A importância da instabilidade hidrodinâmica para a mecânica de fluidos computacional e vice-versa: exemplos

Marcello A. Faraco de Medeiros
Departamento de Engenharia Mecânica
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais — PUC-Minas
marcello@pucminas.br

Instabilidade $\rightarrow$ CFD

Verificação de código - solução analítica $\mathbf{V(x, y, z, t)}$, de pequena amplitude

Como verificar:

- Re crítico – difícil identificar
- taxa de amplificação
- comprimento de onda (velocidade de fase)
- autofunções

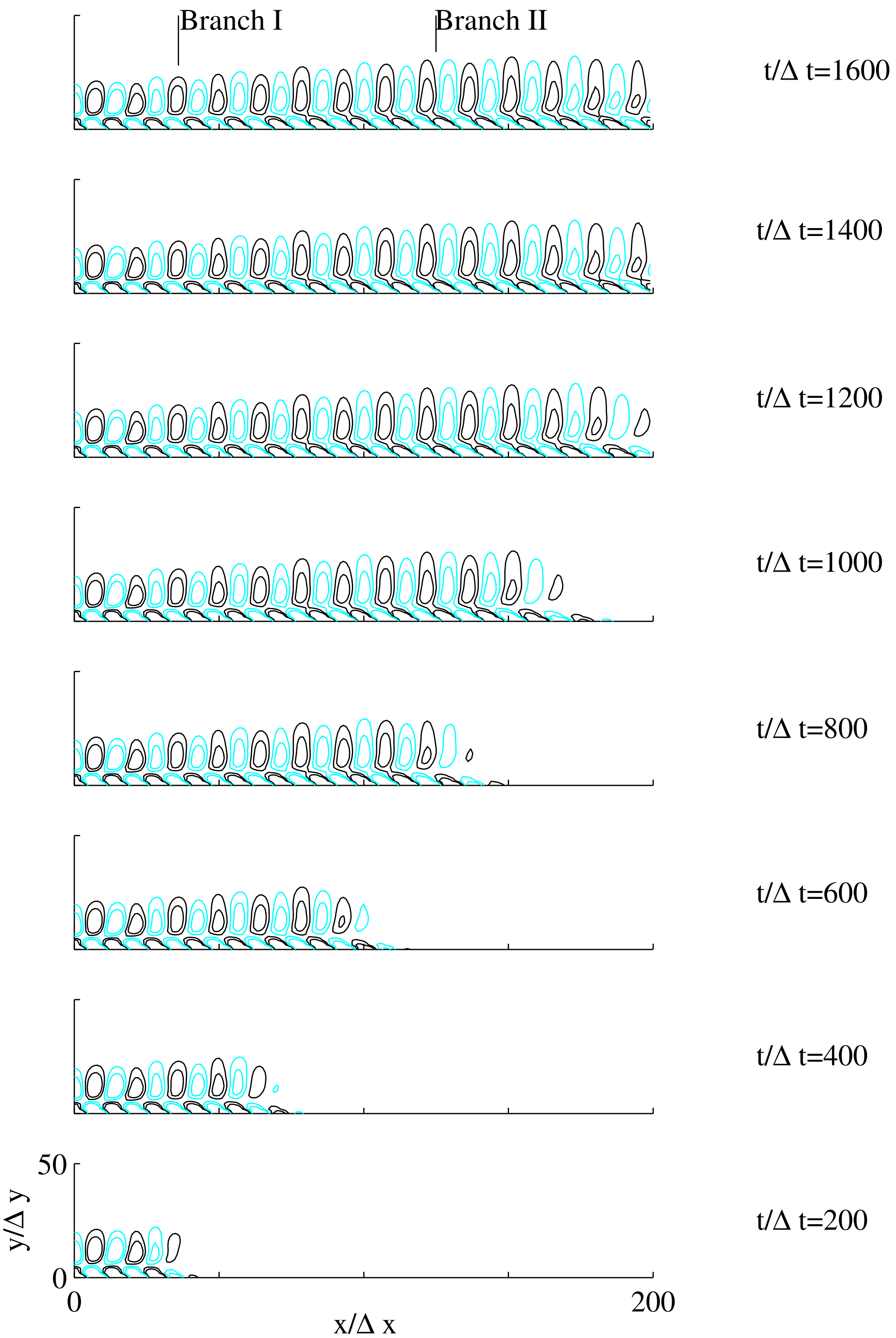

Figure 1: Spanwise vorticity

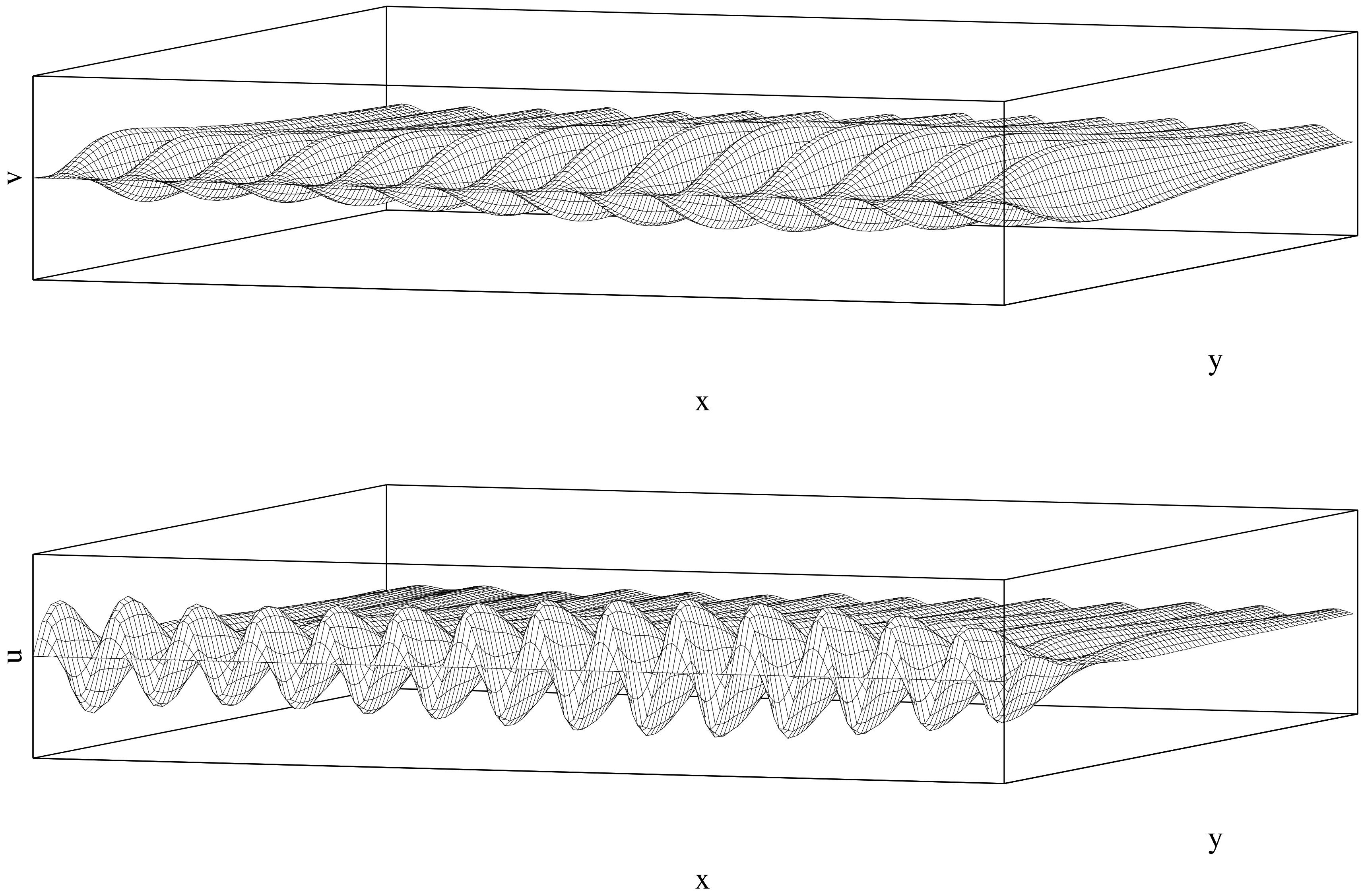

Figure 2: Streamwise evolution of the u and v velocity components at a particular time.

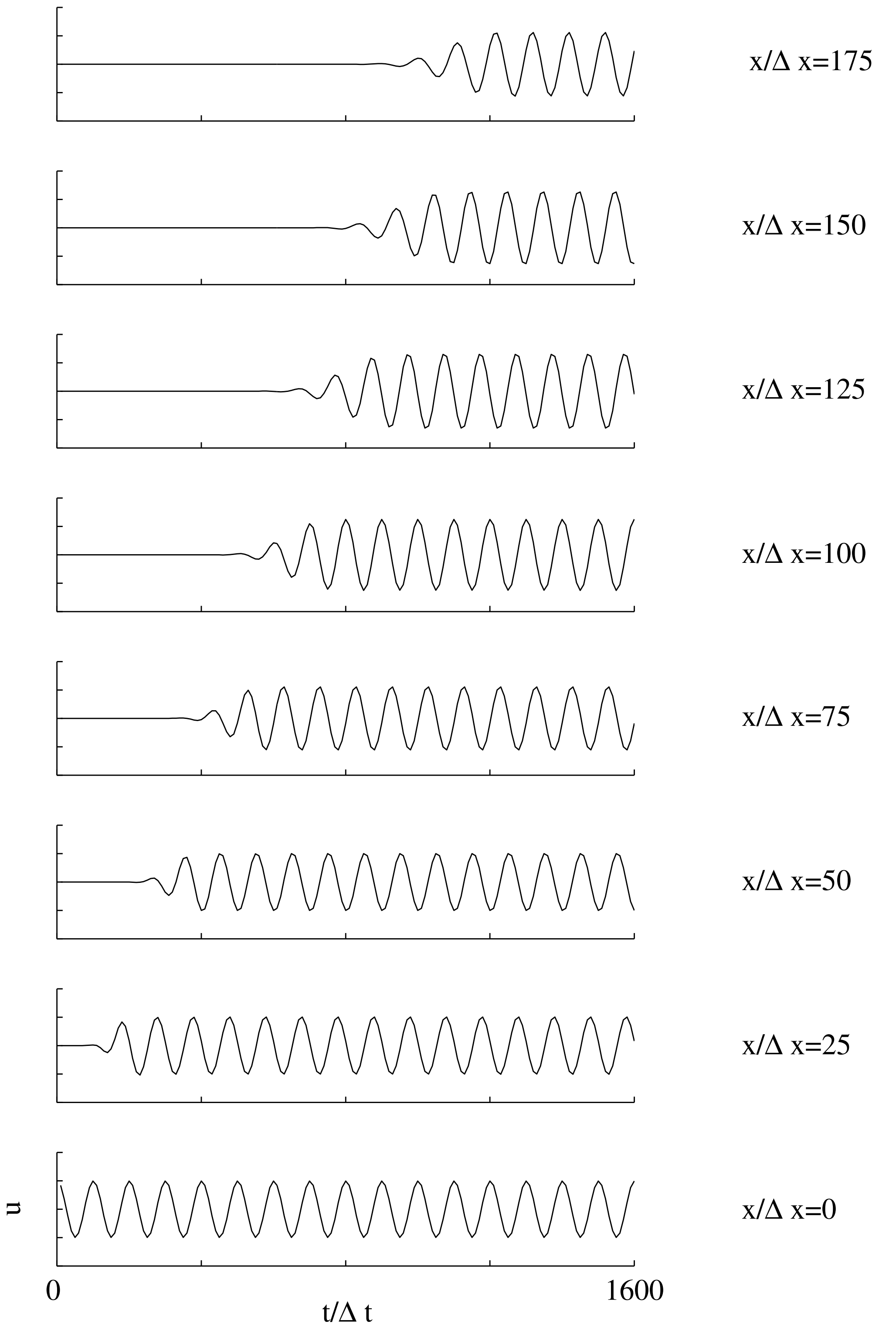

Figure 3: Time evolution of the u component at different streamwise stations.

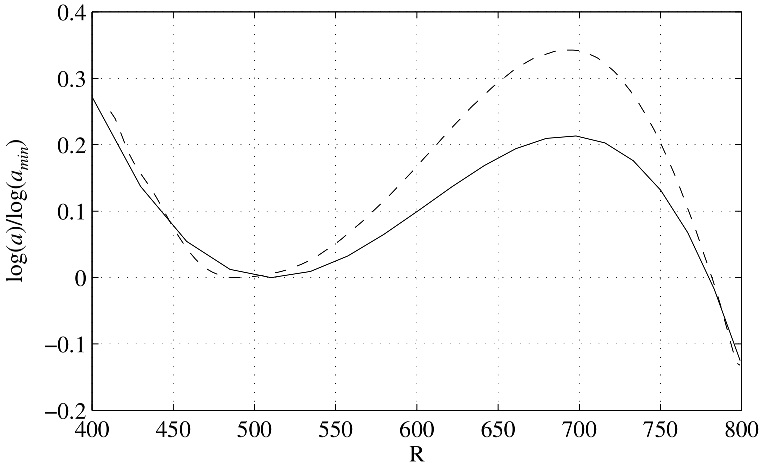

Figure 4: Theoretical (parallel) — solid line — and numerical — dashed line — growth rates.

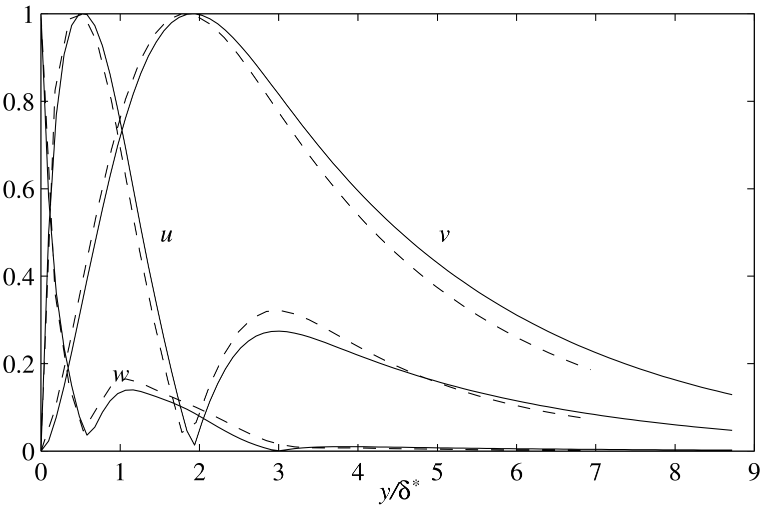

Figure 5: Theoretical (parallel) — solid lines — and numerical — dashed lines — eigenfunctions.

Dificuldades

Amplitude pequena — precisão, pouca dissipação (Linearização de NS ?)

Não paralelismo do escoamento — (Paralelização ?)

Condições de contorno:

- parede: precisão essencial para onda TS, evitar onda acústica
- longe da parede: homogênea, ou decaimento exponencial
- entrada: não pode ser muito próxima da excitação
- saída: não reflexiva, satisfazendo continuidade ou com zona de amortecimento

Excitação :

- na parede: muitos modos - exige muita precisão e resolução
- na entrada: solução de Orr-Sommerfeld

CFD$\rightarrow$ instabilidade

- Campo de vorticidade (componente v) que difícil de medir
- Campo de velocidade spacial em um dado instante de tempo
- Absoluto controle da perturbação
- Absoluto controle do escoamento base - escoamento 2D, camada limite paralela