Aula 15

Simulação GAME II: bóia $\times$ satélites Esta simulação é individual, com consulta ao seu material e à internet. Plágio será tratado com severidade e compromisso com a excelência será recompensado. Leia o enunciado todo antes de começar. Entregue o relatório com os programas no **prazo de 24 horas a partir de 28/06/2019 14:00.**

- **Objetivo**: Utilizar o conhecimento das técnicas e ferramentas adquiridas ao decorrer do semestre para gerar um relatório contendo vários produtos com excelente qualidade visual e informações voltadas à interpretação de padrões decorrentes da dinâmica e termodinâmica da região equatorial.

- **Situação**: O ramo norte da Sub-Corrente Equatorial passa perto da boia PIRATA 4°N 38°W. Ao longo de sua trajetória, a corrente é sujeita a perturbações. A ideia central é estudar a relação entre a profundidade da termoclina e a anomalia da altura. Você vai começar observando um sinal óbvio, o anual, em dados *in-situ*. Depois irá em busca de sinais menos óbvios, padrões curiosos e difíceis de se obter por análises simples pois a amplitude é relativamente pequena. A exploração inicial será feita através de filtros digitais aplicados a dados de bóiae o resultado final será obtido através dos mesmos filtros, só que aplicados a dados de satélites - eles revelarão a presença de um fenômeno físico não estudado durante o curso de graduação. Portanto prepare-se para se sentir a última bolacha do saquinho, a cereja do bolo, o ó do borogodó!

- **Produtos:** Gere um relatório com os seguintes gráficos:

  1. Seção de $T(z,t)$ onde z é a profundidade **padrão** em m, de 0 m a -500 m, t é o tempo total disponível e T é a temperatura medida pela boia, em °C.
  2. Seção de $T_1(z_1,t_1)$ onde z_1 é a profundidade **com resolução de 1 m**, de 0 m a -200 m, t_1 é o tempo de 1/6/2000 a 1/6/2012 e T_1 é a temperatura interpolada por spline bicúbica[1].
  3. Seção de $T_2(z_1,t_1)$, esta é a temperatura interpolada linearmente.
  4. Seção de $\frac{dT_1}{dz}$, este é o gradiente vertical de temperatura em °C/m. Sobre este gradiente vertical plote (1) pontos **pequenos e de uma cor que chame a atenção** indicando a profundidade da termoclina para cada dia (que pode ter falhas ou NaNs) e (2) uma linha contínua de outra cor, mostrando a profundidade da termoclina interpolada linearmente $z_{tc}(t_1)$.
  5. Gráfico "xy" de $z_{tci}(t_1)$ onde $i = 1...6$ sendo z_{tc1} o sinal anual obtido por ajuste de mínimos quadrados e $z_{tc2,tc3,tc4...}$ os sinais filtrados para as bandas bianual, anual, semianual... Para separar verticalmente as linhas, some uma constante (e.g.: $10i$) a cada linha. Coloque uma legenda e nela o percentual de variância explicada por cada componente.
  6. Dois diagramas de Hovmoller $\eta(x,t)$ onde η é a anomalia da altura (*sea level anomaly, sla*), x é a longitude e t o tempo obtidos por altímetros. Um é com a série toda de 45°W a 25°W e o outro similar, mas dando um *zoom* no ano de 2006.
  7. Similar à Figura 6, mas para η_6, a série filtrada que contém apenas os sinais filtrados de mais alta frequência.

- **Instruções:**

  1. Acesse **via OpenDAP** dados de temperatura da boia PIRATA no site do GOOS Brasil `http://goosbrasil.org:8080/pirata/B4n38w.nc`. Produza a primeira figura. Recorte os dados. **Dicas:** Trabalhe com máscaras e NaNs. Se você usa Python, mantenha duas *arrays* de tempo, uma numérica para fazer contas e outra tipo *date* para fazer gráficos. O Matlab faz essa segunda parte com `dateaxis`.

[1] É bicúbica pois é 2D, talvez o Python ou o Matlab falem em cúbica, é a mesma coisa neste contexto.

2. Faça **controle de qualidade** nos dados de temperatura, primeiro mascarando temperaturas muito longe da média. Segundo, interpole apenas os dados qualificados (bons) através dos 2 métodos: Interpole (Dica: `griddata`) para grade de 1 dia, 1 m por 2 métodos: linear (T_2) e cúbico (T_1). Marque como dado ruim (usando máscaras binárias) as temperaturas onde as diferenças absolutas entre dados interpolados pelos exceder 10% do valor médio da temperatura (i.e.:$|T_2 - T_1| > 0.1 * (T_2 + T_1)/2,\ T_1,\ T_2$ são matrizes). Desse ponto em diante use as temperaturas interpoladas pelo método cúbico (T_1), com essa máscara. Calcule $\frac{dT_1}{dz}$ e marque como dado ruim os valores fora do intervalo de 99.5% em relação à média. Aplique essa máscara obtida de $\frac{dT_1}{dz}$ **também em** T_1. Trabalhe nas figuras 2 e 3.

3. **Detecção da termoclina:** Assuma que termoclina coincide com a isoterma de 21°C. Procure a profundidade dessa isoterma nos dados interpolados de temperatura e aceite como válidas as profundidades entre -50 m e -150 m; guarde esse valor para cada tempo t_1. Interpole (Dica: `interp1, interp1d`) essa série temporal da profundidade da termoclina de modo que não tenha buracos essa é a tua $z_{tc}(t_1)$. Produza a figura 4. Salve um arquivo (.mat ou .npz) contendo: tempo, profundidade, temperatura interpolada qualificada e seu gradiente vertical e a profundidade da termoclina. Você irá usá-lo a seguir.

4. **Análise do sinal sazonal**: Num programa separado, carregue apenas os dados salvos no item anterior. Ajuste uma curva senoidal da forma $z_{fit} = a + bt + A\ \sin(\omega\, t + \phi)$ à profundidade da termoclina z_{tc} e obtenha sua média a, tendência b , amplitude A e fase ϕ (Dica: `sinfit, sinfitb`).

5. **Análise do sinal na termoclina, em diferentes escalas:** Defina um vetor com 5 escalas de tempo: `365.2425*np.ones(5)/[1, 2, 4, 8, 16]` ou `365.2425*ones(1,5)./[1 2 4 8 16];`.
   Crie uma variável $z_a = z_{tc} - z_{fit}$. Calcule a fração percentual de variância (p_v) de z_{tc} explicado por z_a. É fácil: $p_v = 100\,(1 - \frac{\sigma^2(z_{tc} - z_a)}{\sigma^2(z_{tc})})\%$.
   Faça um *loop* rodando as escalas **da maior para a menor**. Dentro deste loop:
   - Crie um filtro[2] de Blackman com N pontos onde N é um inteiro ~20% maior que a escala.
   - Normalize o filtro de modo que sua soma seja 1.0.
   - Faça a convolução entre o filtro e z_a de modo que ela retorne o mesmo número de pontos que z_a. O resultado é a série de $z_{tci}(t_1)$ filtrada para a i-ésima escala de tempo.
   - Salve z_{tci}, com atenção para a dica a seguir.
   - Subtraia z_{tci}, de z_a. Este passo é muito importante.
   - Para cada escala i , calcule o % de variância (σ_i^2) explicada por z_{tci}.

   Dica: Antes do loop crie uma matriz de `zeros` com tantas colunas quanto a sua série temporal, mas com 6 linhas. Na 1ª linha coloque z_{fit}, na 2ª linha o resultado do 1° passo do loop, na 3ª linha o resultado do 2° passo, e assim por diante.
   Produza a Figura 5.

6. **Análise do sinal na superfície, em diferentes escalas:** Leia o arquivo `xr_global_allsat_phy_l4_004.125_1993_2018.nc` que contém dados de $\eta(x, t)$. Recorte a faixa de longitudes e o período como solicitado. Produza a Figura 6 (2 gráficos).
   Para cada escala **e para cada longitude** de $\eta(x, t)$ repita os passos feitos no ítem 5, resumidamente:
   - Ajuste um sinal senoidal.
   - Aplique a sequência de filtros Blackman **com exatamente os mesmos tamanhos** usados para obter $z_{tci}(t_1)$, desta vez para obter $\eta_i(x, t)$.

[2] Neste contexto, um filtro é apenas um vetor 1D.

- Calcule o $\%$ de variância explicada por cada componente (**Dica:** Queres 6 escalares, um para cada componente, mas não para cada longitude).

Produza a Figura 7.

- **Relatório:** Além das figuras bonitas, legíveis e auto-explicativas, devem constar respostas às seguintes questões:

1. A interpolação linear preencheu melhor o espaço (z, t) do que a bicúbica. Qual o problema da interpolação linear nesta aplicação?
2. A escolha de 21°C para representar a termoclina é razoável? Justifiqua a tua resposta com base nos dados que você obteve e no que você sabe sobre termoclina.
3. O que causa o sinal sazonal na profundidade da termoclina nessa região?
4. Por que uma variação na profundidade da termoclina implicaria numa variação da altura nessa latitude tão próxima do equador?
5. Se você processou uma longitude de cada vez, o que explica a continuidade dos padrões observados na Figura 7?
6. Na Figura 7, painel de 2006, qual o período aproximado das oscilações? Que outra informação você pode extrair, ainda que de forma aproximada, dos padrões inclinados que você obteve?
7. Voltando à Figura 5, na linha com sinal da mais alta frequência há um padrão de batimento (i.e.: a amplitude aumenta e diminui aproximadamente uma vez por ano). Interprete-o.

- **Antes de começar, saiba que:** Você deve **comentar** o seu código, de modo que nós possamos associar itens do enunciado a partes específicas dos teus programas. Se você preferir, pode gerar todas as figuras no final, ou por um programa separado, desde que esse programa leia dados salvos de um arquivo. Tente primeiro produzir os resultados necessários e só depois invista tempo na parte estética das figuras. Marque, neste enunciado, cada etapa cumprida. Assim você não esquece nada e se tranquiliza ao decorrer do período.