

## Informações:

- Duração de 2 horas.
- Pode comer e beber durante a prova.
- Pode fazer a prova à lápis.
- Pode usar calculadora (sem texto).

A tentativa de violação de qualquer uma das regras abaixo anulará o exame.

- Não consulte material ou colegas.
- Vá ao banheiro antes ou depois do exame.
- Rascunho apenas no verso da prova.
- Desligue e guarde o telefone.

1. Assinale apenas as alternativas corretas.

16

- ✓ **O IFOV medido no ponto Nadir é menor que o IFOV medido de forma oblíqua.**
- ✓ **Na dinâmica de Ekman o balanço é entre o *stress* do vento e o a força de Coriolis.**
- ✓ **A lei de Planck relaciona a temperatura de um corpo negro ideal à frequência da radiação que ele emite.**
- ✓ **Se  $a$  é o diâmetro da partícula e  $\lambda$  o comprimento de onda EM, ocorre espalhamento Mie se  $0,1\lambda < a < 10\lambda$ .**
- ✓ **Em termos de média sobre o oceano global, o fluxo de calor por ondas curtas é sempre positivo e é o maior em módulo. Ele é compensado pela soma dos fluxos de calor sensível, latente e de ondas longas.**
- A vantagem da órbita polar é que a posição relativa local entre o satélite e um determinado ponto do oceano não muda.
- ✓ **Dados de nível 1 não contém variáveis geofísicas e não estão georreferenciados.**
- A presença de surfactantes altera a tensão superficial, esta muda a rugosidade da superfície e por isso as medidas baseadas em radiação infra-vermelha tornam-se menos confiáveis.

2. Explique os **conceitos** de:

(a) Órbita geoestacionária.

5

**Resposta:**

É a órbita no plano equatorial cujo período é idêntico ao de rotação da Terra em torno de seu eixo (dia sideral) mantendo constante a posição do ponto Nadir satélite.

(b) Polarização de uma onda EM.

5

**Resposta:**

É a relação de fase entre as componentes ortogonais do campo elétrico ( $E_x$  e  $E_y$ ) associada à propagação de uma onda EM.

(c) Resolução espacial.

5

**Resposta:**

É o espaço transcorrido entre amostras consecutivas coletadas pelo mesmo sensor. Alternativas: é a distância entre dois IFOVs coletados consecutivamente; é a separação espacial entre dois pixels ideais.

(d) Resolução radiométrica.

5

**Resposta:**

É a precisão digital com a qual a informação é armazenada.

3. A cor do oceano depende de uma combinação de absorção e espalhamento que são funções do comprimento das ondas EM na faixa do visível. Quais são os três principais componentes

9

da água do mar que causam absorção? Quais são os três principais componentes da água do mar que causam espalhamento?

**Resposta:**

Absorção: Fitoplâncton, H<sub>2</sub>O, CDOM. Espalhamento: Fitoplâncton, H<sub>2</sub>O, SPM.

4. Argumente como podemos inferir a temperatura de um corpo usando a lei do deslocamento de Wien. 10

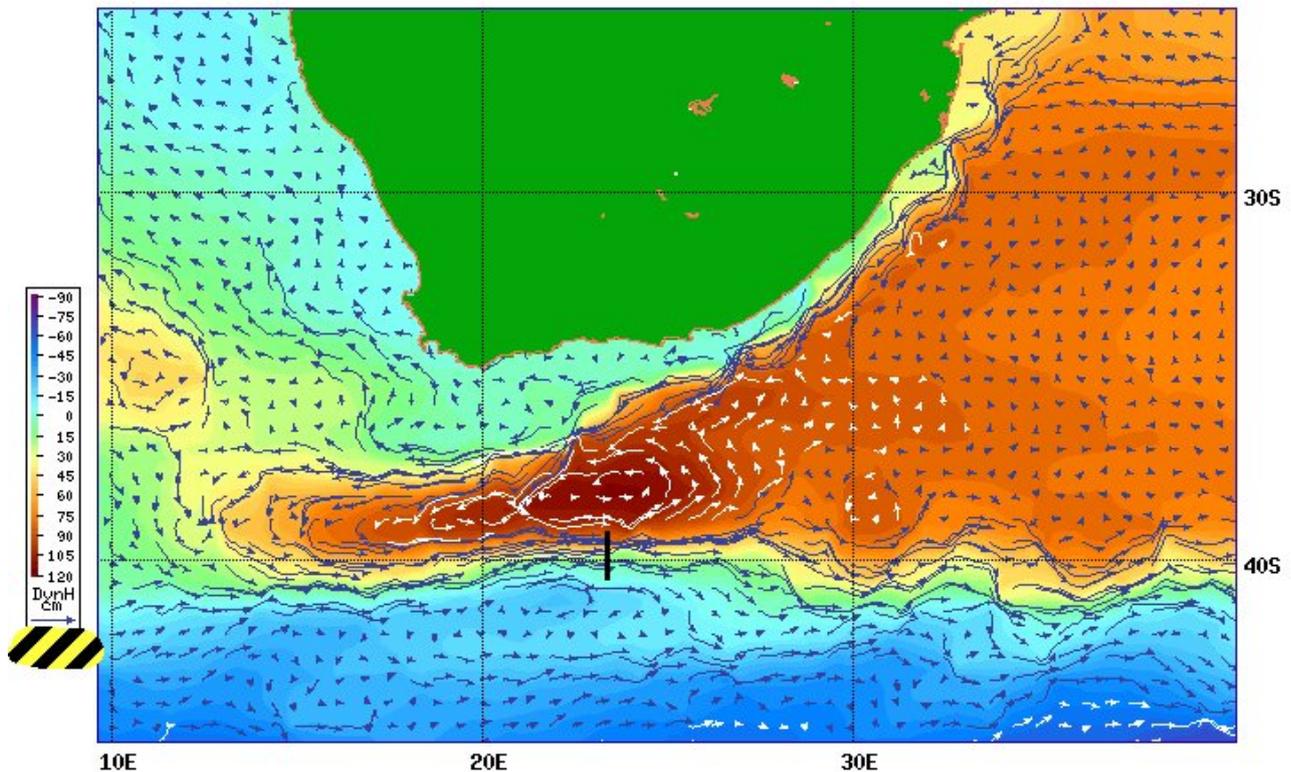
**Resposta:**

Todo corpo emite radiação EM sendo que o comprimento de onda  $\lambda$  associado à potência máxima emitida é dado pela referida lei:  $\lambda_{max} = \frac{c}{T}$ . Assumiremos que o corpo em questão é um corpo negro ideal. Se medirmos a potência emitida em diferentes  $\lambda$ , poderemos achar o pico de emissão  $\lambda_{max}$ . Plotando a potência medida em função do comprimento de onda, podemos associar o pico a uma curva de temperatura dada pela lei de Stefan-Boltzmann.

5. Considere o mapa de altura da superfície do mar ( $\eta$ ) da figura abaixo. O vórtice cujo centro está aproximadamente em 11°E, 35°S tem um diâmetro de aproximadamente 300 km. Flutuadores Lagrangeanos indicaram que esse vórtice se move para oeste com uma velocidade de 28 cm/s. Vórtices como esse se formam quase todo mês. O altímetro SARAL/AltiKa (Franco-Indiano) opera na banda Ka de radar e segue uma órbita de repetição exata cuja separação espacial é de 70km e cujo tempo de repetição é de 35 dias. É possível acompanhar a trajetória deste vórtice usando apenas os dados do SARAL/AltiKa? Responda sim ou não e explique a sua resposta. 10

**Resposta:**

A resolução espacial é marginalmente suficiente ( $300/70=4.3$  pixels de diâmetro, OK pelo critério de Nyquist), a resolução temporal é o problema pois em 35 dias o vórtice se deslocará 847 km muito mais que seu diâmetro e mais que a separação entre passagens do satélite. Dada a baixa resolução temporal, não poderemos garantir que é o mesmo vórtice observado em imagens consecutivas, portanto não é possível acompanhá-lo.



6. Considere o mapa de altura da superfície do mar ( $\eta$ ) da figura acima. Esta é a retroflexão da Corrente das Agulhas, perto da África do Sul. As cores representam a altura média medida pelo Jason 2 em Setembro de 2014. Note a linha preta grossa sobre  $24^\circ\text{E}$  que vai de  $39.25^\circ\text{S}$  a  $40.25^\circ\text{S}$ . No extremo sul dessa linha a altura é  $-30\text{ cm}$  e no extremo norte  $75\text{ cm}$ . Qual a velocidade média da corrente geostrófica sob a linha?

10

**Resposta:**

Para estimar a velocidade basta fazer:

$$u = -\frac{1}{\rho_0 f} \frac{\Delta p}{\Delta y} = -\frac{1}{\rho_0 f} \frac{\Delta(\rho_0 g \eta)}{\Delta y} = -\frac{g}{f} \frac{\Delta \eta}{\Delta y}$$

Para (a)

$$u = -\frac{9.8}{-9.3 \times 10^{-5}} \frac{1.05}{111 \times 10^3} = 1.0 \text{ ms}^{-1}$$

O valor exato não importa, mas as unidades e o raciocínio sim. Sendo  $(1.00 \pm 0.05) \text{ ms}^{-1}$  está bom.

7. Porque as medidas noturnas de TSM são um pouco mais precisas que as diurnas? Sua resposta deve mencionar os canais de  $4 \mu\text{m}$  e  $11 \mu\text{m}$  e os possíveis efeitos da radiação solar.

10

**Resposta:**

Durante o dia a irradiância a  $4 \mu\text{m}$  é similar no topo da atmosfera e na superfície do mar por causa do espalhamento da luz do Sol pela atmosfera. Na banda de  $11 \mu\text{m}$  isso não acontece, a irradiância por causa da TSM domina. Portanto para medidas diurnas temos um canal menos preciso ( $4 \mu\text{m}$ ). Além disso, se o vento for fraco e o sol forte pode se formar uma termoclina diurna com uns poucos metros de profundidade, emprestando um viés positivo às medidas de TSM.

## 8. Considerando a dinâmica de Ekman

$$-fv_E = \frac{\mu}{\rho_0} \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad fu_E = \frac{\mu}{\rho_0} \frac{\partial^2 v}{\partial z^2}$$

obtenha a velocidade vertical na base da camada de Ekman  $w_E$  e explique porque  $w_E$  é importante para a oceanografia biológica.

Siga este roteiro: Considere que o *stress* do vento é dado por

$$\tau_x = \mu \frac{\partial u}{\partial z}, \quad \tau_y = \mu \frac{\partial v}{\partial z}.$$

Trate-o como forçante em  $z = 0$  e integre as duas componentes acima ( $u_E, v_E$ ) de  $z = 0$  até  $z = z_E$  onde a viscosidade **turbulenta**  $\mu$  atua. Essa camada entre 0 e  $z_E$  é a camada de Ekman onde a viscosidade é importante. Integrando as velocidades você obterá os transportes de Ekman ( $U_E, V_E$ ). Após isso integre nesse mesmo intervalo a equação da continuidade

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} dz = 0$$

para obter  $w_E$ , que é a velocidade vertical na base da camada de Ekman.

**Resposta:**

Tem de seguir o roteiro, ver que é para substituir  $\tau$  para, na integração, chegar a

$$V_E = -\frac{\tau_x}{\rho_0 f} \quad U_E = \frac{\tau_y}{\rho_0 f}$$

Usando a continuidade integrada o resultado correto é:

$$w_E = -\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\tau_y}{\rho_0 f} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\tau_x}{\rho_0 f} \right) \quad \text{ou seja,} \quad w_E = \frac{\nabla_H \times \vec{\tau}}{\rho_0 f}$$

Portanto a velocidade vertical é função do rotacional do vento. Dela dependem vários processos, entre eles a fertilização da camada eufótica do oceano que permite a floração de fitoplâncton que é a base da cadeia alimentar.

Memória não-volátil:

- $1^\circ = 111 \text{ km}$  (de latitude  $\theta, y$ ) e  $1^\circ = \cos(\theta) 111 \text{ km}$  (de longitude  $\phi, x$ )
- $f = 2 \sin \theta 7.3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ,
- $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$ ,
- Hidrostática:  $p = \rho_0 g \eta$ .
- $\lambda_{max} = \frac{\kappa}{T}$ , com a constante  $\kappa = 2898 \mu\text{m.K}$ .
- Geostrofia:  $-fv = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x}$   $fu = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial y}$



Questão	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Pontos	16	20	9	10	10	10	10	15	100
Nota									