

MET-576-4 Avaliação dos Métodos Numéricos Para Modelos Atmosféricos

- 1) Qual a Vantagem e Desvantagem de utilizar Malhas Estruturadas e Não Estruturadas?

R:

- 2) Discuta as principais fontes de erros nas soluções numéricas.

R:

- 3) Baseado solução numérica da equação diferencial $\frac{dy}{dt} = -\lambda y$.

- a) Discuta a estabilidade da solução numérica.
- b) Discuta a convergência da solução numérica
- c) Discuta a consistência da solução numérica.
- d) Discuta a acurácia da solução numérica.

- 4) Qual a relação entre o filtro de Robert Asselin Williams e o método Leap-Frog.

R:

- 5) Descreva o método Range-Kutta .

R:

- 6) O método Implícito: A equação de advecção 1-D em um domínio periódico é $\frac{\partial u}{\partial t} + c \frac{\partial u}{\partial x} = 0$ $u(L, t) = u(0, t)$.Encontre o sistema matricial linear usando o esquema implícito (Crank-Nicholson de seis pontos).

R:

- 7) Discuta a solução numérica da equação diferencial da água rasa para as grades de Arakawa usando os métodos Leap-Frog-(RAW) e Range-Kutta.
R:

- 8) A Parametrização Superfície: dada a equação de tendência de umidade do solo:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(D(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) + \frac{\partial K(\theta)}{\partial z}$$

Utilizando o método implícito para discretizar a equação para as camadas do modelo de solo:

$$\Delta z_k \frac{\partial \theta}{\partial t} = +D(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{z_{k+1}} + K(\theta) \Big|_{z_{k+1}} - D(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{z_k} - K(\theta) \Big|_{z_k}.$$

$$\Delta z_k \frac{\theta_k^{n+1} - \theta_k^n}{\Delta t} = +D(\theta_{k+1}^n) \left(\frac{\partial \theta}{\partial z} \right)^{n+1} \Big|_{z_{k+1}} + K(\theta_{k+1}^n) \Big|_{z_{k+1}} - D(\theta_k^n) \left(\frac{\partial \theta}{\partial z} \right)^{n+1} \Big|_{z_k} - K(\theta_k^n) \Big|_{z_k}$$

$$\frac{\theta_k^{n+1} - \theta_k^n}{\Delta t} = \frac{1}{\Delta z_k} \left[D(\theta_{k+1}^n) \left(\frac{\partial \theta}{\partial z} \right)^{n+1} \Big|_{z_{k+1}} - D(\theta_k^n) \left(\frac{\partial \theta}{\partial z} \right)^{n+1} \Big|_{z_k} + K(\theta_{k+1}^n) \Big|_{z_{k+1}} - K(\theta_k^n) \Big|_{z_k} \right]$$

$$\theta_k^{n+1} - \theta_k^n = \frac{\Delta t}{\Delta z_k} \left[D(\theta_{k+1}^n) \left(\frac{\theta_{k+1}^{n+1} - \theta_k^{n+1}}{\Delta z} \right) \Big|_{z_{k+1}} - D(\theta_k^n) \left(\frac{\theta_k^{n+1} - \theta_{k-1}^{n+1}}{\Delta z} \right) \Big|_{z_k} + K(\theta_{k+1}^n) \Big|_{z_{k+1}} - K(\theta_k^n) \Big|_{z_k} \right]$$

$$\theta_k^{n+1} - \left[\frac{\Delta t}{\Delta z_k} \frac{D(\theta_{k+1}^n)}{\Delta z_{k+1}} (\theta_{k+1}^{n+1} - \theta_k^{n+1}) - \frac{\Delta t}{\Delta z_k} \frac{D(\theta_k^n)}{\Delta z_k} (\theta_k^{n+1} - \theta_{k-1}^{n+1}) + \frac{\Delta t}{\Delta z_k} K(\theta_{k+1}^n) - \frac{\Delta t}{\Delta z_k} K(\theta_k^n) \right] = \theta_k^n$$

$$\theta_k^{n+1} - \left[\left(\frac{\Delta t}{\Delta z_k} \frac{D(\theta_{k+1}^n)}{\Delta z_{k+1}} \theta_{k+1}^{n+1} - \frac{\Delta t}{\Delta z_k} \frac{D(\theta_{k+1}^n)}{\Delta z_{k+1}} \theta_k^{n+1} \right) - \left(\frac{\Delta t}{\Delta z_k} \frac{D(\theta_k^n)}{\Delta z_k} \theta_k^{n+1} - \frac{\Delta t}{\Delta z_k} \frac{D(\theta_k^n)}{\Delta z_k} \theta_{k-1}^{n+1} \right) + \frac{\Delta t}{\Delta z_k} K(\theta_{k+1}^n) - \frac{\Delta t}{\Delta z_k} K(\theta_k^n) \right] = \theta_k^n$$

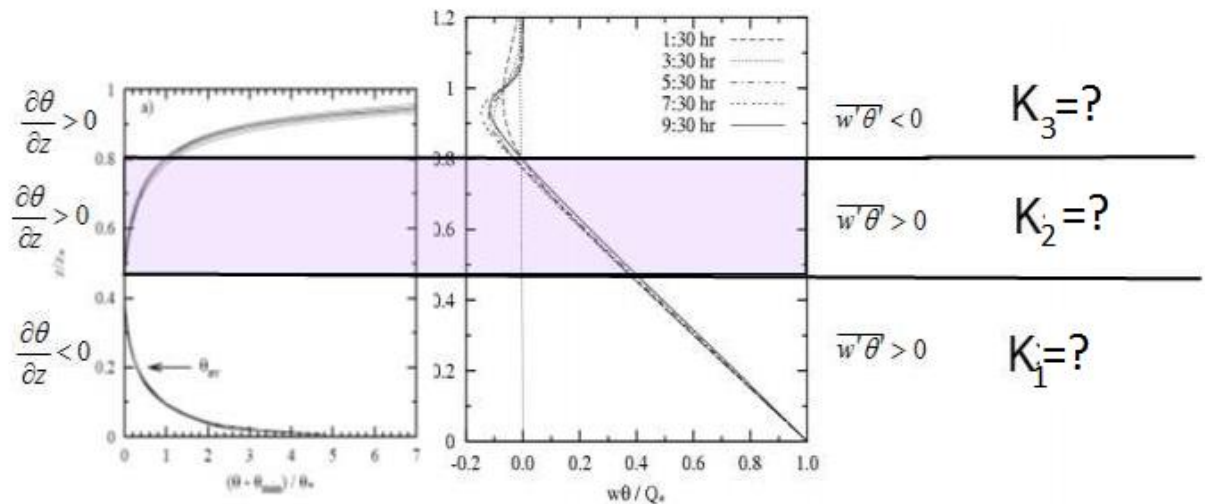
$$\begin{aligned} & \left(1 + \frac{\Delta t}{\Delta z_k} \frac{D(\theta_{k+1}^n)}{\Delta z_{k+1}} + \frac{\Delta t}{\Delta z_k} \frac{D(\theta_k^n)}{\Delta z_k} \right) \theta_k^{n+1} - \left(\frac{\Delta t}{\Delta z_k} \frac{D(\theta_k^n)}{\Delta z_k} \right) \theta_{k-1}^{n+1} - \left(\frac{\Delta t}{\Delta z_k} \frac{D(\theta_{k+1}^n)}{\Delta z_{k+1}} \right) \theta_{k+1}^{n+1} \\ & = \theta_k^n + \frac{\Delta t}{\Delta z_k} K(\theta_{k+1}^n) - \frac{\Delta t}{\Delta z_k} K(\theta_k^n) \end{aligned}$$

$\begin{aligned} & - \left(\frac{\Delta t}{\Delta z_k} \frac{D(\theta_k^n)}{\Delta z_k} \right) \theta_{k-1}^{n+1} + \left(1 + \frac{\Delta t}{\Delta z_k} \frac{D(\theta_{k+1}^n)}{\Delta z_{k+1}} + \frac{\Delta t}{\Delta z_k} \frac{D(\theta_k^n)}{\Delta z_k} \right) \theta_k^{n+1} - \left(\frac{\Delta t}{\Delta z_k} \frac{D(\theta_{k+1}^n)}{\Delta z_{k+1}} \right) \theta_{k+1}^{n+1} \\ & = \theta_k^n + \frac{\Delta t}{\Delta z_k} K(\theta_{k+1}^n) - \frac{\Delta t}{\Delta z_k} K(\theta_k^n) \end{aligned}$	1
---	---

Construa o sistema matricial linear (**matriz tri-diagonal**)

R:

- 9) A Parametrização Camada Limite: Usando a parametrização do fluxo turbulento de calor $\overline{w'\theta'} = -K_h \frac{\partial \theta}{\partial z}$



- a) Discuta o comportamento dos coeficientes de difusão nas três camadas.

R

- b) Qual é tendência de temperatura potencial (aquecimento ou resfriamento)

$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -\frac{\partial \overline{w'\theta'}}{\partial z}$ nas três camadas? Dica: $\int_{z_0}^{z_1} \frac{\partial \theta}{\partial t} dz = \int_{z_0}^{z_1} \frac{\partial}{\partial z} \left(K_h \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) dz$ ou $\frac{\partial \theta}{\partial t} \cong \left(K_h \frac{\partial \theta}{\partial z} \right)$, onde $\frac{\partial \theta}{\partial t}$ e $\left(K_h \frac{\partial \theta}{\partial z} \right)$ são os valores médio de cada camada.

R:

- 10) A Parametrização de Radiação: Calcule se há aquecimento ou resfriamento por emissão de ondas longas à noite para uma camada atmosférica de 0 a 1 km usando os fluxos descendente e ascendente calculados com MODTRAN para a atmosfera padrão dos EUA 1976.

Altitude (km)	Fluxo de radiação IR ascendente ($\frac{J}{s m^2}$)	Fluxo de radiação IR descendente ($\frac{J}{s m^2}$)
0	390	285
1	375	250

Discuta o resultado.

R: