



UNICAMP

IA369E - Tópicos em Engenharia de Computação VI
2º Semestre de 2012

Representação dos dados em simulação de partículas por *SPH*

¹Edgar Andrés Patiño Nariño

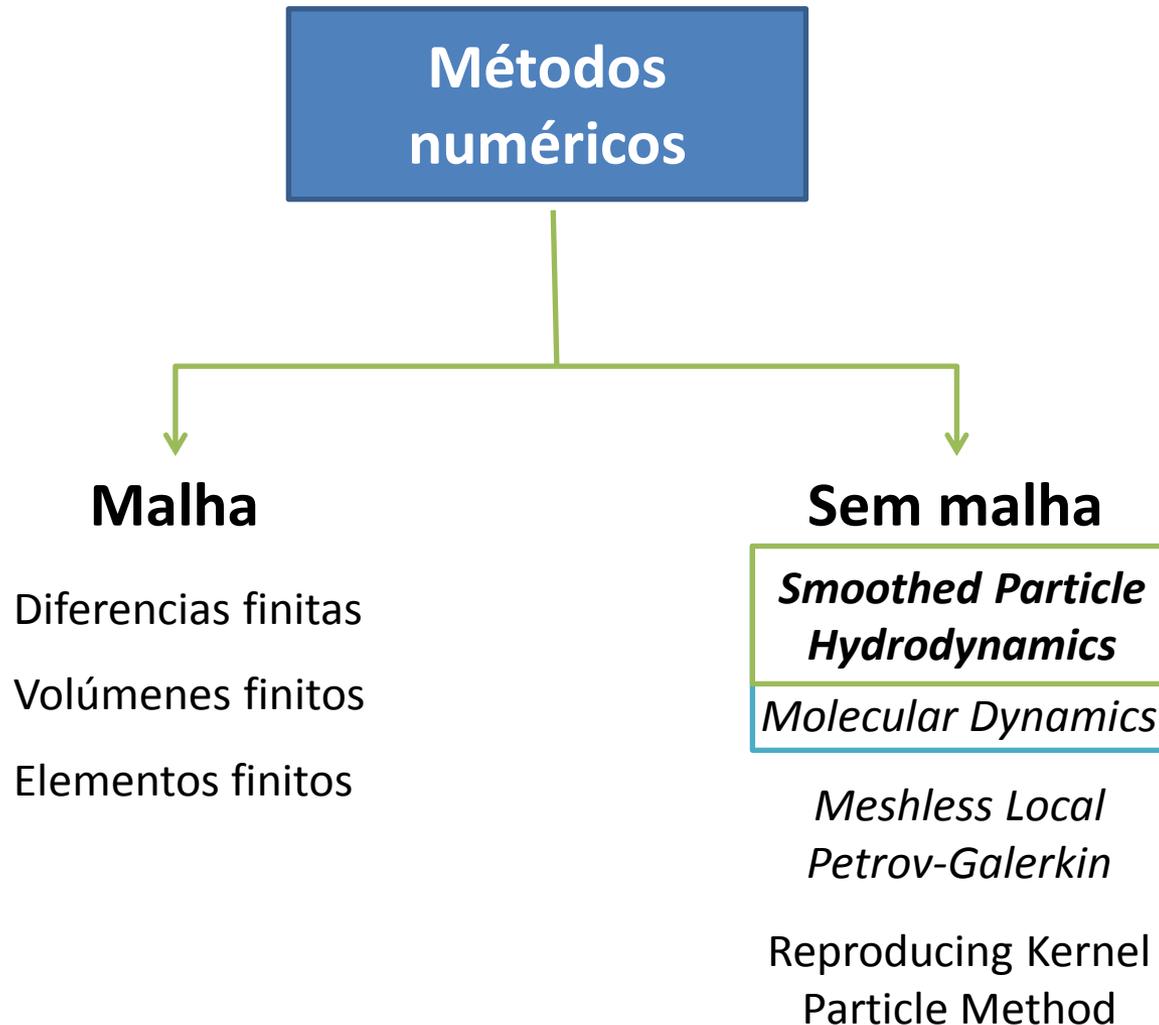
Departamento de Mecânica Computacional – DMC

Faculdade de Engenharia Mecânica – FEM

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

eapatinon@fem.unicamp.br

INTRODUÇÃO



INTRODUÇÃO

Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH)

→ É apropriado para resolver problemas onde os métodos com malha têm dificuldades, como **superfícies livres, fronteiras deformável, interfaces móveis e elevadas deformações.**

→ Dado que é o método de partículas mais antigo, seu **desenvolvimento chegou um estágio maduro (Lucy em 1977 [1], Gingold e Monaghan em 1982 [2]).**

Aplicações

Astrofísica

Mecânica dos Fluidos

Mecânica de sólidos

MÉTODO SPH

Equações de conservação

Massa

$$\frac{d\rho}{dt} = -\rho(\nabla \cdot \mathbf{v})$$

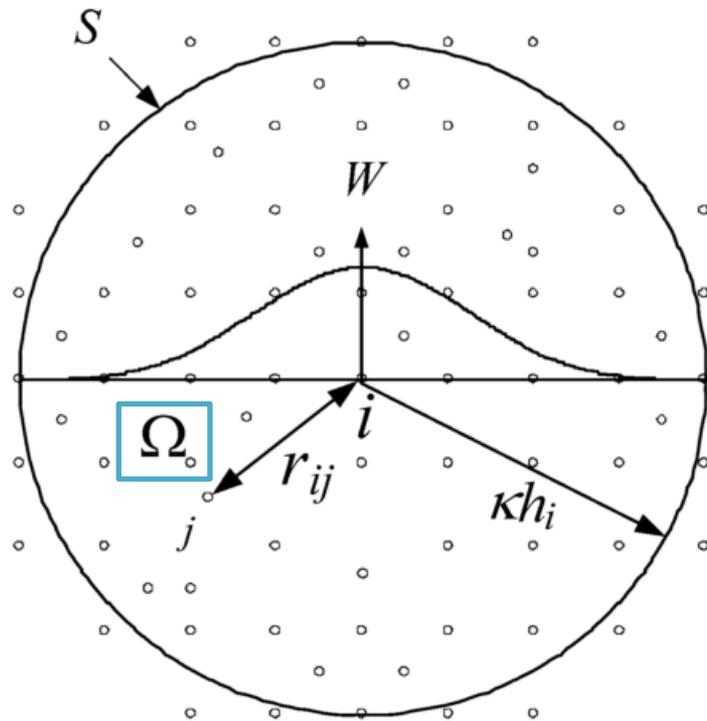
Energia

$$\frac{dE}{dt} = \frac{1}{\rho} \boldsymbol{\sigma} : \nabla^s \mathbf{v} = \frac{1}{\rho} \boldsymbol{\sigma} : \left[\frac{1}{2} (\nabla \otimes \mathbf{v} + \mathbf{v} \otimes \nabla) \right] - \nabla q$$

Momento

$$\frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{1}{\rho} \nabla \cdot \boldsymbol{\sigma} + \mathbf{F}$$

Método *Smoothed Particle* *Hydrodynamics (SPH)*



$$\delta(\mathbf{x} - \mathbf{x}') \approx W(r_i - r_j, h)$$

Aproximação por partículas

O vector $f(\mathbf{x})$ expressado por SPH [19]:

$$\langle f(\mathbf{x}) \rangle = \int_{\Omega} f(\mathbf{x}') W(\mathbf{x} - \mathbf{x}', h) d\mathbf{x}'$$

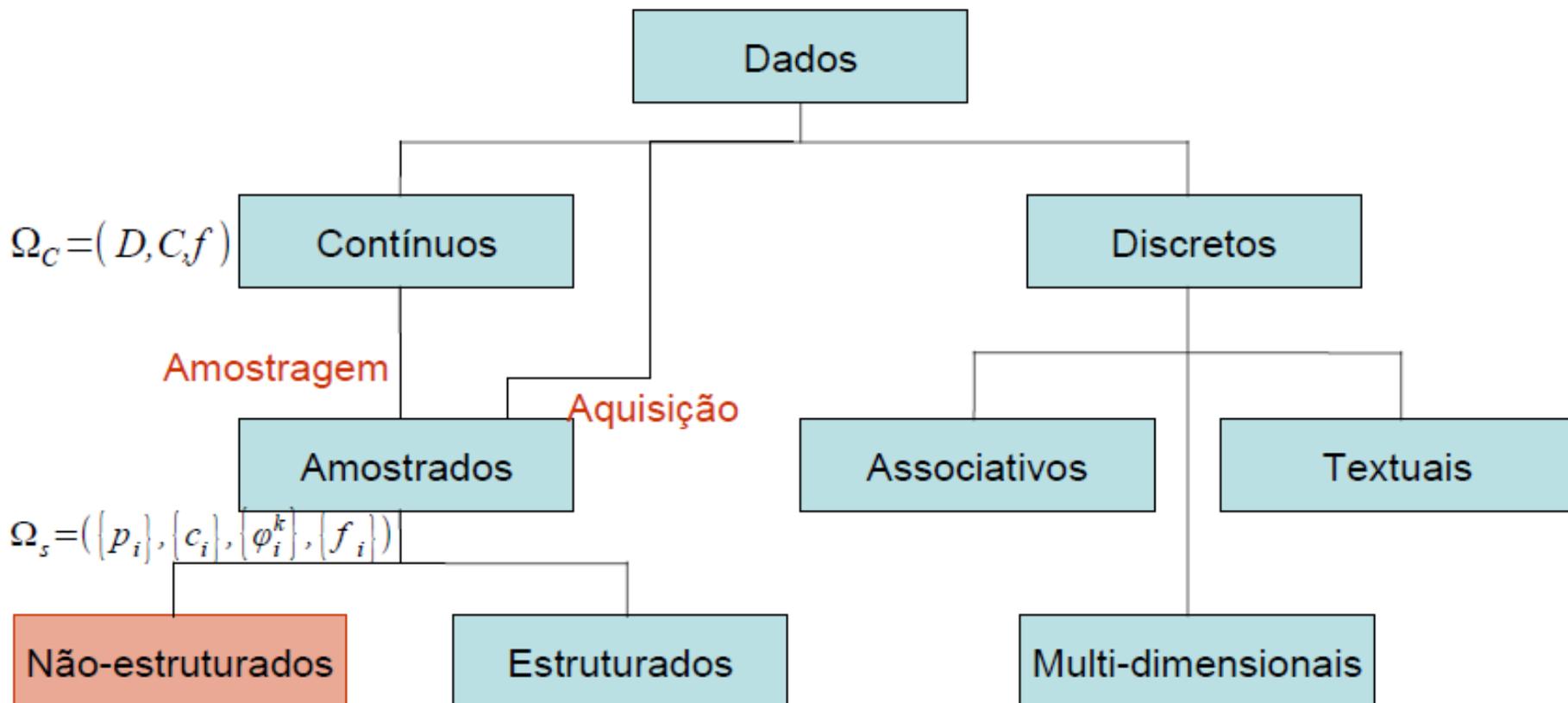
$$\langle f(\mathbf{x}_i) \rangle = \sum_{j=1}^N \frac{m_j}{\rho_j} f_j W(\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j, h)$$

O gradiente da função $\nabla f(\mathbf{x})$ transformado por SPH como [19]:

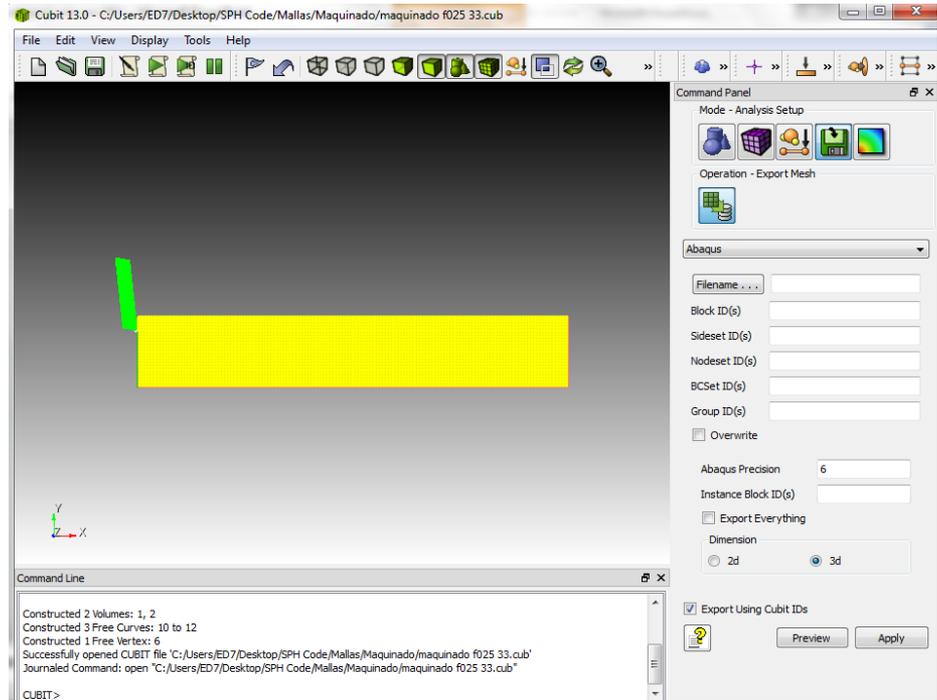
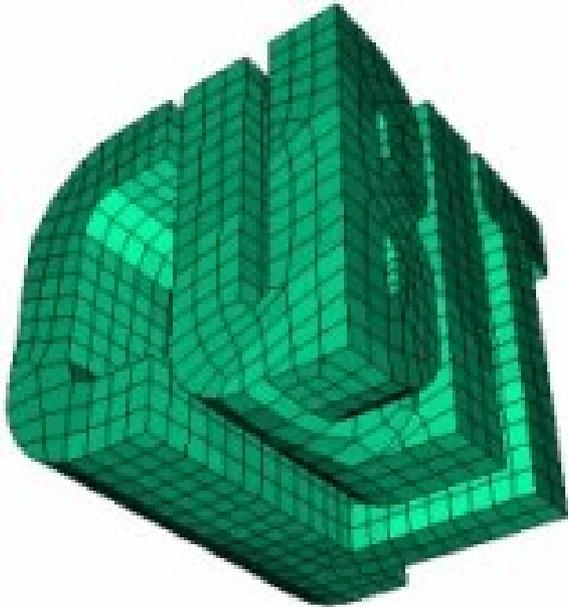
$$\langle \nabla f(\mathbf{x}) \rangle = \int_{\Omega} \nabla f(\mathbf{x}') W(\mathbf{x} - \mathbf{x}', h) d\mathbf{x}'$$

$$\langle \nabla f(\mathbf{x}_i) \rangle = \sum_{j=1}^N \frac{m_j}{\rho_j} f_j \nabla_i W(\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j, h)$$

Visualização de dados



Entrada de dados



Importa os valores em formato ABQUS, .INP

Exemplo .INP



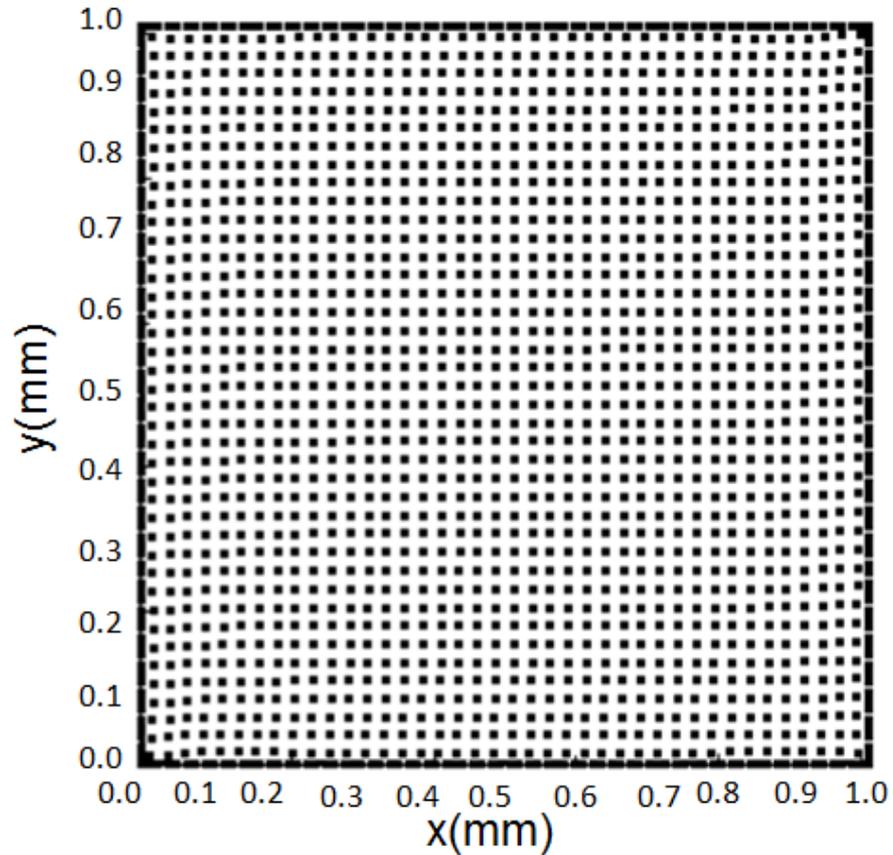
Só levando em conta os valores dos nós



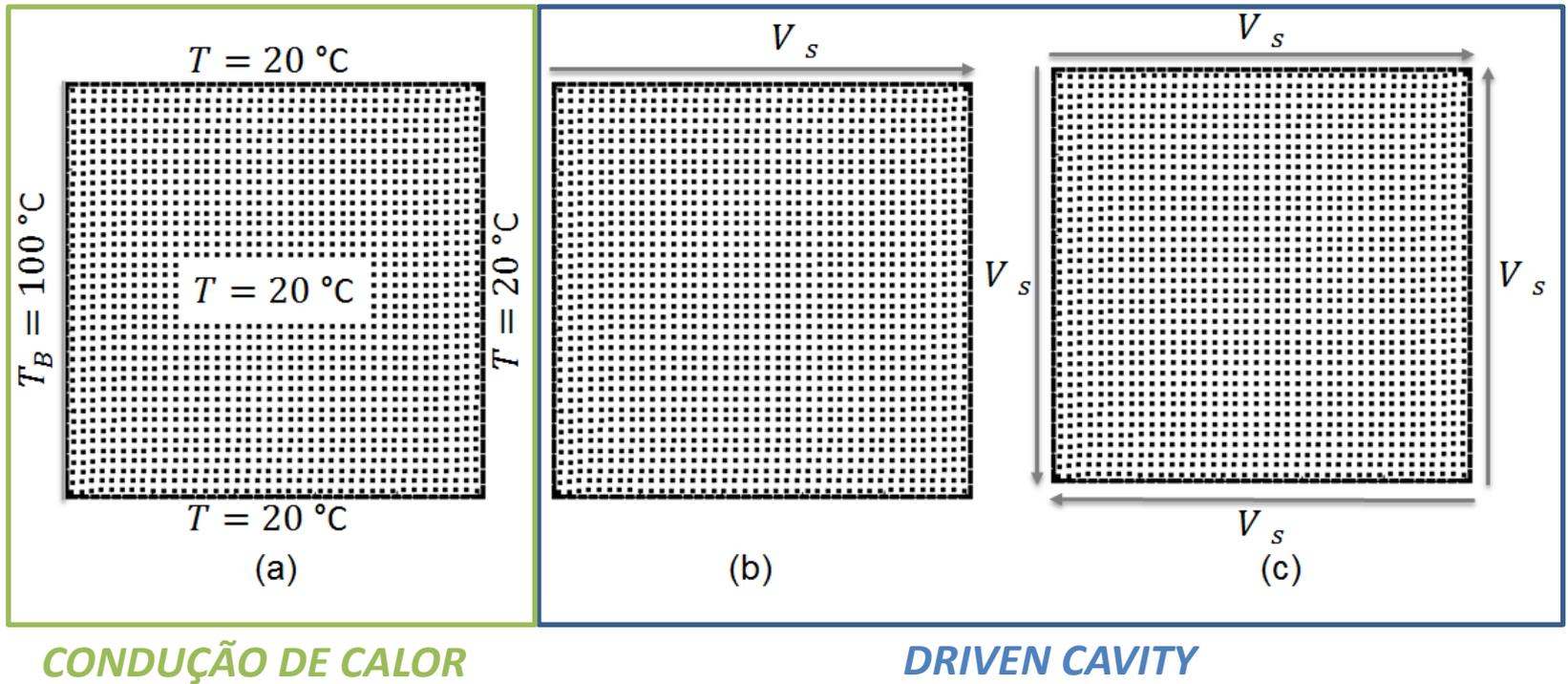
Dados de saída

- Vetor de velocidade.
- Linhas de fluxo.
- Densidade.
- Esforços e deformações equivalentes.
- Energia e Temperatura.

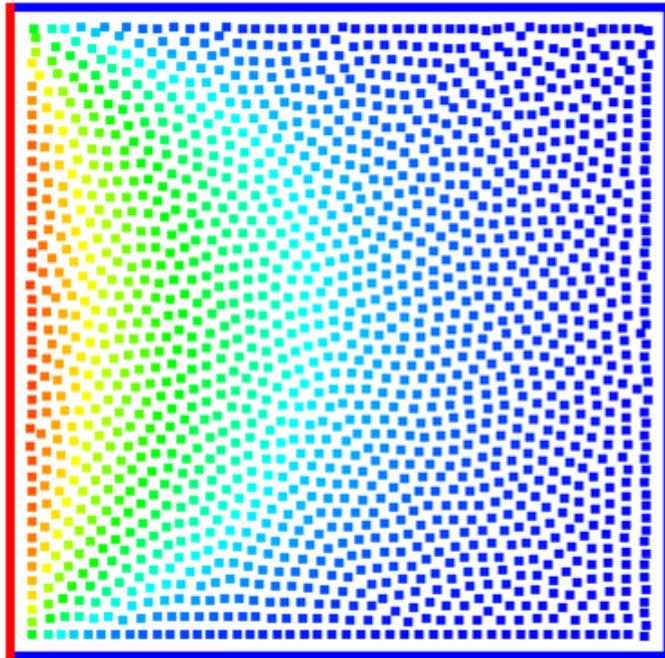
Visualização inicial



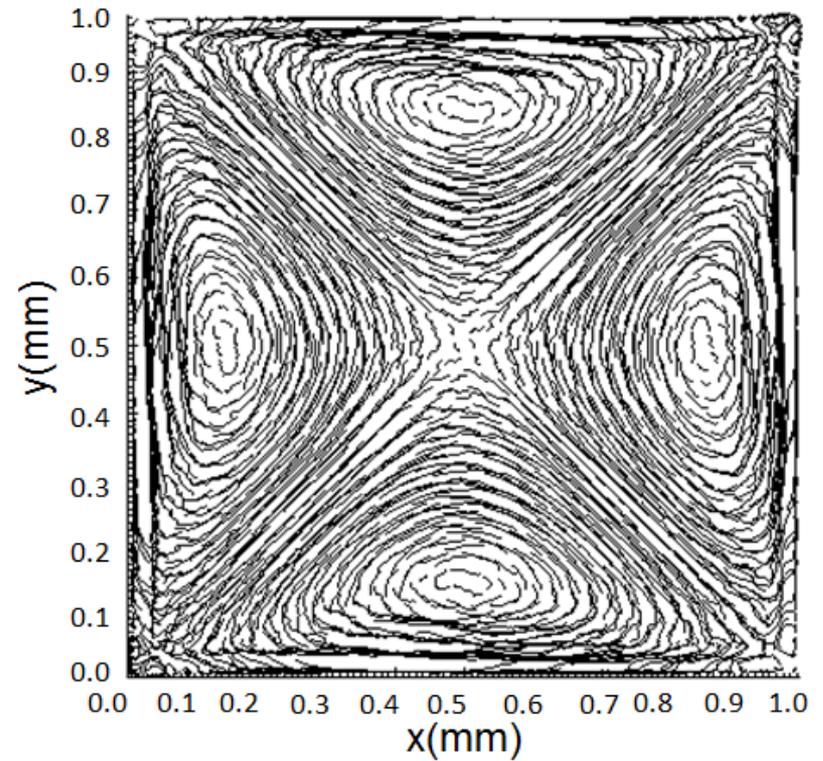
Condições iniciais



Entrada de Saídas

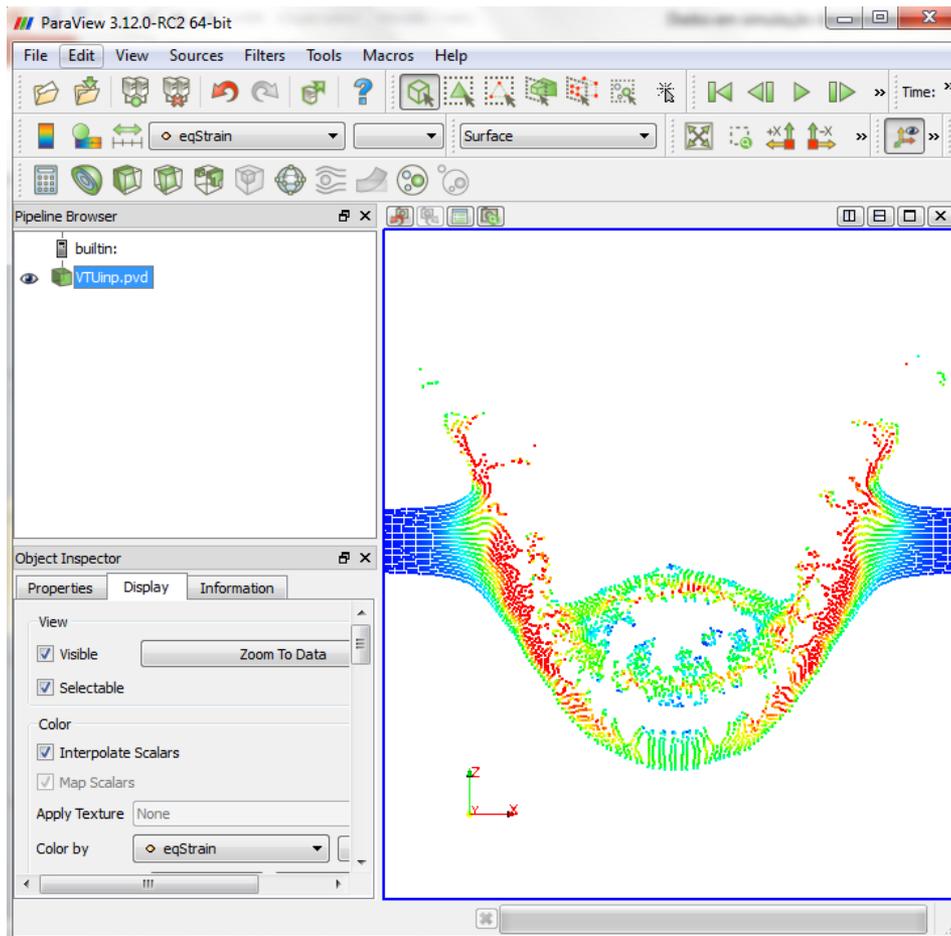


CONDUÇÃO DE CALOR



DRIVEN CAVITY

Visualização



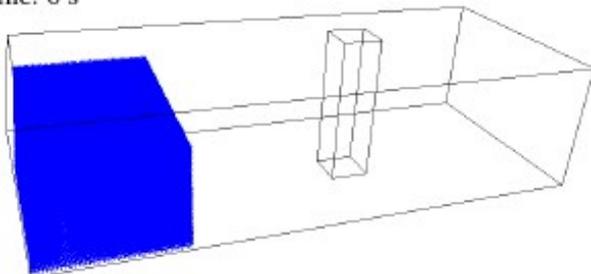
 **ParaView**



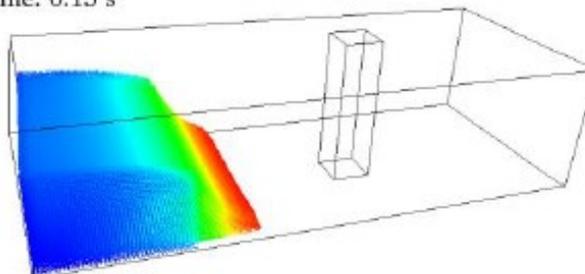
Arquivo .VTU

Visualização

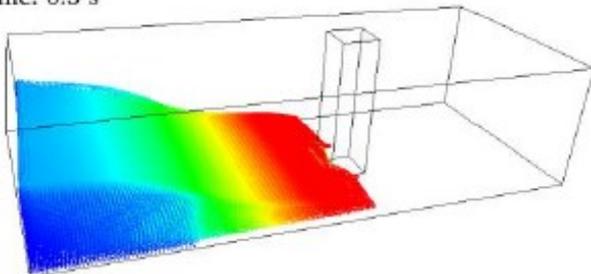
Time: 0 s



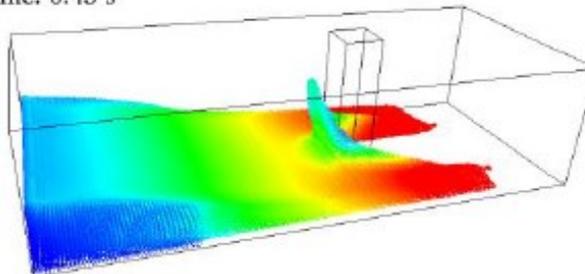
Time: 0.15 s



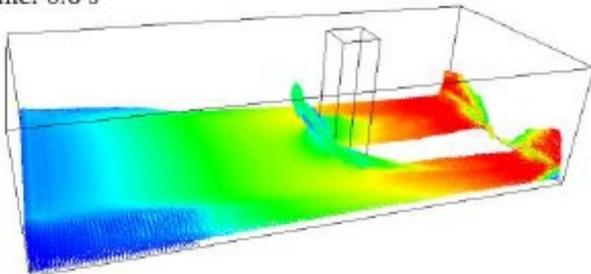
Time: 0.3 s



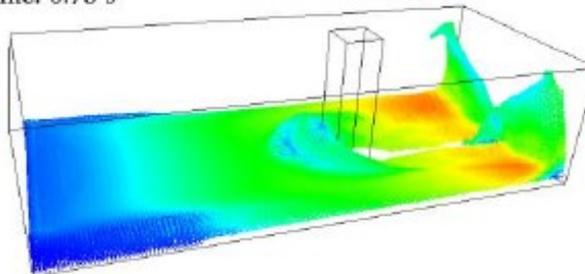
Time: 0.45 s



Time: 0.6 s

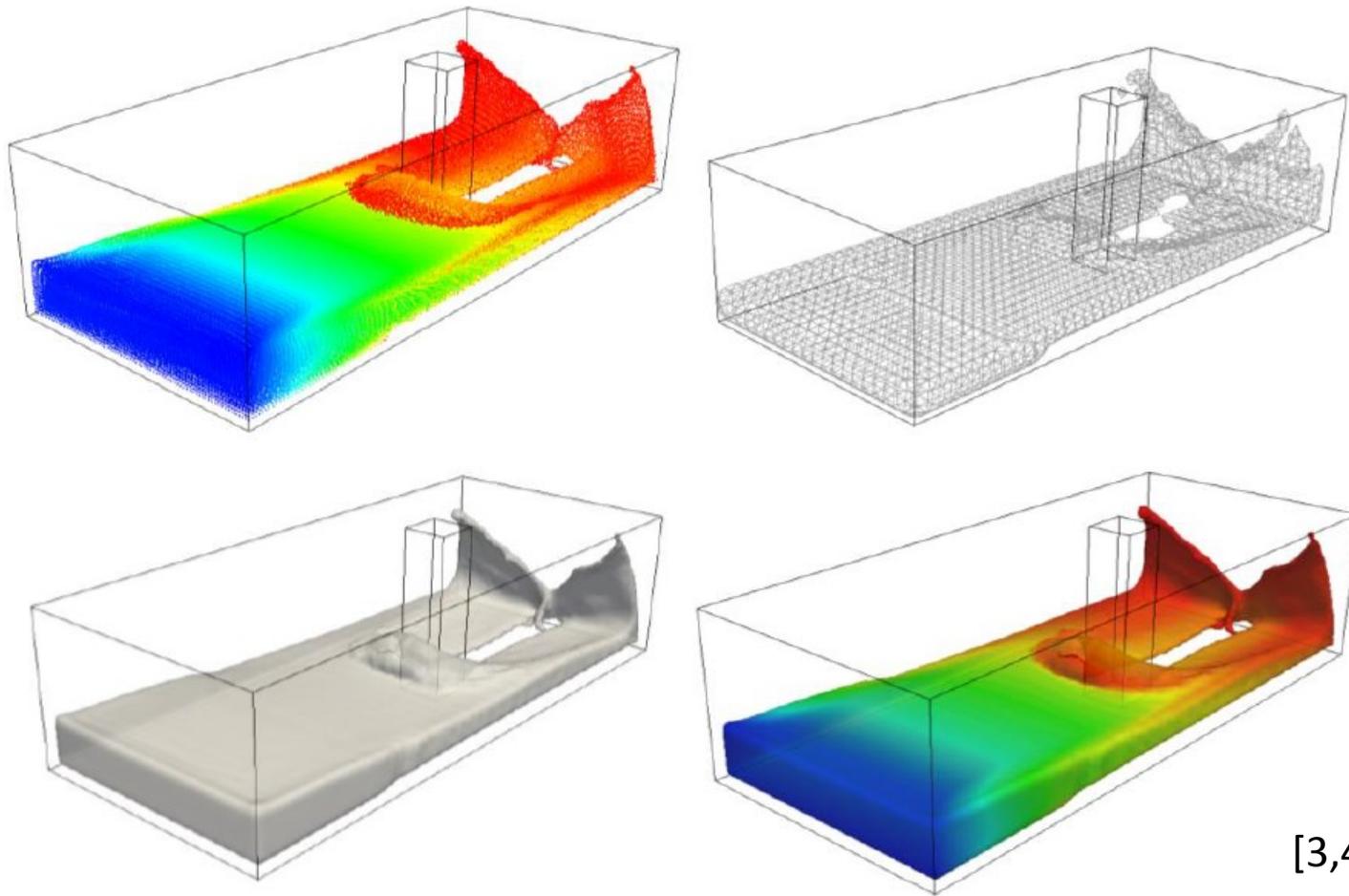


Time: 0.75 s



[3,4]

Visualização



[3,4]



UNICAMP

Obrigado pela sua atenção

Perguntas?

Edgar Andres Patiño Nariño
(eapatinon@fem.unicamp.br)

REFERÊNCIAS

1. L. B. Lucy, “A numerical approach to the testing of the fission hypothesis,” *The Astronomical Journal*, vol. 82, no. 12, pp. 1013-1024, Dec. 1977.
2. J. J. Monaghan and R. A. Gingold, “Shock Simulation by the Particle,” *Journal of Computational Physics*, vol. 52, pp. 374-389, 1983.
3. Crespo, A. (2008). Application of the Smoothed Particle Hydrodynamics model SPHysics to free-surface hydrodynamics, (June). Retrieved from http://cfd.mace.manchester.ac.uk/sph/SPH_PhDs/2008/crespo_thesis.pdf
4. Crespo, A. C., Dominguez, J. M., Barreiro, A., Gómez-Gesteira, M., & Rogers, B. D. (2011). GPUs, a new tool of acceleration in CFD: efficiency and reliability on smoothed particle hydrodynamics methods. *PloS one*, 6(6), e20685. doi:10.1371/journal.pone.0020685

