MET-576-4

Modelagem Numérica da Atmosfera

Dr. Silvio Nilo Figueroa Rivero & Dr. Paulo Yoshio Kubota

Os métodos numéricos, formulação e parametrizações utilizados nos modelos atmosféricos serão descritos em detalhe.

3 Meses
24 Aulas (2 horas cada)

Dinâmica 24/09/2020 a 24/10/2020

Dinâmica:

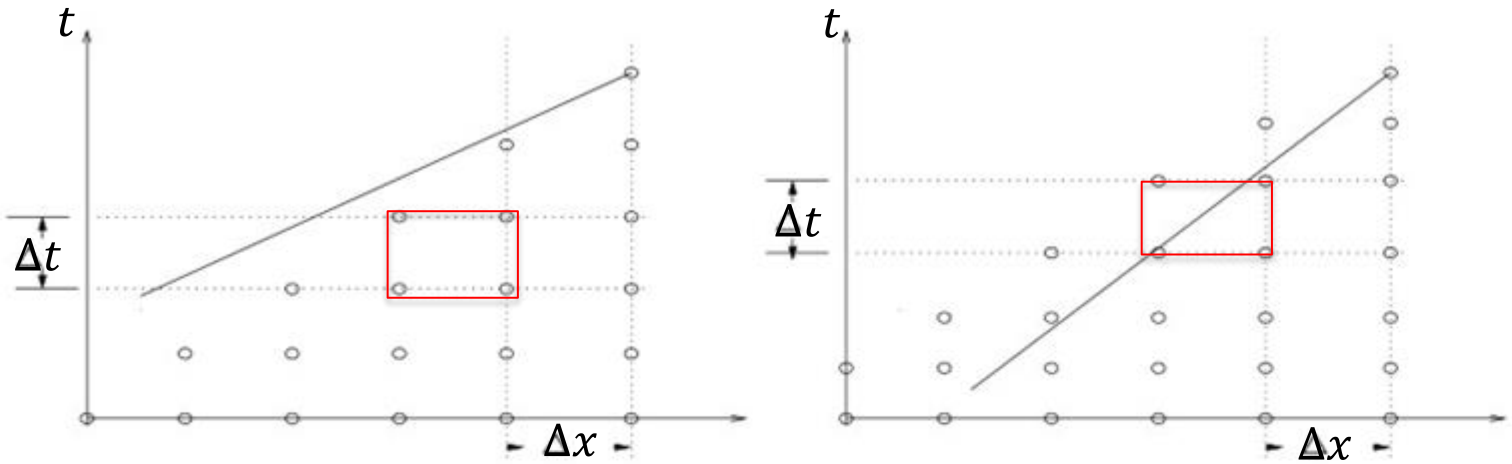
Métodos numéricos amplamente utilizados na solução numérica das equações diferencias parciais que governam os movimentos na atmosfera serão o foco, mas também serão analisados os novos conceitos e novos métodos.

Dinâmica 24/09/2020 a 24/10/2020

- ✓ Métodos de diferenças finitas.
- ✓ Acurácia.
- ✓ Consistência.
- ✓ Estabilidade.
- ✓ Convergência.
- ✓ Grades de Arakawa A, B, C e E.
- ✓ Domínio de influência e domínio de dependência.
- ✓ Dispersão numérica e dissipação.
- ✓ Definição de filtros monótono e positivo.
- ✓ Métodos espectrais.
- ✓ Métodos de volume finito.
- ✓ Métodos Semi-Lagrangeanos.
- ✓ Conservação de massa local.
- ✓ Esquemas explícitos versus semi-implícitos.
- ✓ Métodos semi-implícitos.

O Critério de Courant – Friedrich - Lewy

- O critério de CFL afirma que uma condição necessária para a estabilidade é que o domínio de dependência da solução numérica deve incluir o domínio da dependência da equação diferencial parcial original
- A condição de CFL exige que a cada passo de tempo a solução em um ponto x_j a solução numérica não pode se propagar mais do que um ponto de grade por passo de tempo a velocidade $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ não deve exceder o permitido pela aproximação FTBS



No painel direito do diagrama acima, é evidente que o domínio numérico de dependência contém o domínio físico desde que a dependência

$$\frac{1}{u} \geq \frac{\Delta t}{\Delta x} \qquad ====\Rightarrow 0 \leq \frac{u\Delta t}{\Delta x} \leq 1$$

Dinâmica 24/09/2020 a 24/10/2020

Métodos de diferenças finitas.

O Critério de Courant – Friedrich - Lewy

$$\frac{\phi_j^{n+1} - \phi_j^n}{\Delta t} + u\frac{\phi_j^n - \phi_{j-1}^n}{\Delta x} = 0 \qquad (14)$$

$$\phi_j^{n+1} - \phi_j^n - u\frac{\Delta t}{\Delta x}\left(\phi_j^n - \phi_{j-1}^n\right) \qquad (15)$$

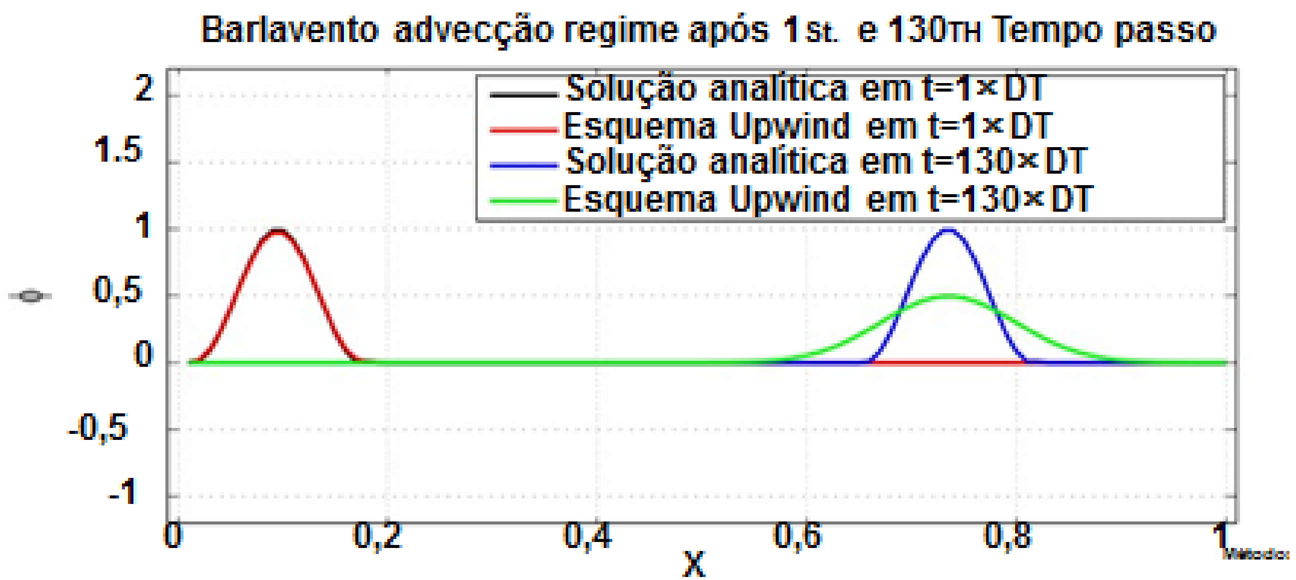
$$\left(\phi_j^{n+1} - \phi_j^n\right)\frac{1}{u} = -\frac{\Delta t}{\Delta x}\left(\phi_j^n - \phi_{j-1}^n\right) \qquad (15)$$

$$\frac{1}{u} \geq \frac{\Delta t}{\Delta x} \qquad ===\Rightarrow 0 \leq \frac{u\Delta t}{\Delta x} \leq 1$$

Métodos de diferenças finitas.

Notas: esquema upstream (upwind- FTBS)

- FTBS regime é instável se U < 0. Nesse caso, é preciso usar o esquema forward no tempo e no espaço (FTFS).
- No caso geral, quando U Pode alterar sinal devemos utilizar FTBS quando U > 0 e FTFS quando U < 0, tal que sempre usamos as informações do lado da upstream do ponto cujo novo valor estamos tentando calcular.
- O problema deste esquema é a Excessiva difusão numérica, e o erro de truncamento de primeiro ordem dominante no esquema upwind.



Notas: esquema upstream (upwind- FTBS)

Exercício: esquema upstream

Resolver a equação advecção 10 numericamente no domínio $0 \leq X \leq 1000$ M. Deixe $\Delta x = 1$ M, e assuma as condições de limite periódicos . Suponha que a velocidade de advecção U = 1 M/s. Deixe o estado inicial ser um triângulo

$$\phi(x,0) = \begin{cases} 0 & \text{for} \quad x < 400 \\ 0.1(x-400) & \text{for} \quad 400 \leq x \leq 500 \\ 20 - 0.1(x-400) & \text{for} \quad 500 \leq x \leq 600 \\ 0 & \text{for} \quad x > 600 \end{cases}$$

Escolha um esquema upstream. Integre no tempo e mostre as Soluções para T = 0S T = 300s, T = 600s,T = 900s,T = 1000s,T = 1500s,T = 2000s .E explicar as características da solução.