g \frac{\Delta\eta}{D} \quad (6)$$

Tabela 2: Resultados obtidos para o exercício 6

tempo (h)	η_1 (m)	η_2 (m)	AGP (m/s ²)
0	-0,2003	-0,1818	$-3,66 \times 10^{-06}$
1	-0,1613	-0,1440	$-3,43 \times 10^{-06}$
2	-0,0790	-0,0675	$-2,27 \times 10^{-06}$
3	0,0244	0,0270	$-5,13 \times 10^{-07}$
4	0,1213	0,1143	$1,39 \times 10^{-06}$
5	0,1857	0,1709	$2,91 \times 10^{-06}$
6	0,2003	0,1818	$3,66 \times 10^{-06}$
7	0,1613	0,1440	$3,43 \times 10^{-06}$
8	0,0790	0,0675	$2,27 \times 10^{-06}$
9	-0,0244	-0,0270	$5,13 \times 10^{-07}$
10	-0,1213	-0,1143	$-1,39 \times 10^{-06}$
11	-0,1857	-0,1709	$-2,91 \times 10^{-06}$
12	-0,2003	-0,1818	$-3,66 \times 10^{-06}$

7 Descreva a ressurgência costeira e a circulação de Ekman em águas rasas.

Ressurgência costeira: ilustrada na Figura 2, ocorre quando o vento age provocando um transporte que desloca a água no sentido de afastá-la da costa. Esta água que se afasta é substituída por água fria vinda de baixo da camada de Ekman. Em geral, esta água é rica em nutrientes e é uma importante fonte de alimento para ecossistemas costeiros.

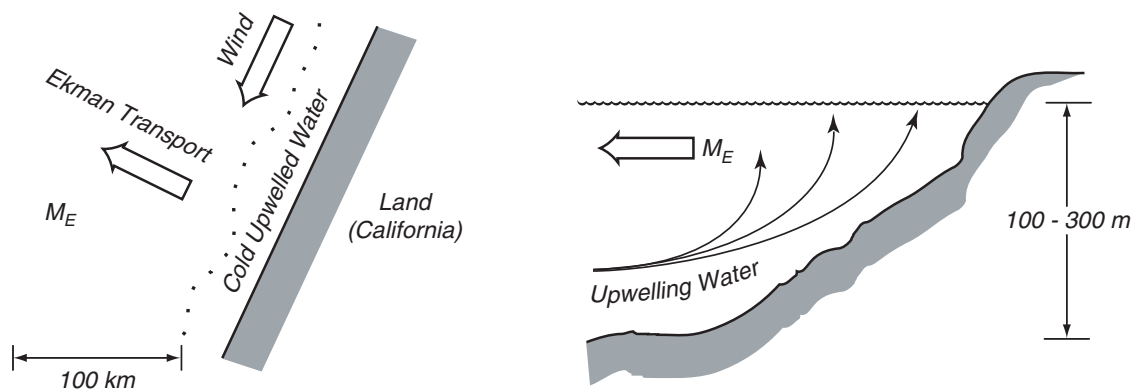


Figura 2: Ressurgência costeira. Esquerda: vista superior. Direita: seção lateral.(STEWART, 2006).

Circulação de Ekman: em águas rasas, o fundo do mar retarda as correntes da espiral de Ekman próximas ao fundo. Este retardamento reduz a magnitude da força de Coriolis, fazendo com que as correntes tendam a rodar para a esquerda, no hemisfério norte, ou para direita, no hemisfério sul.

É possível que haja sobreposição das camadas de Ekman da superfície e do fundo, de modo que estas cancelem-se. Esse cancelamento acentua-se com a redução da profundidade local.

8 *Como define-se um estuário? Como são representados os balanços de massa e de sal num estuário? Faça um esquema explicativo dos respectivos fluxos.*

Como definição de estuário, pode-se usar a definição de Cameron e Pritchard (1963):

Um estuário é um corpo d'água costeiro semi-fechado, tendo uma conexão livre com o mar aberto, e no qual a água do mar é diluída com água não salina provinda do continente. (Cameron & Pritchard, 1963)

O balanço de massa no estuário é dado pela Equação 7 e o balanço de sal pela Equação 8

$$F = E + R \quad (7)$$

$$S_f F = S_e E \quad (8)$$

Sendo: F a taxa de saída, E a taxa de entrada e R a descarga do rio; S_f a salinidade da água de saída e S_e a salinidade da água de entrada. Pode-se combinar as equações e obter a Equação 9 que mostra que a medida que a salinidade de saída aproxima-se da salinidade de entrada, o volume de saída torna-se muito menor que a descarga do rio.

$$F = \frac{S_e}{S_e - S_f} R \quad (9)$$

9 *Calcule a velocidade e o período de rotação num círculo de inércia com raio de 12,5 km a 30° N. O que ocorre se o círculo de inércia passar a ter raio muito grande? Como pode ocorrer um efeito ressonante?*

Cálculo da velocidade V :

$$\frac{V^2}{R} = f V$$

$$\frac{V^2}{R} = 2 \Omega V \sin \varphi$$

$$\frac{V^2}{12,5 \times 10^3} = 2 \times 7,292 \times 10^{-5} \times \sin 30^\circ$$

$$\boxed{V = 0,909 \text{ m/s}}$$

Cálculo do período T :

$$T = \frac{2 \pi R}{V}$$

$$T = \frac{2 \times 3,1415 \times 12,5 \times 10^3}{0,909}$$

$$T = 86400 \text{ s}$$

$$\boxed{T = 1 \text{ dia}}$$

Caso o círculo de inércia passe a ter um raio muito grande, a variação de f com a latitude torna-se

significativa, de forma que o movimento deixa de ser um círculo e torna-se uma espiral.

Ocorre efeito ressonante quando o período de rotação inercial é idêntico ao período de uma componente de maré.

10 *Faça os esquemas de circulações geostróficas devidas a: um centro de baixa pressão atmosférica no hemisfério norte; um centro de alta no equador; um centro de baixa na costa leste brasileira. Em quais desses casos podem ser geradas ondas de Kelvin? Para onde elas propagam-se?*

Nos dois últimos casos podem ocorrer ondas de Kelvin: no caso do equador, elas propagam-se para leste, enquanto que no caso da costa brasileira elas propagam-se para sul.

Referências

HARARI, J. *IOF1202 - Oceanografia Física Descritiva*. 2007. Notas de Aula.

MATHEMATICA 5.0. Champaign (EUA): Wolfram Research, Inc, 2003. Software.

STEWART, R. H. *Introduction to Physical Oceanography*. Texas, set. 2006. 353 p.