

Introdução ao OpenFOAM

Aula 03 - Construindo um novo caso

Dr. Diogo Nardelli Siebert
Juan P. L. C. Salazar, Ph.D.

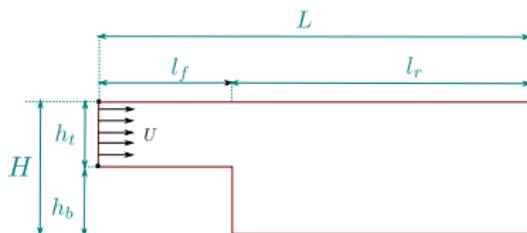
17 a 27 de outubro de 2022

Introdução

Etapas para criação um novo caso

- Escolha de um modelo (solver);
- criação da estrutura de arquivos;
- criação da malha;
- especificação das condições de contorno;
- especificação de parâmetros físicos;
- configuração do solver e parâmetros numéricos;
- adição de funções de cálculo *"on-the-fly"*;
- execução da simulação;
- pós-processamento.

O caso



Objetivo

Estudaremos o problema conhecido como *Backward Facing Step*, comparando o resultado com dados experimentais para taxa de cisalhamento para $Re_h = 124$ e $Re_h = 529^a$.

^aTihon, Jaroslav, V. Pěnkavová, and M. Pantzali. "The effect of inlet pulsations on the backward-facing step flow." *European Journal of Mechanics-B/Fluids* 29.3 (2010): 224-235.

Escolha de um solver

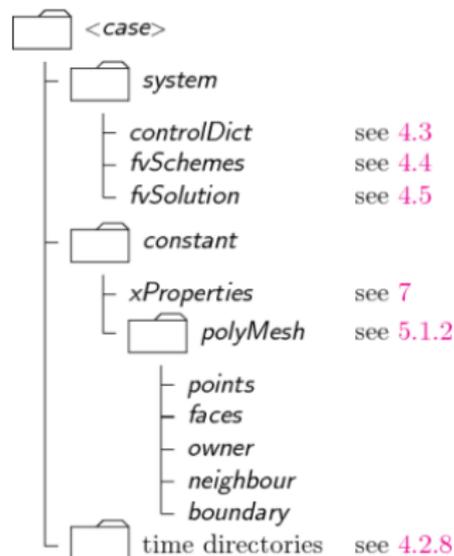
Definição

É um aplicativo composto de um modelo matemático (conjunto de EDPs) associado a um conjunto de métodos numéricos.

Observações

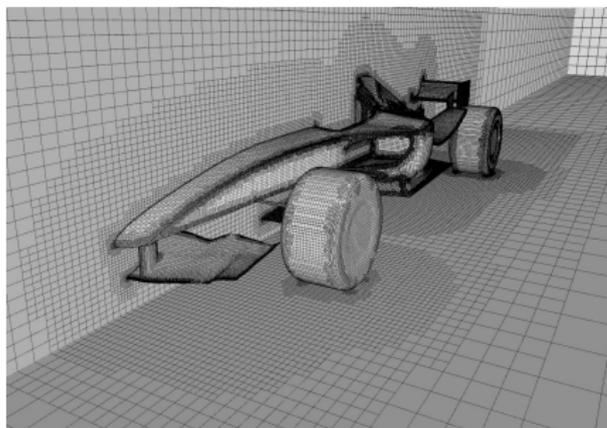
- As versões do OpenFOAM (OpenCFD e OpenFOAM Foundation) podem possuir diferentes solvers, apesar de a grande maioria ser comum aos dois;
- a documentação do OpenCFD apresenta de forma mais transparente informações sobre os modelos matemáticos envolvidos;
- **em última análise a leitura do código fonte é a fonte mais segura.**

Criando uma pasta para o caso



Apesar de ser possível começar a configuração *from scratch*, a maneira mais prática é copiar um tutorial do respectivo solver e editar os parâmetros necessários.

Criação da malha



Geradores de malha:

- blockMesh
- snappyHexMesh
- conversores
(geradores externos)

Sintaxe dos arquivos

Os arquivos de entrada de dados do OpenFOAM são organizados em três estruturas básicas: entrada simples, dicionário ou lista.

Entrada

```
<keyword> <dataEntry1> ... <dataEntryN>;
```

controlDict

```
startFrom           startTime ;  
startTime           0;  
stopAt              endTime ;  
endTime             0.5;
```

Dicionário

```
<dictionaryName>  
{  
    ... keyword entries ...  
}
```

Lista

```
<listName>  
(  
    ... entries ...  
);
```

Obs: Listas e dicionários podem ser aninhados.

Tipos de dados

Os dados de entrada podem ser strings, números (inteiro e ponto flutuante), vetores ou tensores.

Vetor

```
(1.0 1.1 1.2)
```

Tensor

```
(1 0 0  
0 1 0  
0 0 1)
```

Exemplo

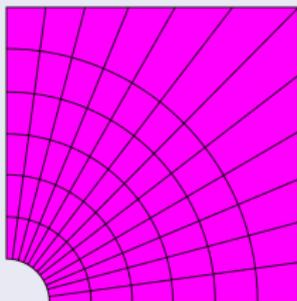
```
system/blockMeshDict
```

```
boundary
(
    movingWall
    {
        type wall;
        faces
        (
            (3 7 6 2)
        );
    }
)
```

Classificação

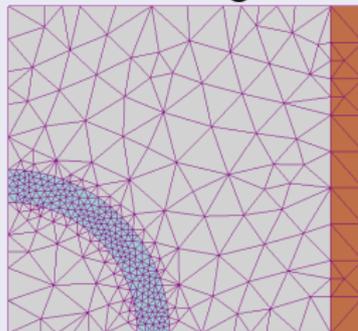
Estruturada

Identificadas por conectividade regular.

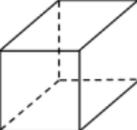
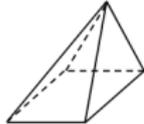


Não estruturada

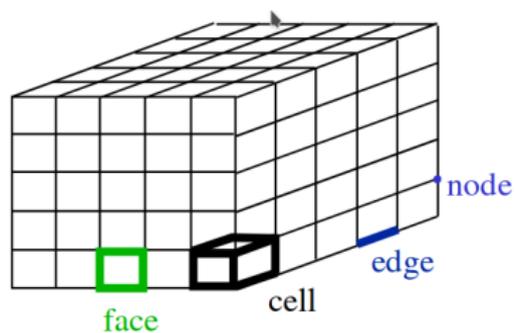
Identificadas por conectividade irregular.



Tipos de células ou elementos:

- 2D:
 -  triangle (“**tri**”)
 -  2D prism (**quadrilateral** or “**quad**”)
- 3D:
 -  tetrahedron (“**tet**”)
 -  prism with quadrilateral base (**hexahedron** or “**hex**”)
 -  pyramid
 -  prism with triangular base (**wedge**)
 -  arbitrary polyhedron

Nomenclatura

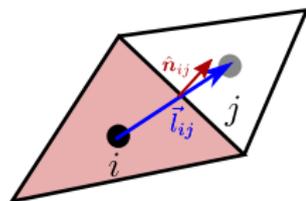


- Célula/*Cell*: Volume de controle utilizado para integração via volumes finitos
- Face: Superfícies que formam uma célula
- Aresta/*edge*: Linhas que formam uma face
- Vértice/*node*: Extremidades das arestas

Qualidade da Malha

Como vimos na aula 0,

$$\int_S k \nabla T \cdot \hat{\mathbf{n}} dS \approx k \sum_j \nabla T \cdot \hat{\mathbf{n}}_{ij} A_{ij}$$



$$(\nabla T)^{n+1} \cdot \hat{\mathbf{n}}_{ij} \approx \frac{(T_j^{n+1} - T_i^{n+1})}{l_{ij}} \frac{\mathbf{l}_{ij} \cdot \hat{\mathbf{n}}_{ij}}{l_{ij}}$$

Qualidade da malha

Não-ortogonalidade (*Non-orthogonality*)

É o ângulo entre o vetor normal a face e o vetor deslocamento entre o centro das células.

- O valor máximo (por padrão) admitido pelo OpenFOAM é 70 graus (sem emissão de aviso), mas valores maiores são possíveis.
- Quanto mais próximo de zero menor o erro gerado.

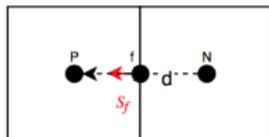


Figure 5: Orthogonal cells.

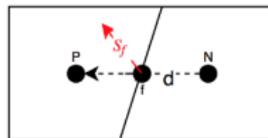
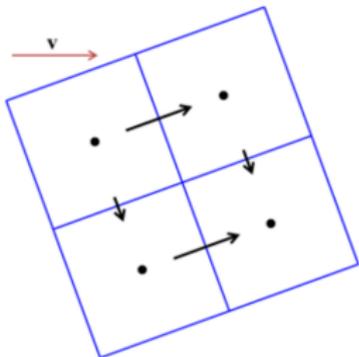


Figure 6: Non-orthogonal cells.

Qualidade da malha

Adicionalmente, recomenda-se uma malha alinhada com o escoamento, o que reduz a difusão numérica.



$$\int_{V_i} \nabla \cdot (\mathbf{uu}) dV = \oint_{S_i} (\mathbf{uu}) \cdot \hat{\mathbf{n}} dS$$

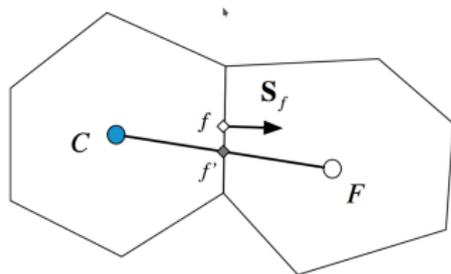
Qualidade da malha

Assimetria (*Skewness*)

É definido como a discrepância entre a localização do centro da face e a interseção da linha entre centros com a face.

- Também pode causar o surgimento de difusão numérica;
- o valor ideal é zero, sendo o valor máximo recomendando pelo OpenFOAM igual à 4.

$$\epsilon = \frac{|f - f'|}{|d|}$$



Qualidade da malha

Razão de Aspecto (*Aspect Ratio*)

Razão entre o maior e menor comprimento da célula.

- Deve ser o mais próximo possível de 1;
- o valor máximo recomendado pelo OpenFOAM é 1000.

A variação súbita no tamanho das células deve ser evitada. pois provoca erros de interpolação. Pode ser mensurado pela razão entre o volume da maior e da menor célula.

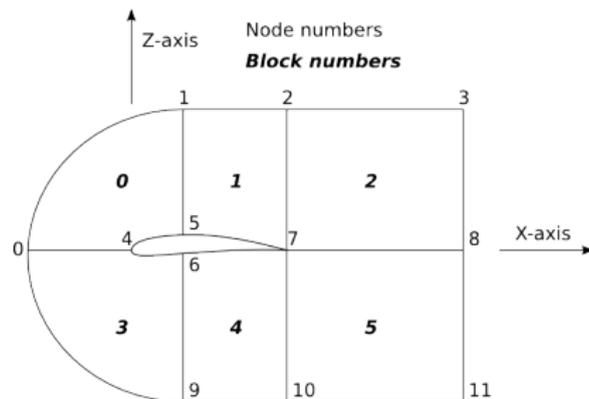
checkMesh

Ferramenta do OpenFOAM para checagem da consistência e qualidade da malha.

Criação da malha

blockMesh

- A ferramenta *blockMesh* cria malhas paramétricas com arestas curvas, com graduação.
- O princípio por trás do *blockMesh* é decompor o domínio em um conjunto de 1 ou mais blocos de hexaedros, podendo estes ter arestas curvas.

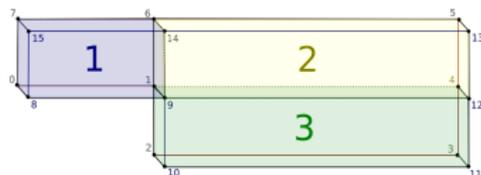


Criação da malha

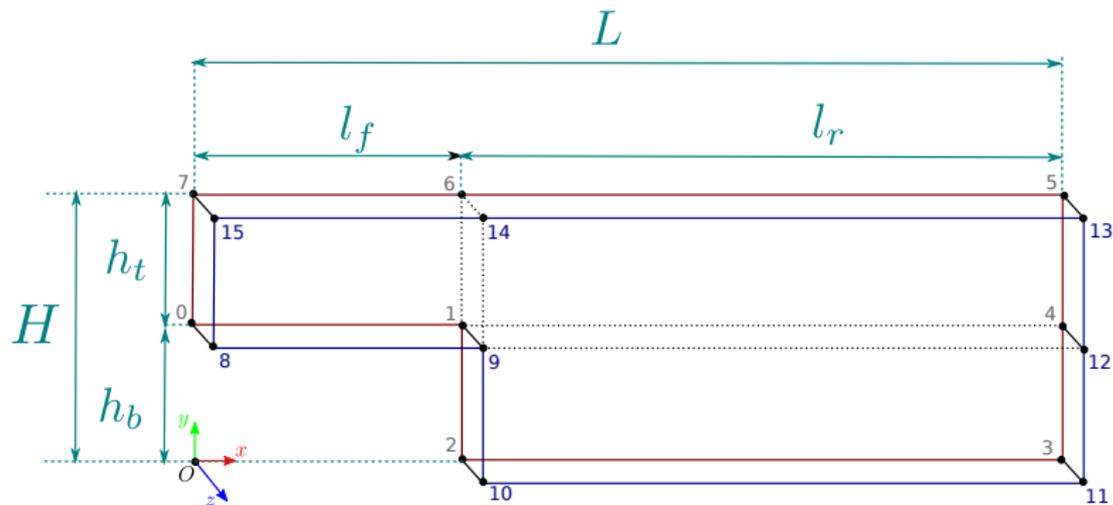
A configuração do *blockMesh* é realizada através do arquivo *system/blockMeshDict*.

Workflow

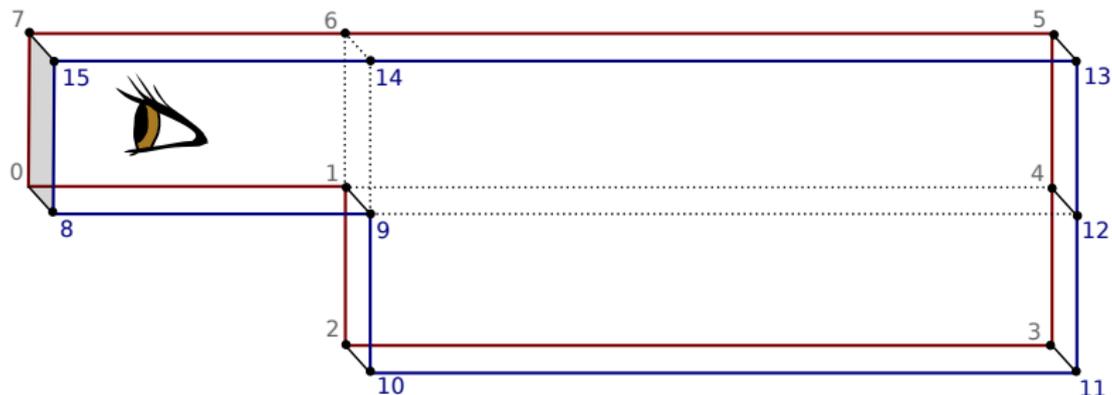
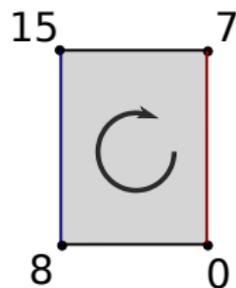
- Listam-se os vértices;
- definem-se os blocos e as graduações nos eixos;
- define-se a forma das arestas (retas, arco, spline);
- classifica-se o contorno.



Vértices (Blocos)



Contorno (Entrada)



Contorno (Saída)

