ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

# Elementos de Máquinas para Automação

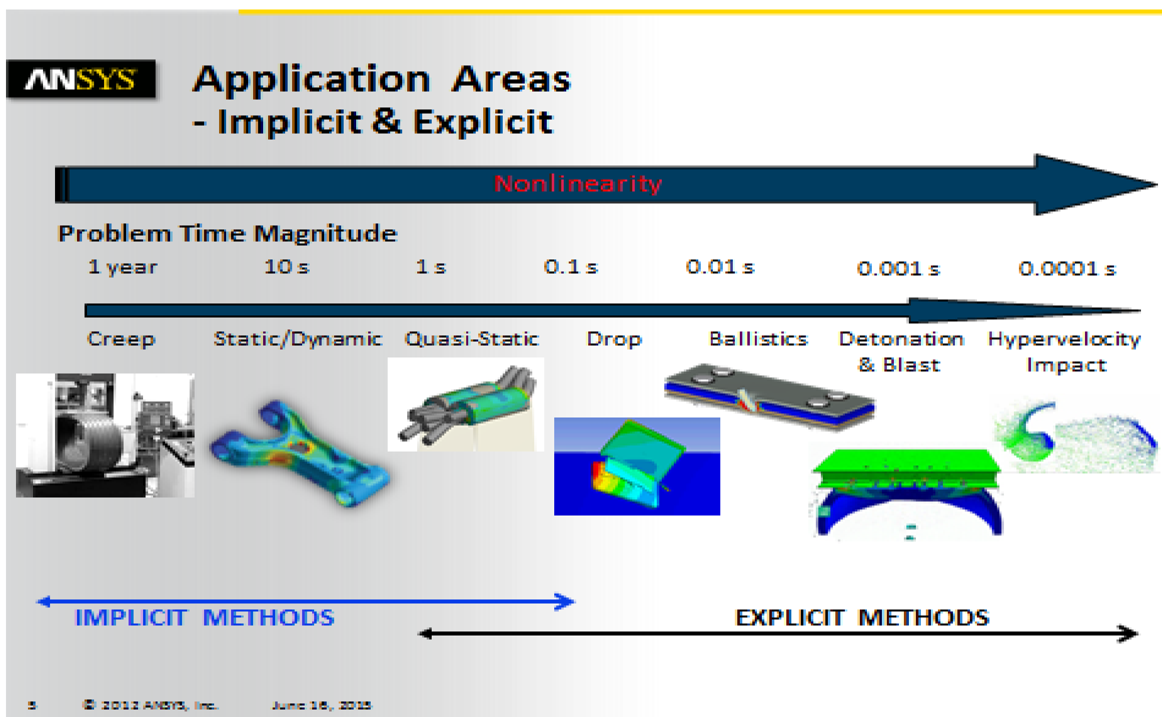
## PMR 3307 – Exercício 1

## Fator de concentração de tensão

2023.2

**Simulação**

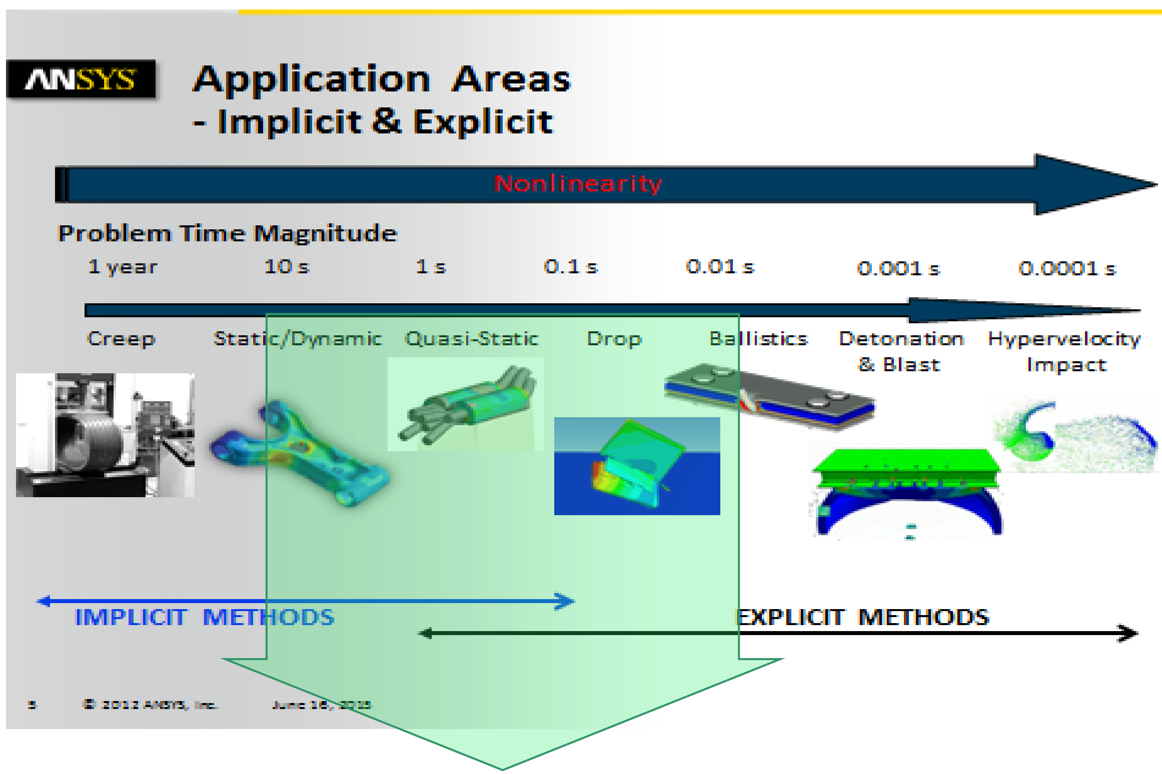
**Método implícito** | **Método explícito**




**ANSYS Explicit Dynamics Analysis Guide.** ANSYS, Inc. Release 2020 R1

**Simulação**

**Método implícito** | **Método explícito**



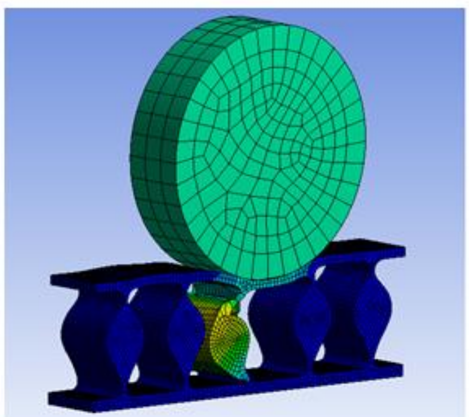

**Estamos aqui!**

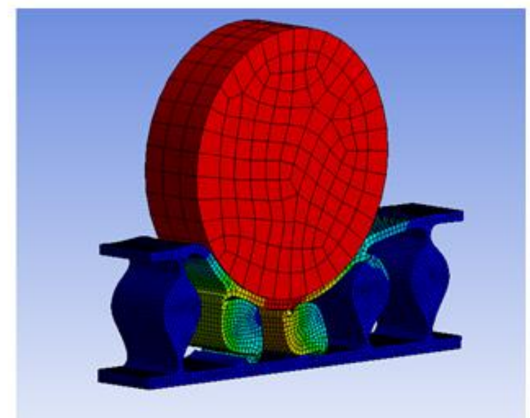
**Adaptado de: ANSYS Explicit Dynamics Analysis Guide.** ANSYS, Inc. Release 2020 R1

**Simulação**

**Método implícito**

**Método explícito**





$$m\ddot{x}+c\dot{x}+kx=F(t)$$

$$\frac{\rho_0 V_0}{V}=\frac{m}{V}$$ conservation of momentum

$$\rho\ddot{x}=b_x+\frac{\partial\sigma_{xx}}{\partial x}+\frac{\partial\sigma_{xy}}{\partial y}+\frac{\partial\sigma_{xz}}{\partial z}$$

$$\rho\ddot{y}=b_y+\frac{\partial\sigma_{yx}}{\partial x}+\frac{\partial\sigma_{yy}}{\partial y}+\frac{\partial\sigma_{yz}}{\partial z}$$ Conservation of energy

$$\rho\ddot{z}=b_z+\frac{\partial\sigma_{zx}}{\partial x}+\frac{\partial\sigma_{zy}}{\partial y}+\frac{\partial\sigma_{zz}}{\partial z}$$

$$\dot{e}=\frac{1}{\rho}\left(\sigma_{xx}\dot{\varepsilon}_{xx}+\sigma_{yy}\dot{\varepsilon}_{yy}+\sigma_{zz}\dot{\varepsilon}_{zz}+2\sigma_{xy}\dot{\varepsilon}_{xy}+2\sigma_{yz}\dot{\varepsilon}_{yz}+2\sigma_{zx}\dot{\varepsilon}_{zx}\right)$$

## Método explícito

O sistema *Explicit Dynamics* é projetado para permitir simulações em mecânica estrutural não linear. É recomendado quando envolvendo uma ou mais dos seguintes situações:

- Impacto de baixa [1 m/s] a muito alta velocidade [5000 m/s]
- Propagação da onda de estresse
- Resposta dinâmica de alta frequência
- Grandes deformações e não linearidades geométricas
- Condições de contato complexas
- Comportamento de material complexo, incluindo danos materiais e falhas
- Resposta estrutural não linear, incluindo flambagem.
- Falha de ligações / soldas / fixadores
- Propagação de ondas de choque através de sólidos e líquidos Corpos rígidos e flexíveis

**ANSYS Explicit Dynamics Analysis Guide.** ANSYS, Inc. Release 2020 R1

## Método explícito

O método *Explicit Dynamics* é mais adequado para eventos que ocorrem em curtos períodos de tempo, alguns milissegundos ou menos.

Eventos que duram mais de 1 segundo podem ser modelados, no entanto, tempos de processamento serão longos.

Em uma solução de Dinâmica Explícita, começamos com um domínio discretizado (malha) onde são atribuidas: as propriedades do material, as cargas, as restrições e as demais condições iniciais.

Este estado inicial, quando integrado no tempo, irá produzir movimento nos pontos dos nós da malha.

**ANSYS Explicit Dynamics Analysis Guide.** ANSYS, Inc. Release 2020 R1

## Método explícito

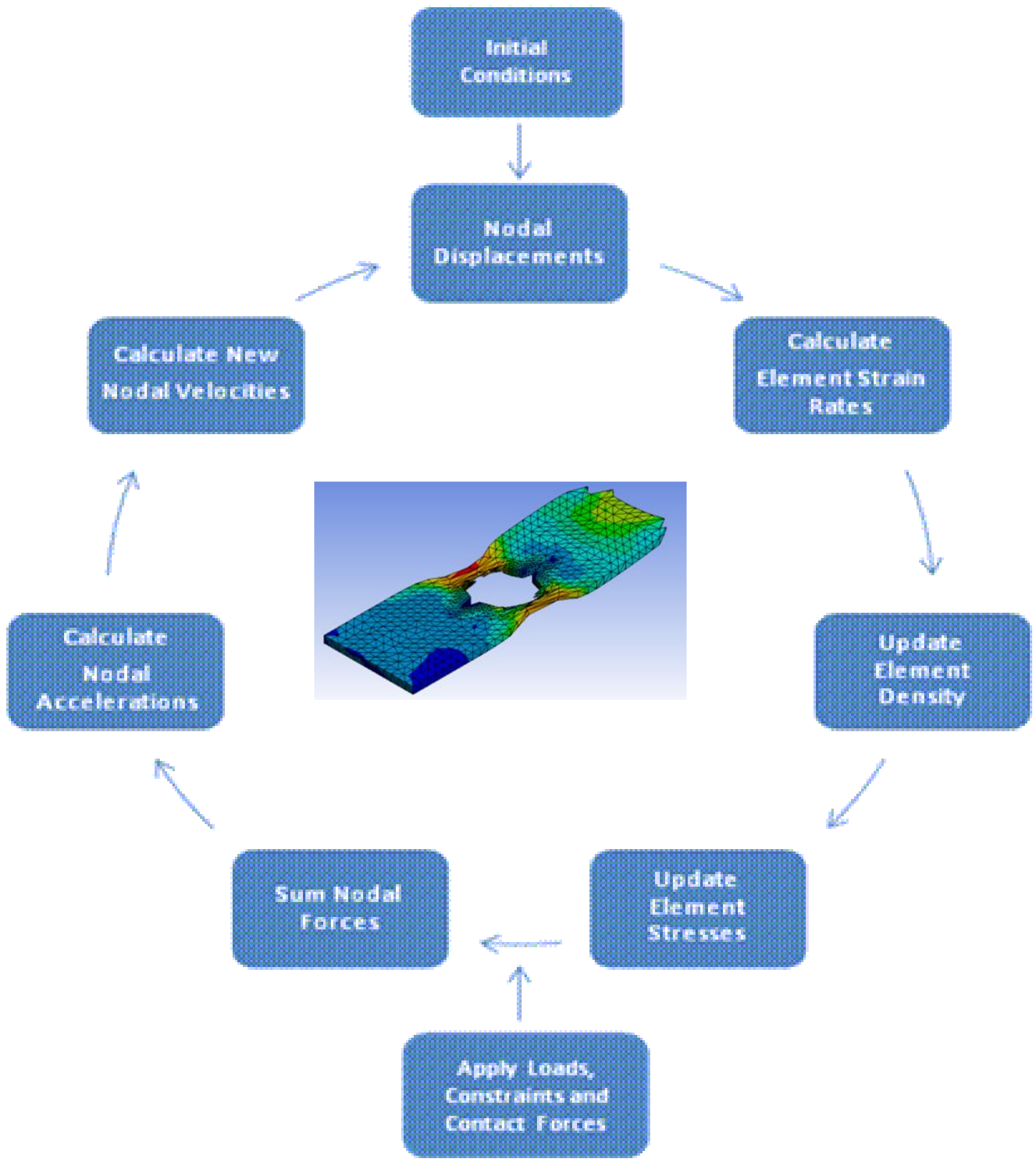
- O movimento dos pontos dos nós produz deformação nos elementos da malha
- A deformação resulta em uma mudança no volume (portanto, densidade) do material em cada elemento
- A taxa de deformação do elemento é usada para derivar as taxas de deformação do material usando várias formulações de elemento
- As leis constitutivas tomam as taxas de deformação do material e derivam as tensões do material resultantes
- As tensões do material são transformadas de volta em forças nodais usando várias formulações de elementos

## Método explícito

- Forças nodais externas são calculadas a partir de condições de contorno, cargas e contato (interação corporal)
- As forças nodais são divididas pela massa nodal para produzir acelerações nodais
- As acelerações são integradas explicitamente a tempo de produzir novas velocidades nodais
- As velocidades nodais são integradas explicitamente a tempo de produzir novas posições nodais

➢ O processo de solução (Ciclo) é repetido até que um tempo definido pelo usuário seja alcançado

## Método explícito



## Exercício 2

- Utilizando o software ANSYS no modo *Dynamic Explicit,* realizar a simulação de uma placa com concentrador de tensões submetida a um carregamento trativo, até o rompimento.
- Identificar no modelo as condições para início da trinca.
- Determinar o fator de concentração de tensões.
- Comparar o resultados com os valores encontrados na literatura.

Entregas:

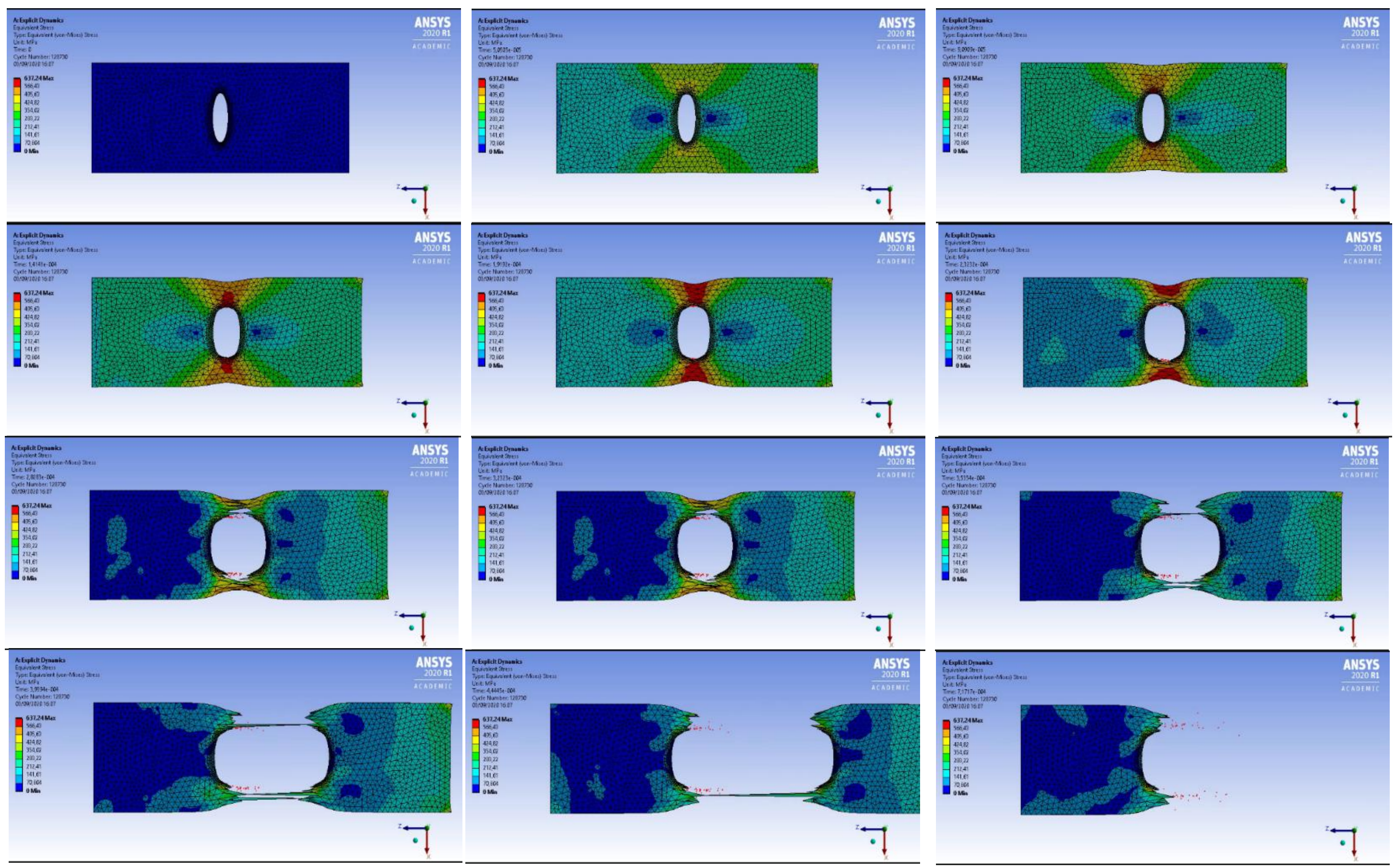
- Relatório
- Gravação do vídeo da simulação.

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

# Exercício 2

**Os vídeos das simulações devem ser enviados por e-mail.**

**No relatório deve constar a sequência conforme exemplo abaixo**



# Exercício 2

## Tutorial para execução do exercício

Ansys -> Explicit Dynamics

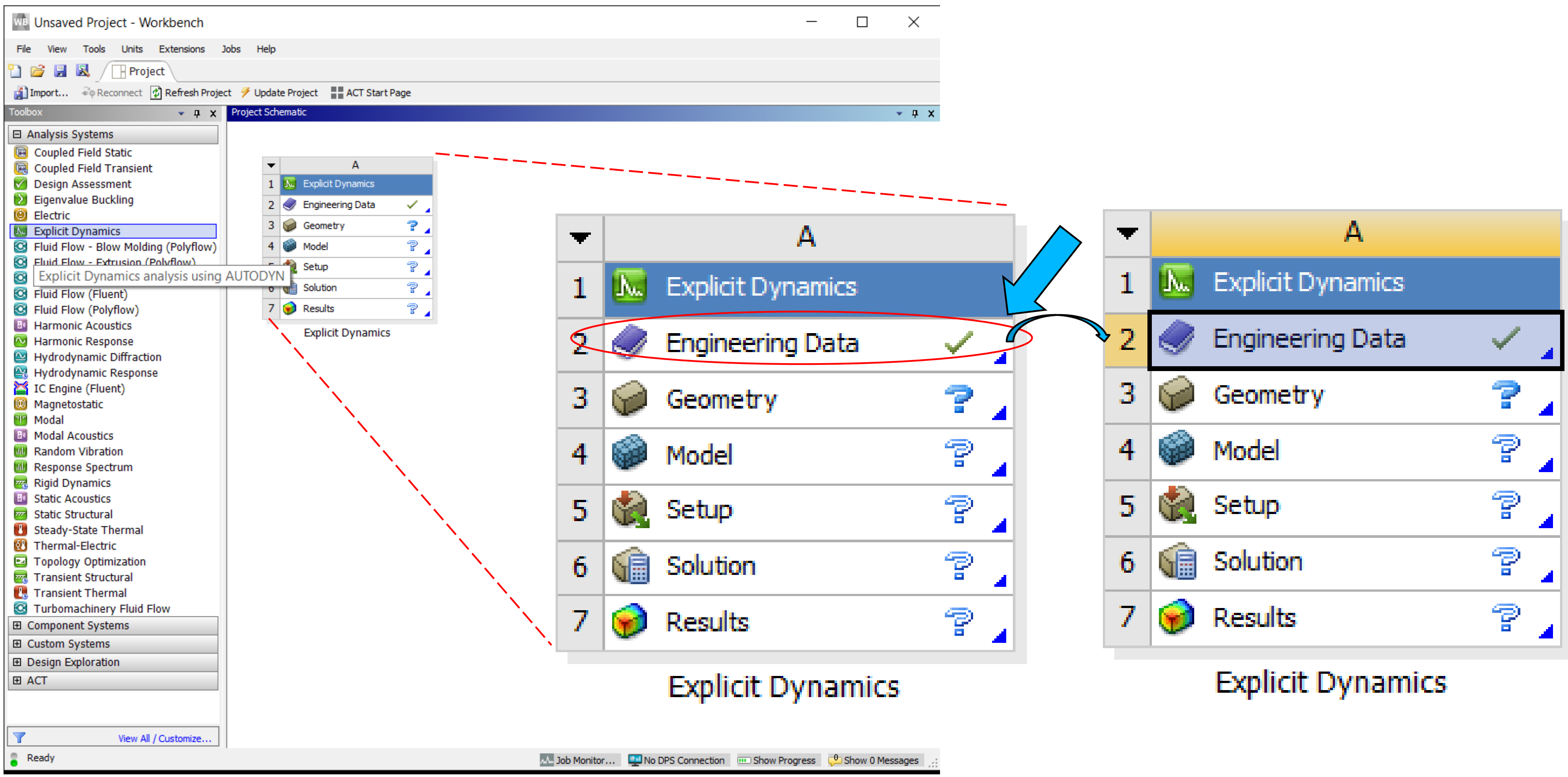
→ Engeneering Data

→ Engeneering Data Sources

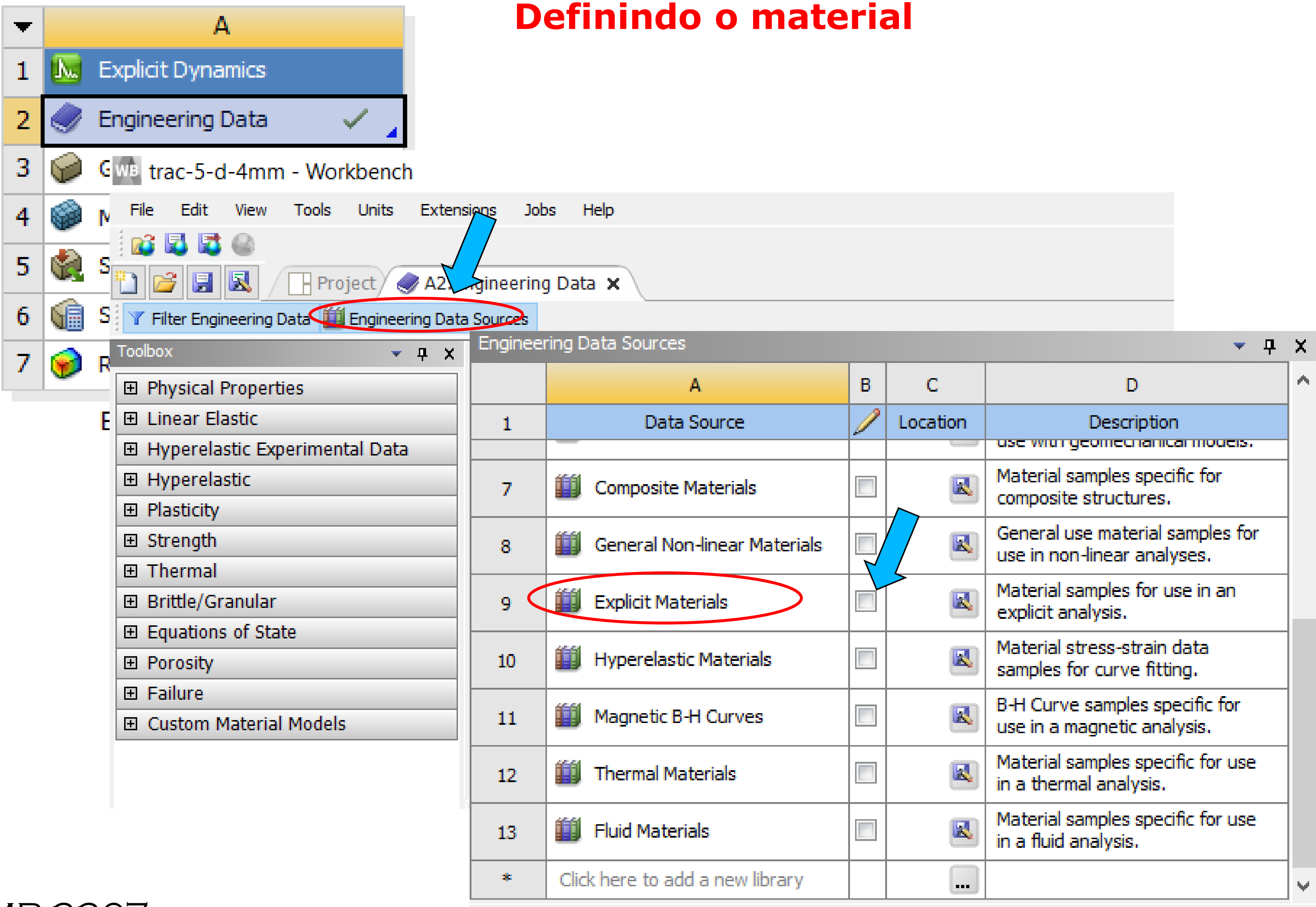
→ Explicit Material

→ selecionar o material

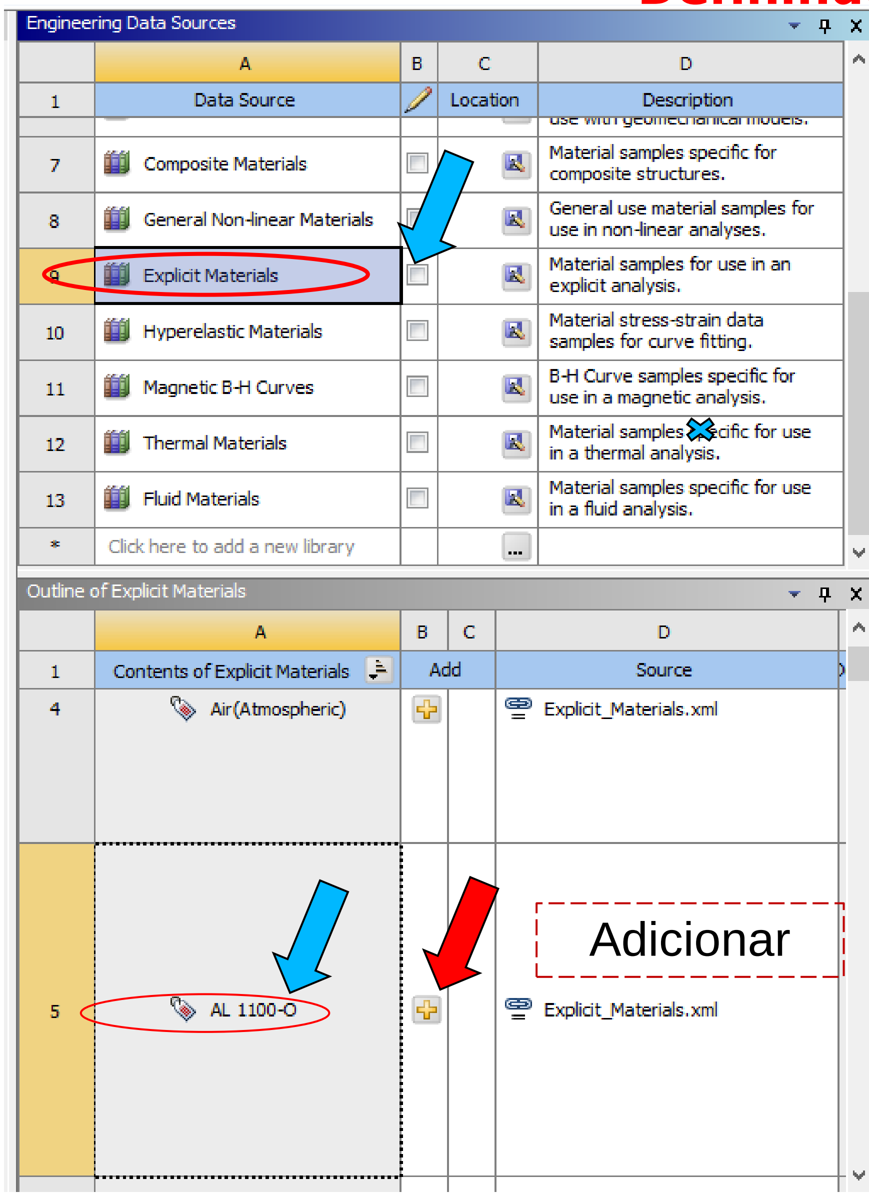
# ANSYS explicit dynamics

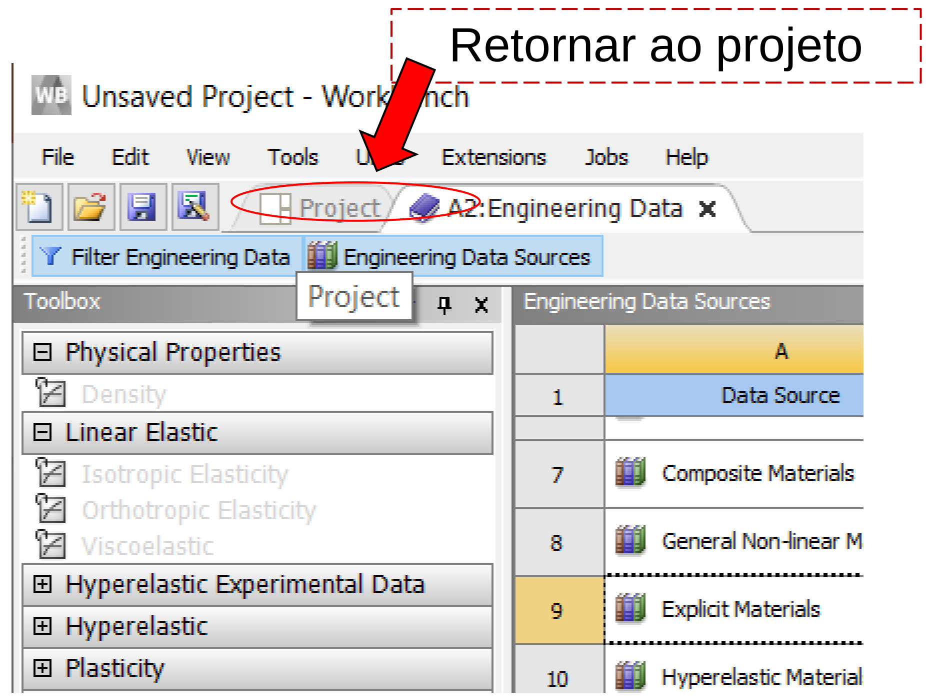


# Definindo o material



# Definindo o material



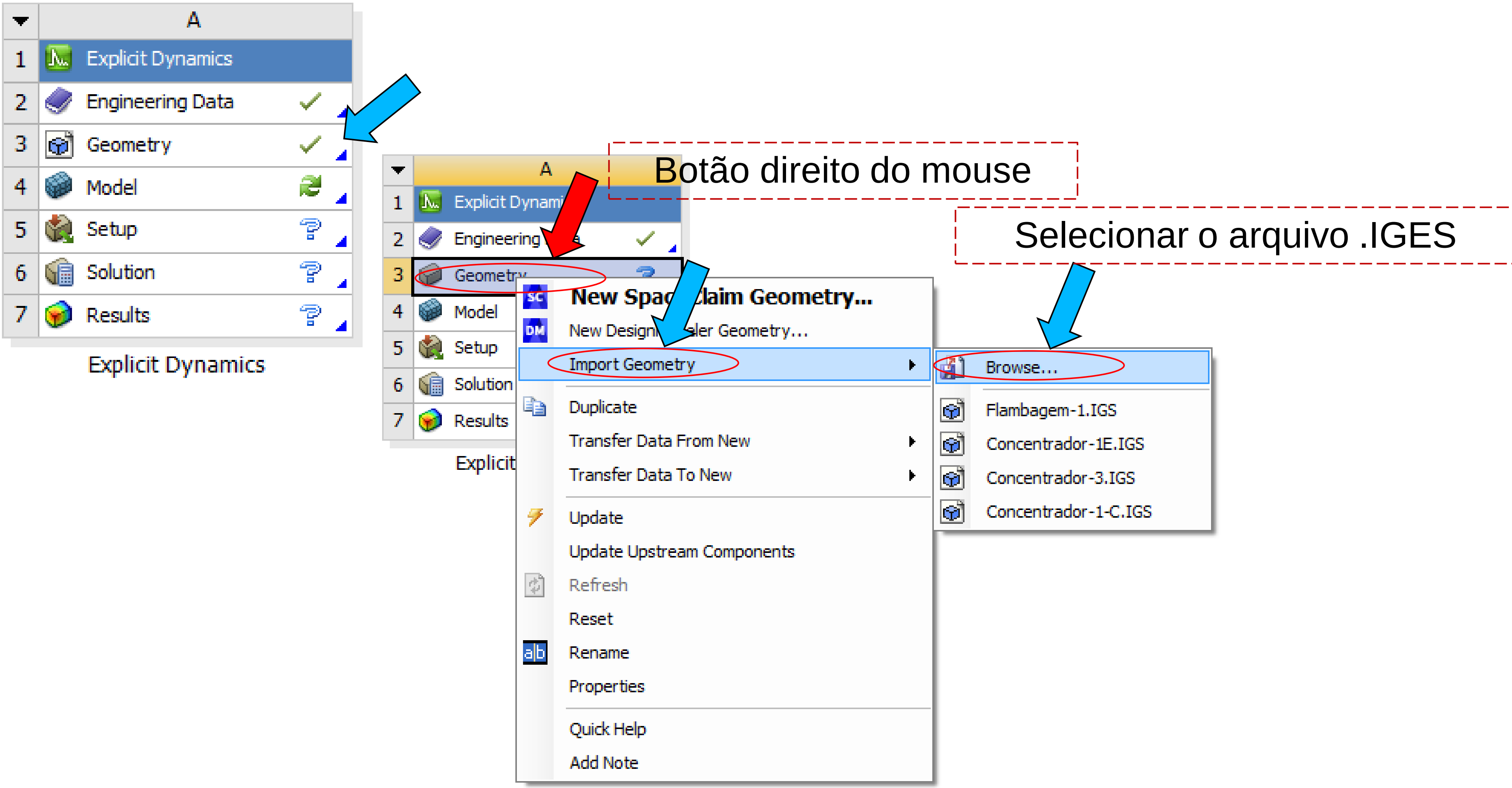



# Exercício 2

## Tutorial para execução do exercício

- Ansys -> Explicit Dynamics
  - Engeneering Data
  - Project
    - Geometry
      - Import geometry
        - Concentrado-equipe-X.IGS

# Importando a geometria do corpo de prova

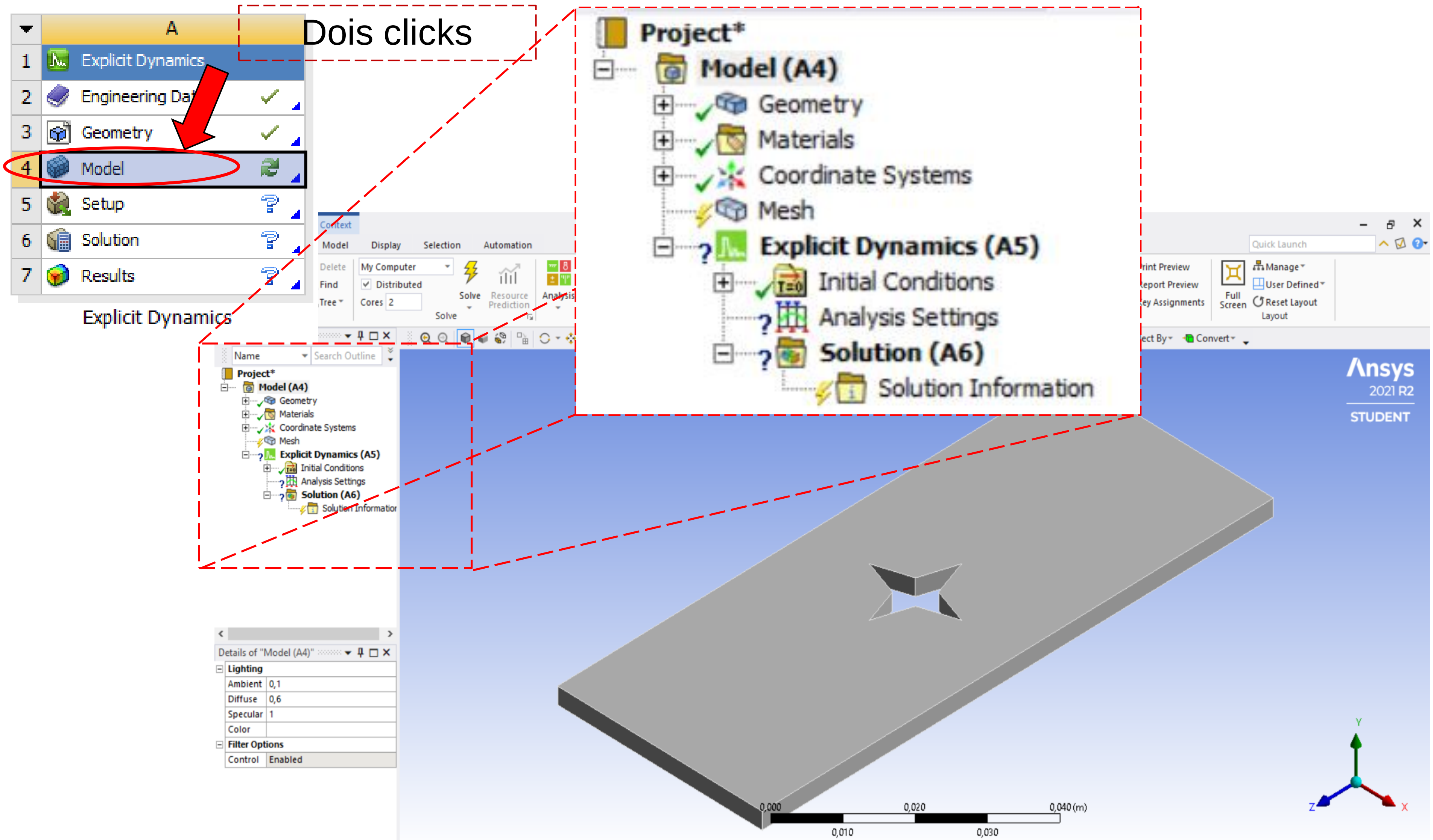


# Exercício 2

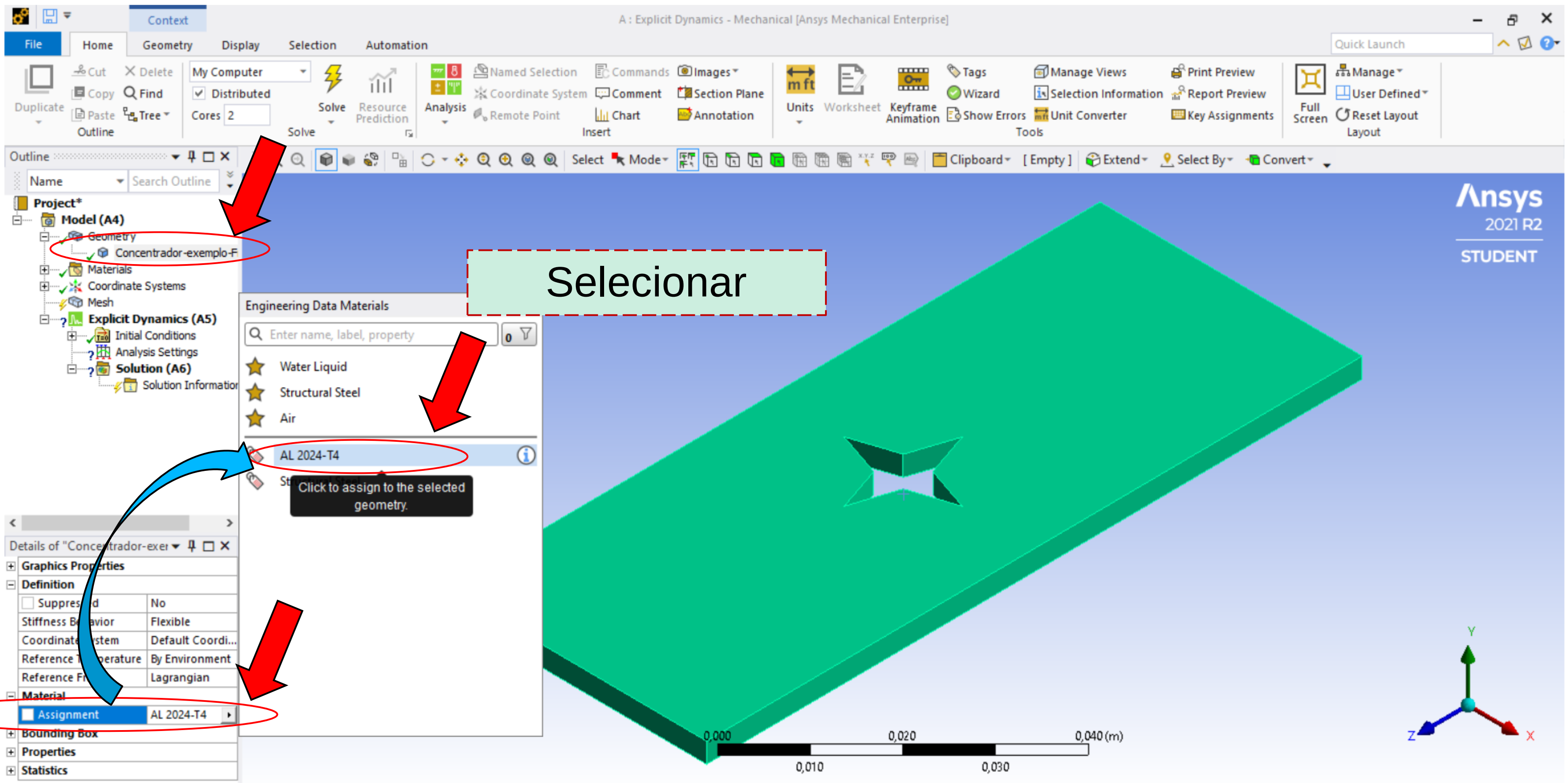
## Tutorial para execução do exercício

- Ansys -> Explicit Dynamics
  - Engeneering Data
  - Project
    - Geometry
    - Model
      - Gemetry
        - Atribuir material a geometria

# Modelando


Dois clicks
A
1 Explicit Dynamics
2 Engineering Data
3 Geometry
4 Model
5 Setup
6 Solution
7 Results
Explicit Dynamics
Project*
Model (A4)
Geometry
Materials
Coordinate Systems
Mesh
Explicit Dynamics (A5)
Initial Conditions
Analysis Settings
Solution (A6)
Solution Information
Details of "Model (A4)"
Lighting
Ambient 0,1
Diffuse 0,6
Specular 1
Color
Filter Options
Control Enabled
Ansys
2021 R2
STUDENT
0,000
0,020
0,040 (m)
0,010
0,030

# Definido o material



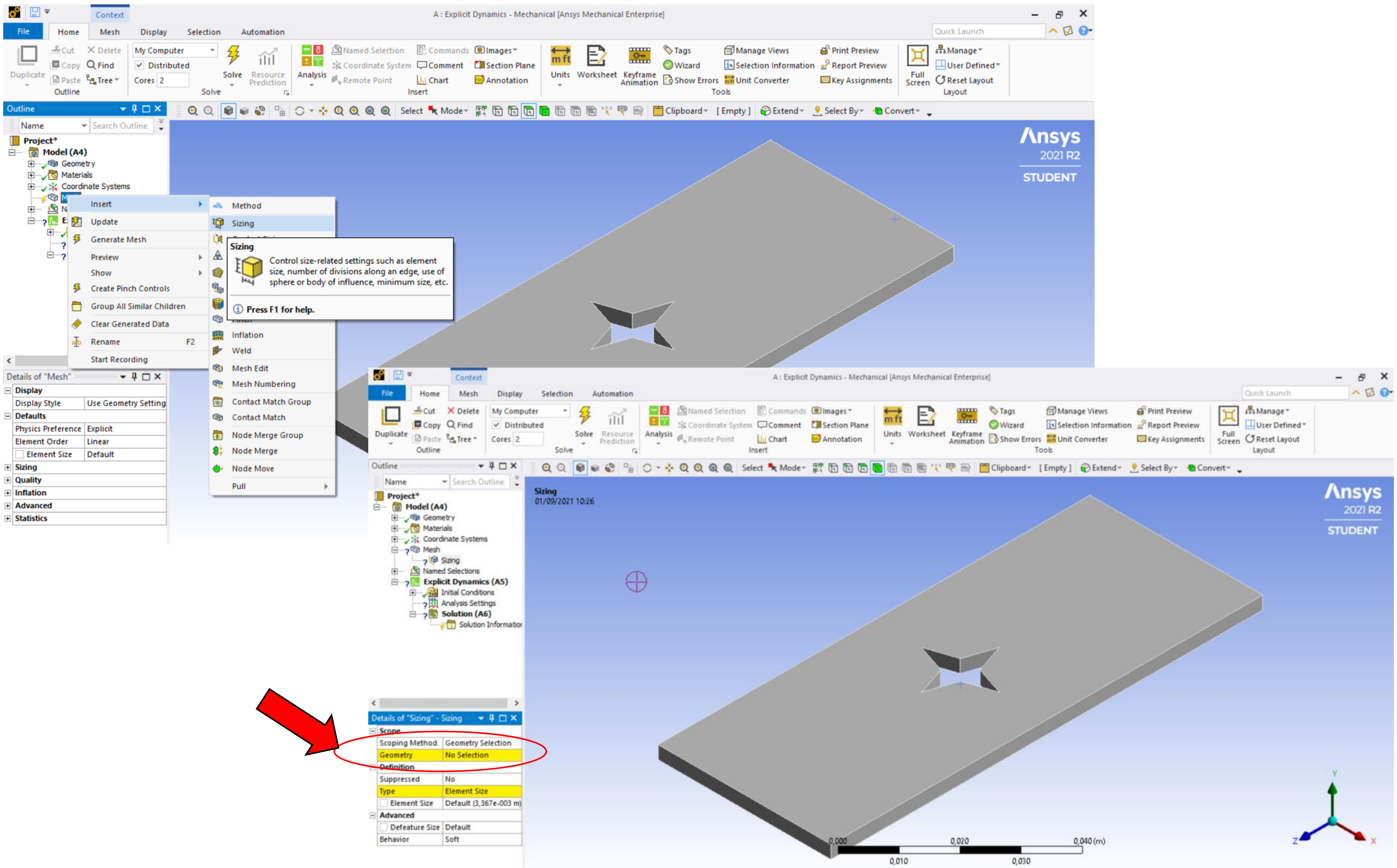
# Exercício 2

## Tutorial para execução do exercício

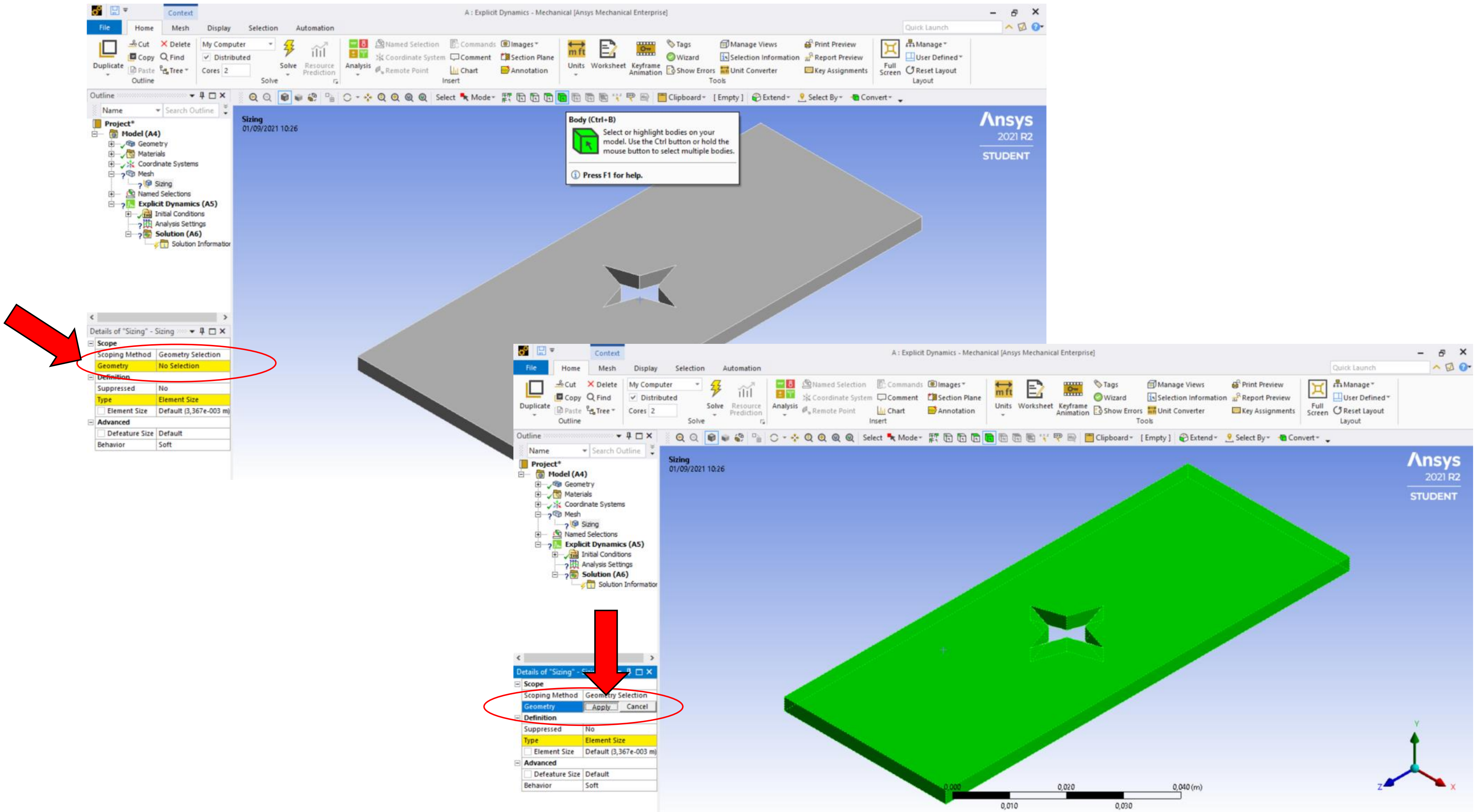
- Ansys -> Explicit Dynamics
  - Engeneering Data
  - Project
    - Geometry
    - Model
      - Geometry
      - Mesh
        - Gerar Mesh
        - Refine (na região de interesse)

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

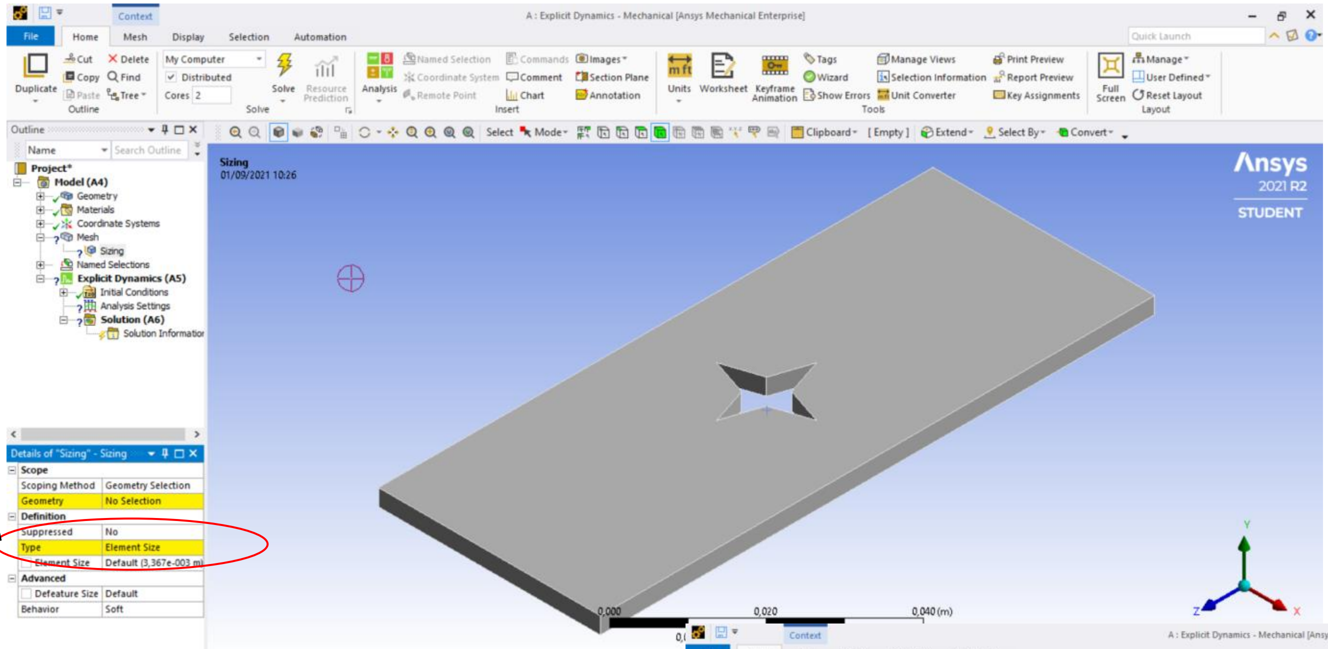
# Gerando a malha



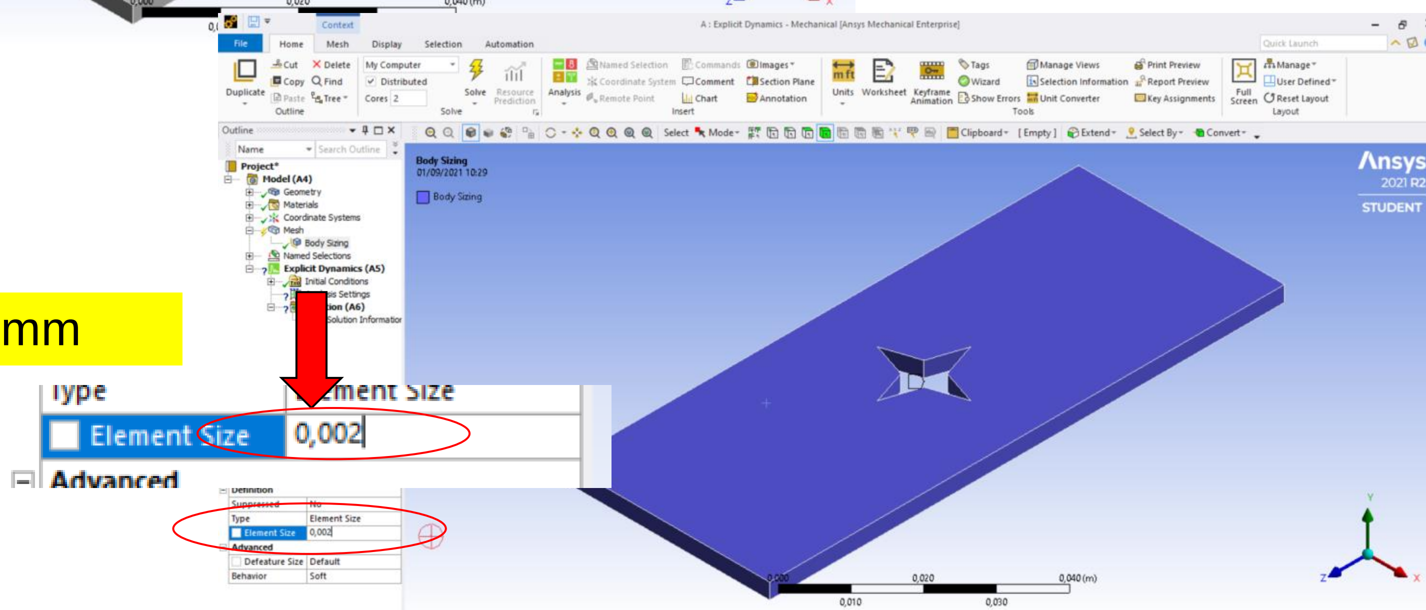
# Gerando a malha



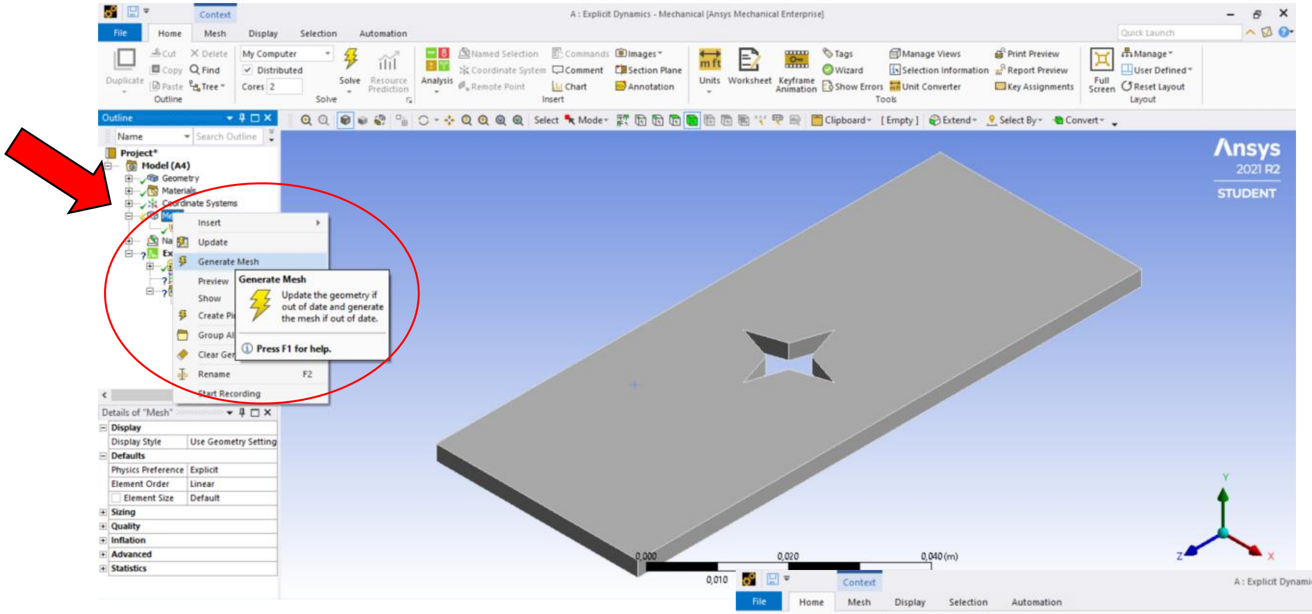
# Gerando a malha

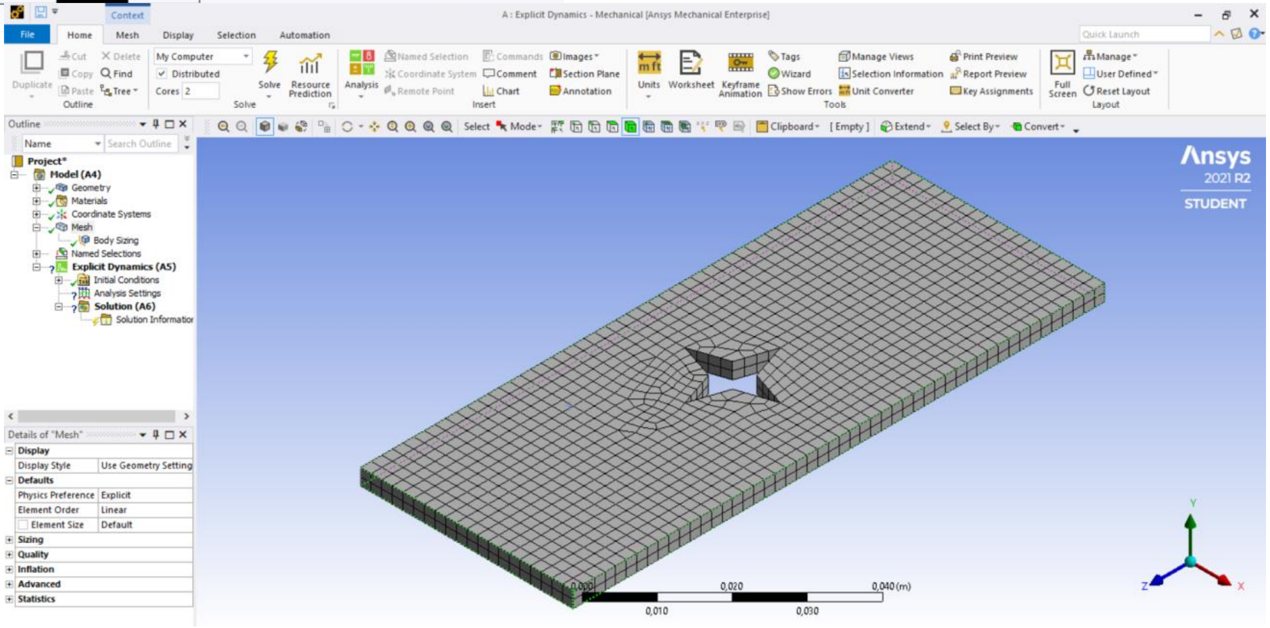



0,002m ou 2 mm

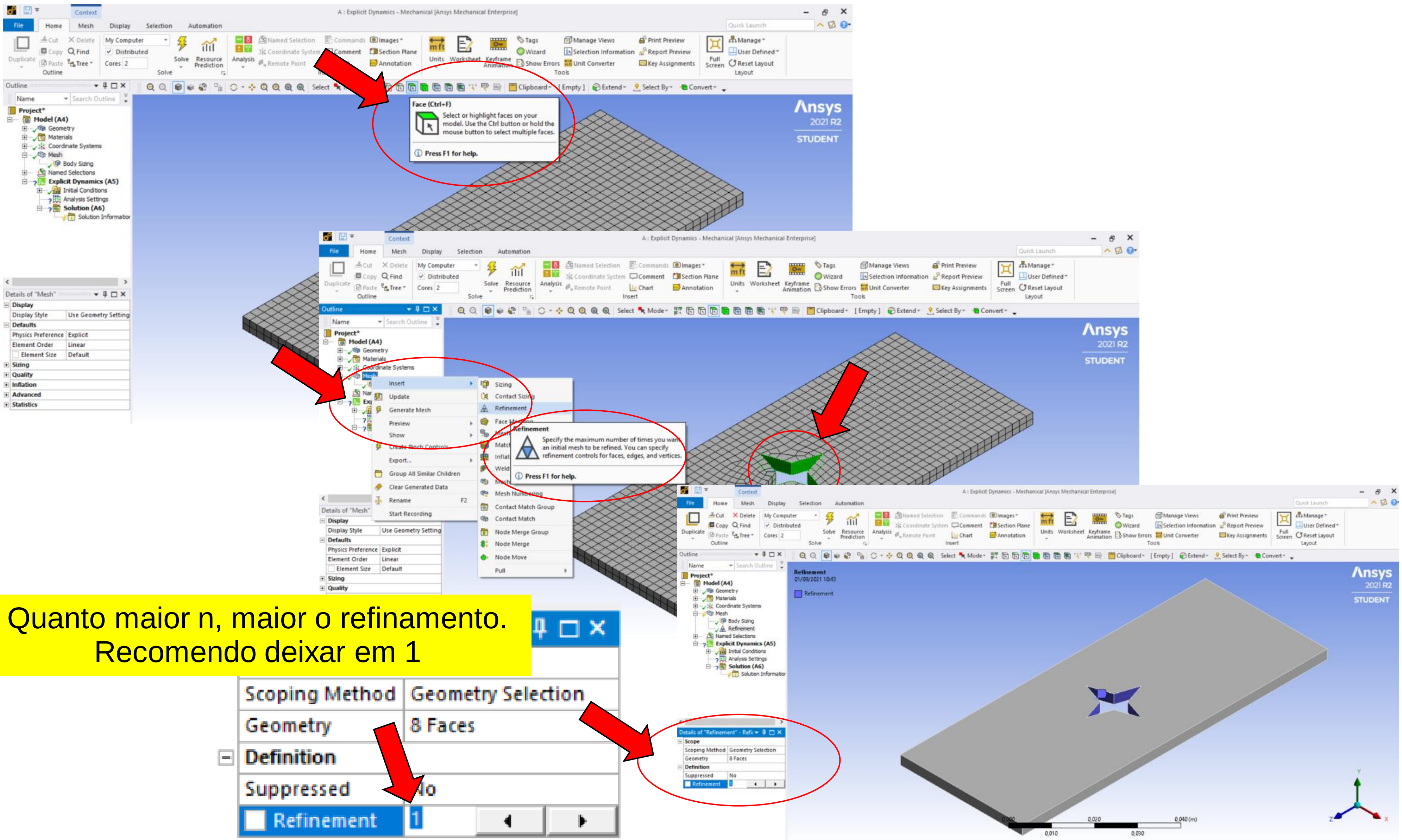


# Gerando a malha



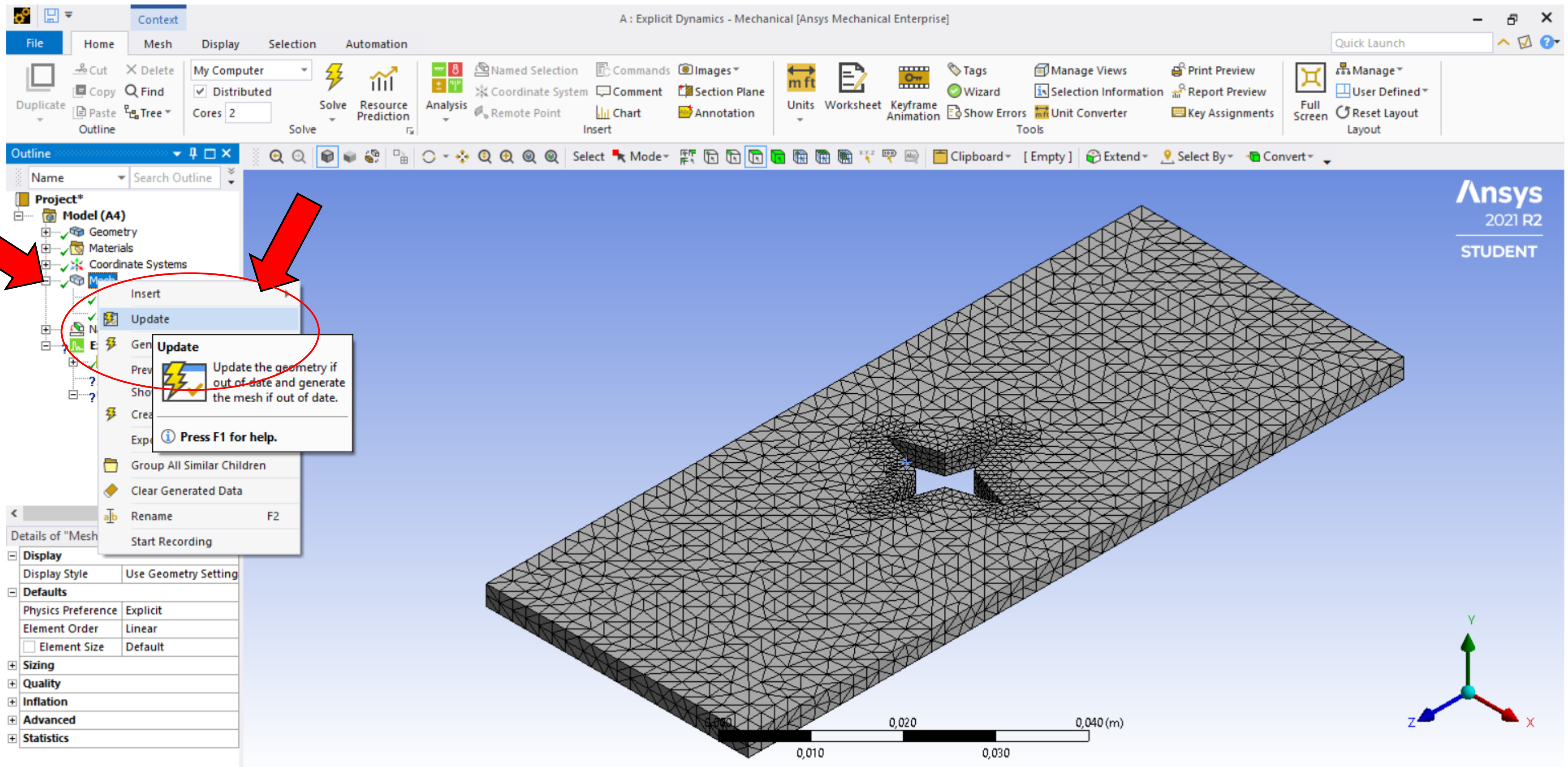


# Refinando a malha



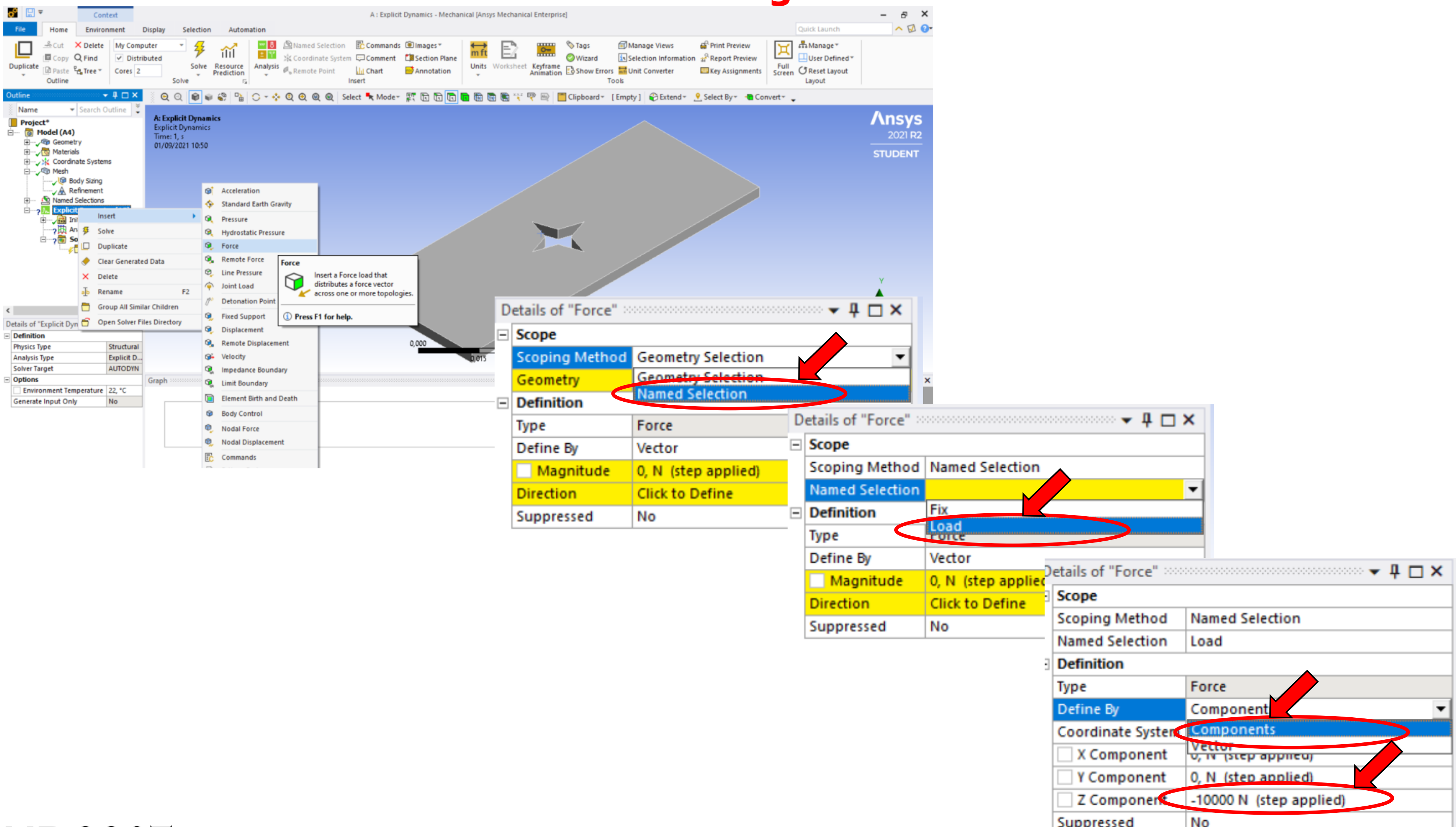

Quanto maior n, maior o refinamento.
Recomendo deixar em 1

# Refinando a malha



# Definição das condições de contorno

## Carregamento



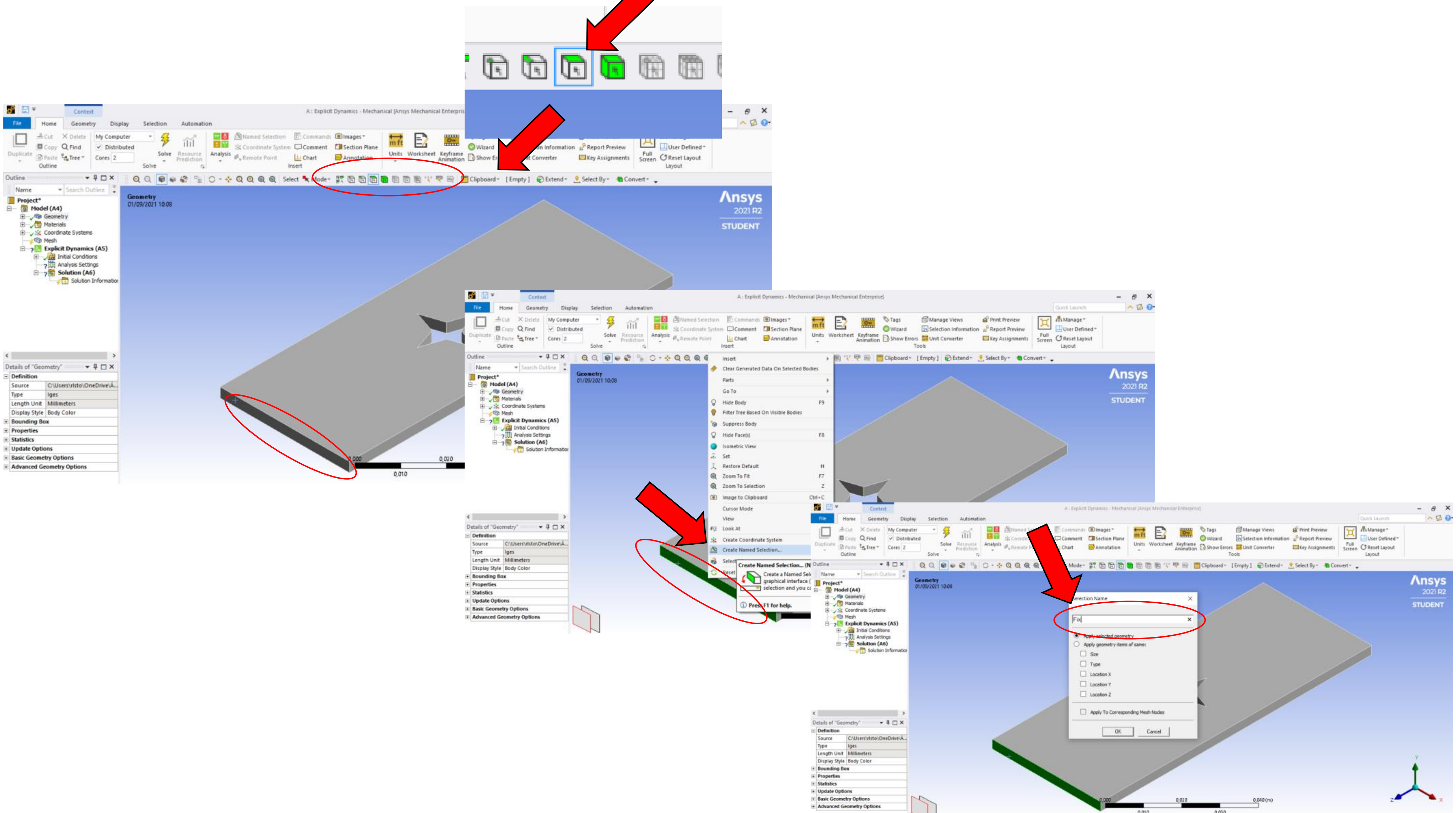
# Exercício 2

## Tutorial para execução do exercício

- Ansys -> Explicit Dynamics
  - Engeneering Data
  - Project
    - Geometry
    - Model
      - Geometry
      - Mesh
      - Explicit Dynamics
        - Fix (definir face de restrição)
        - Load (definir face de carregamento)

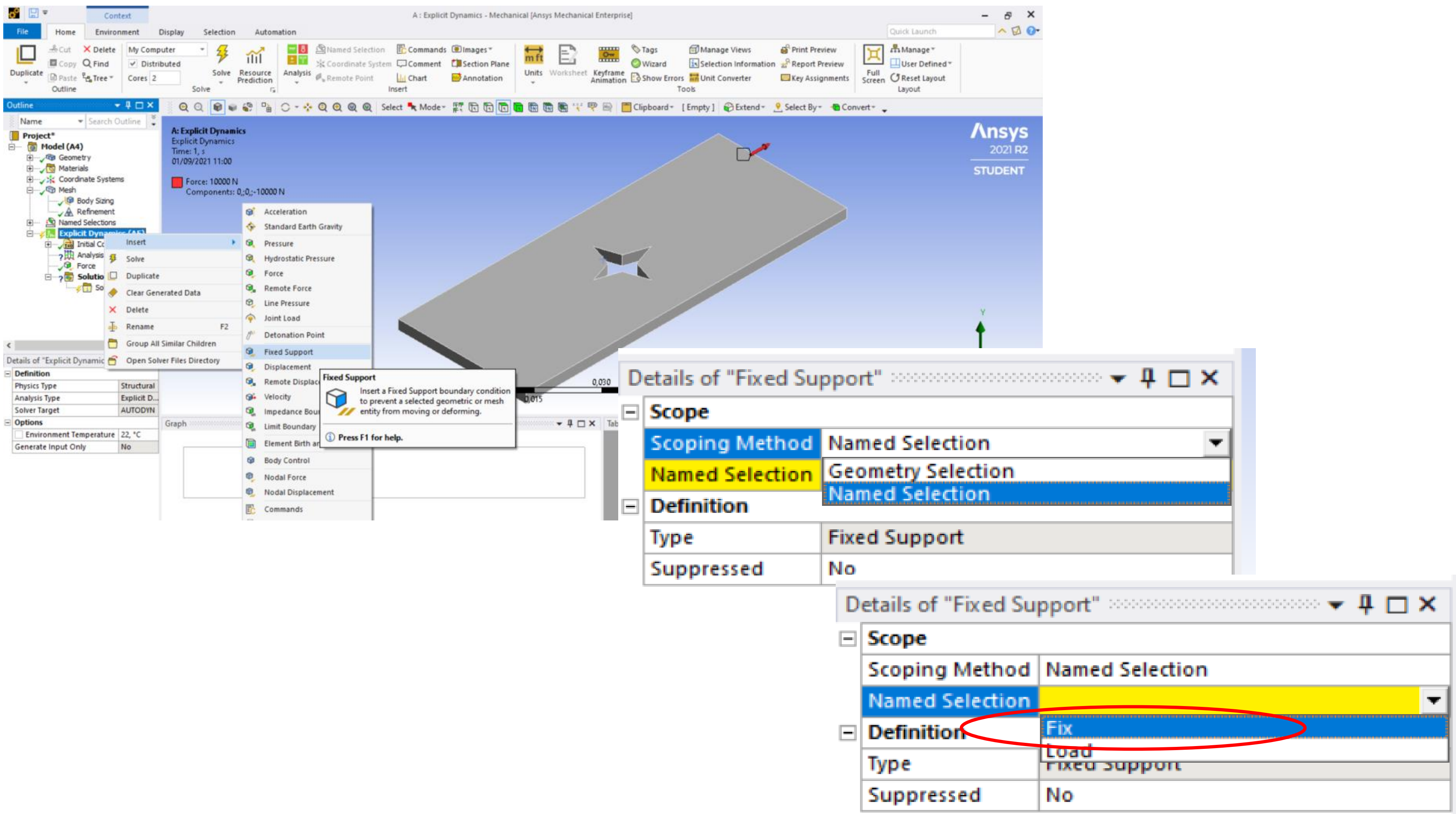
# Definição das áreas de interesse

## Fixação (Fix)



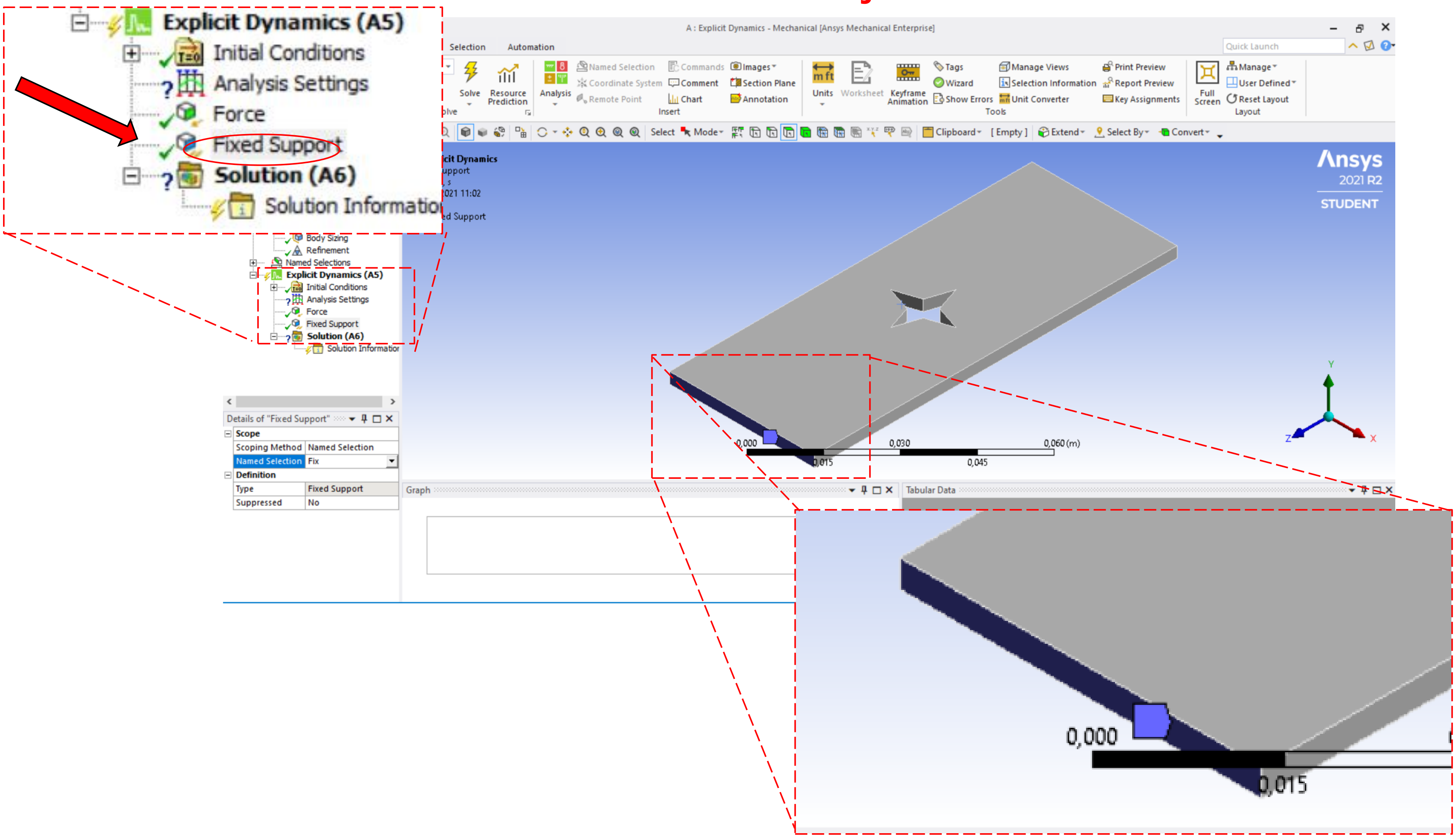
# Definição das condições de contorno

## Fixação



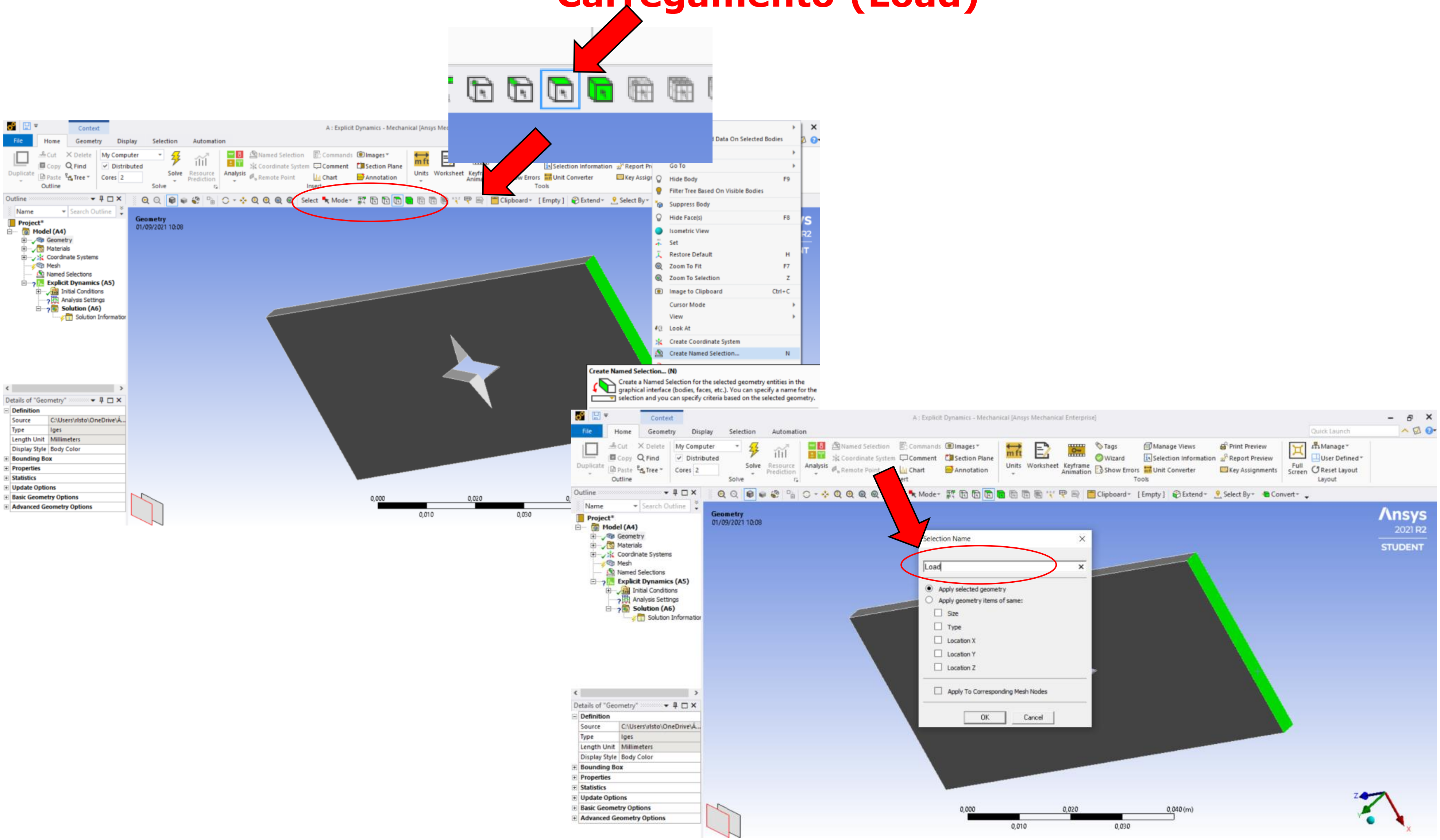
# Definição das condições de contorno

## Fixação



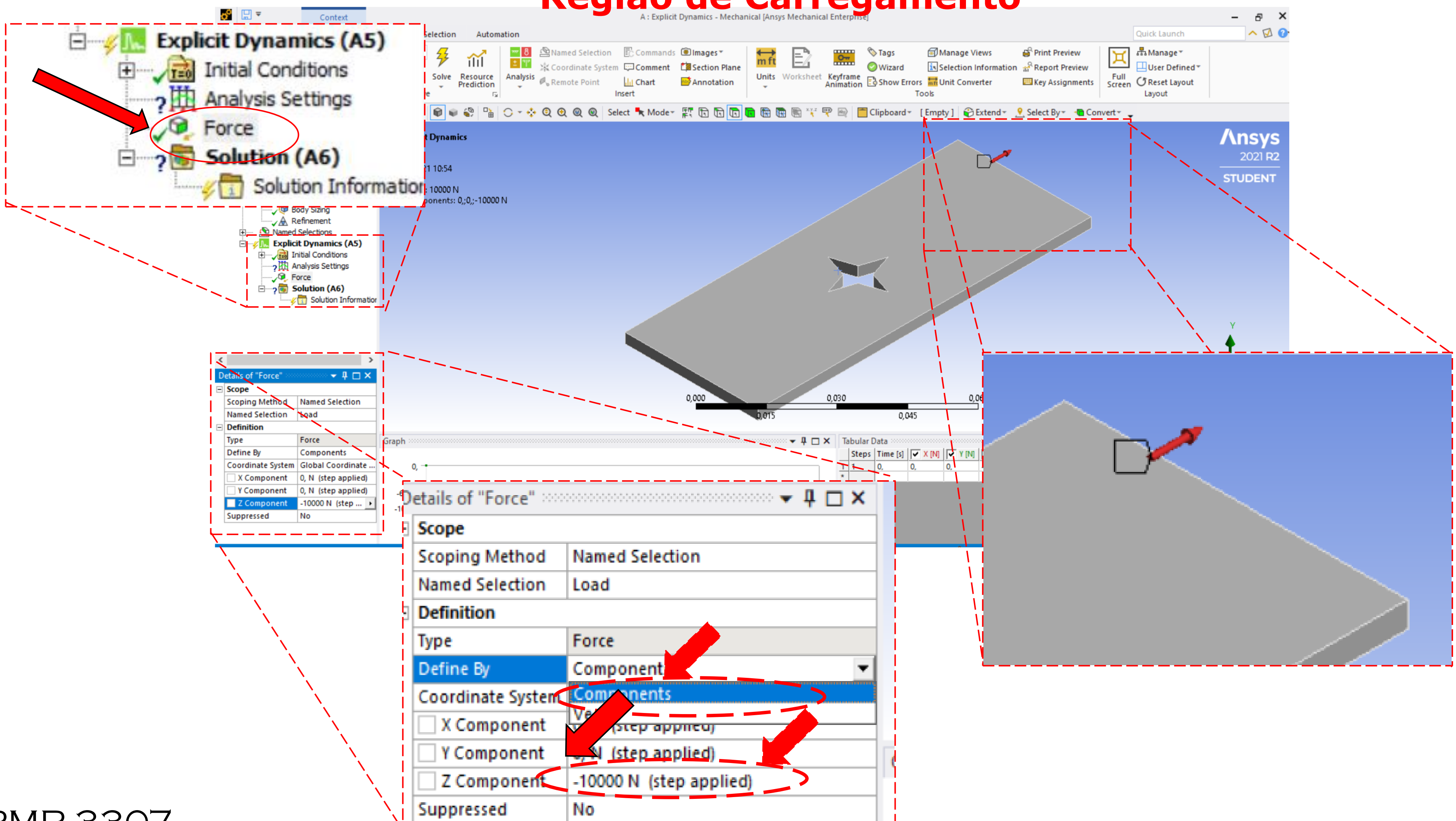
# Definição das áreas de interesse

## Carregamento (Load)



# Definição das condições de contorno

## Região de Carregamento

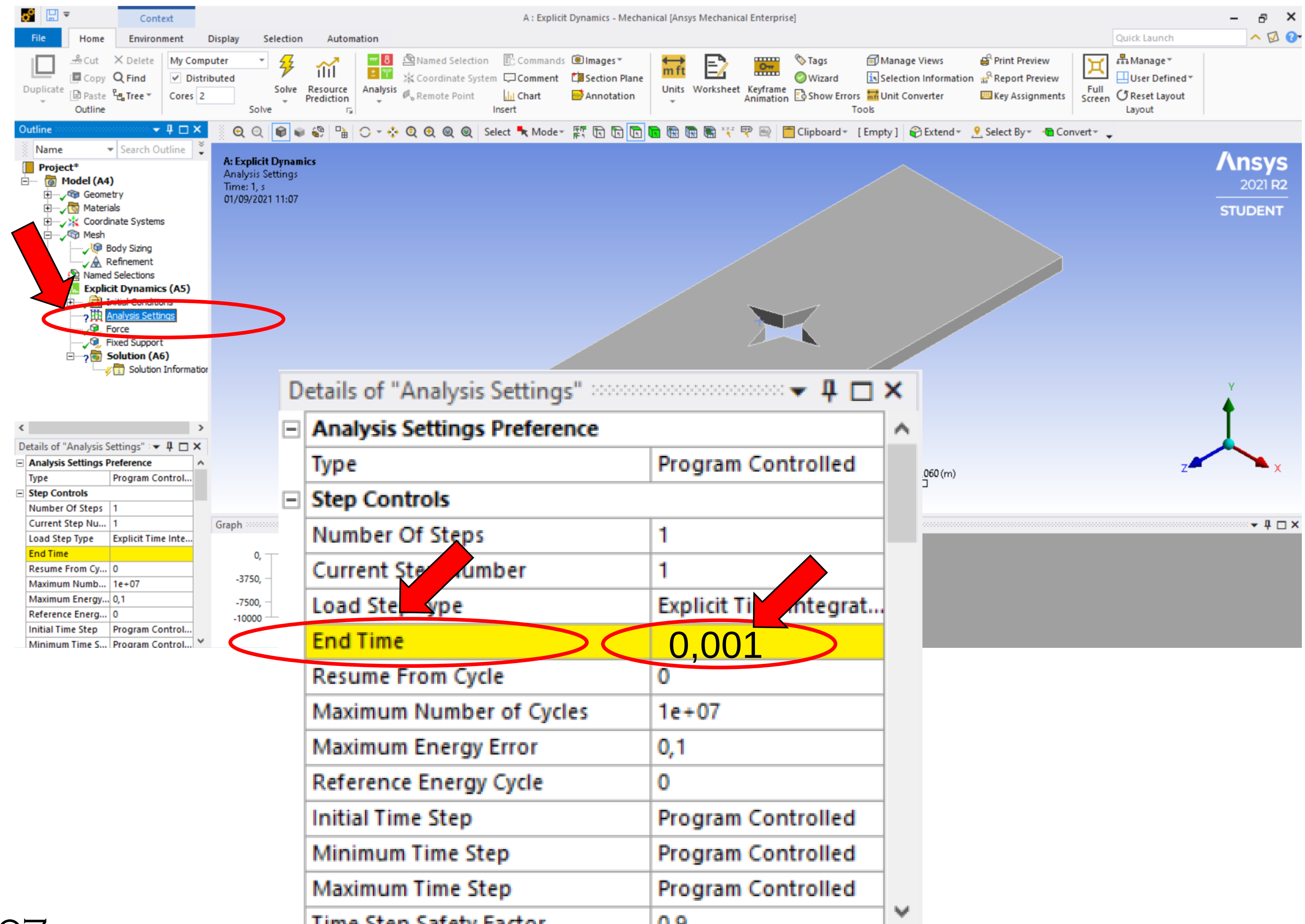


# Exercício 2

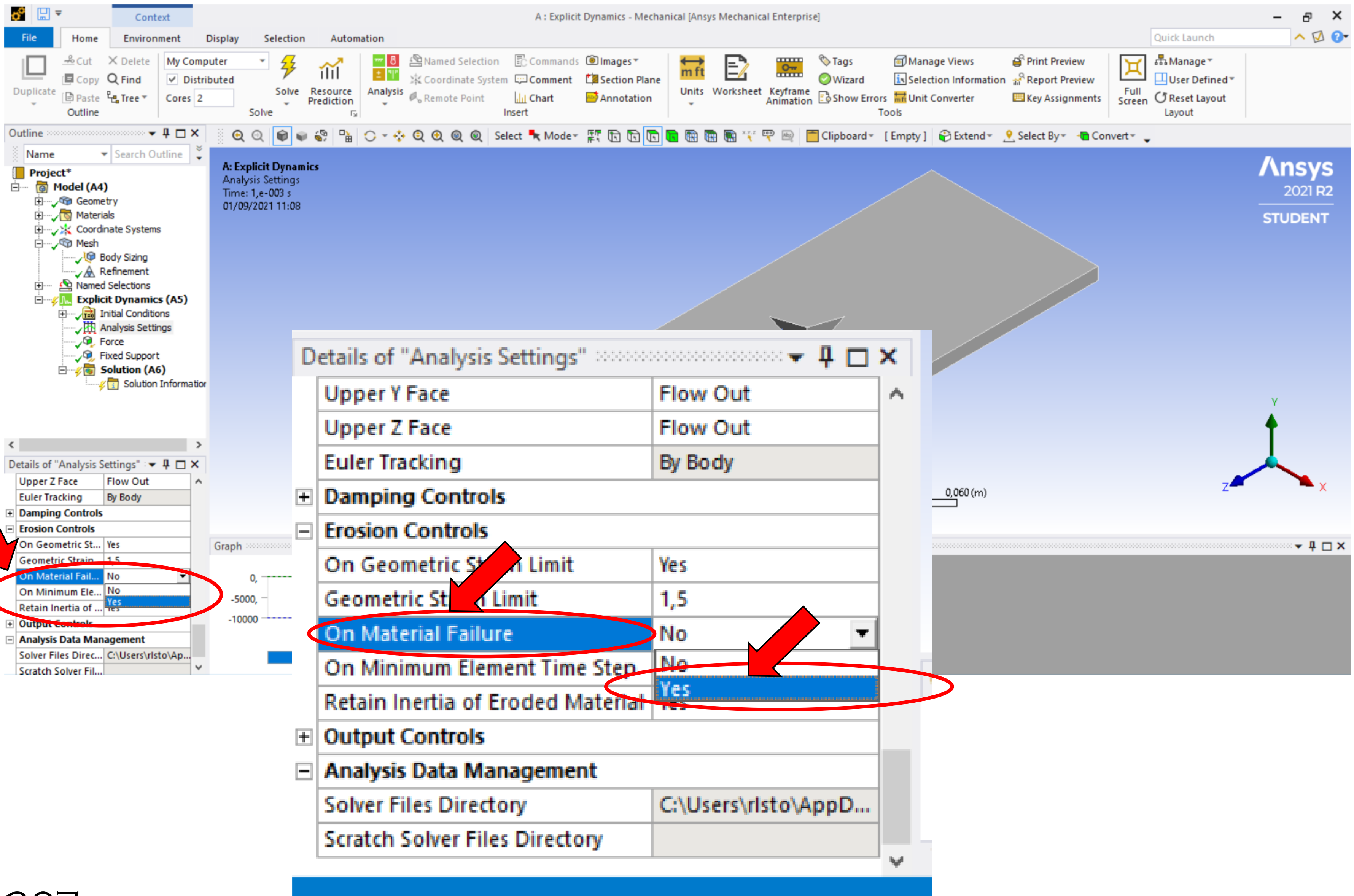
## Tutorial para execução do exercício

- Ansys -> Explicit Dynamics
  - Engeneering Data
  - Project
    - Geometry
    - Model
      - Geometry
      - Mesh
      - Explicit Dynamics
        - Fix (definir face de restrição)
        - Load (definir face de carregamento)
        - **Analysis Settings**

# Definição dos parâmetros da solução



# Definição dos parâmetros da solução



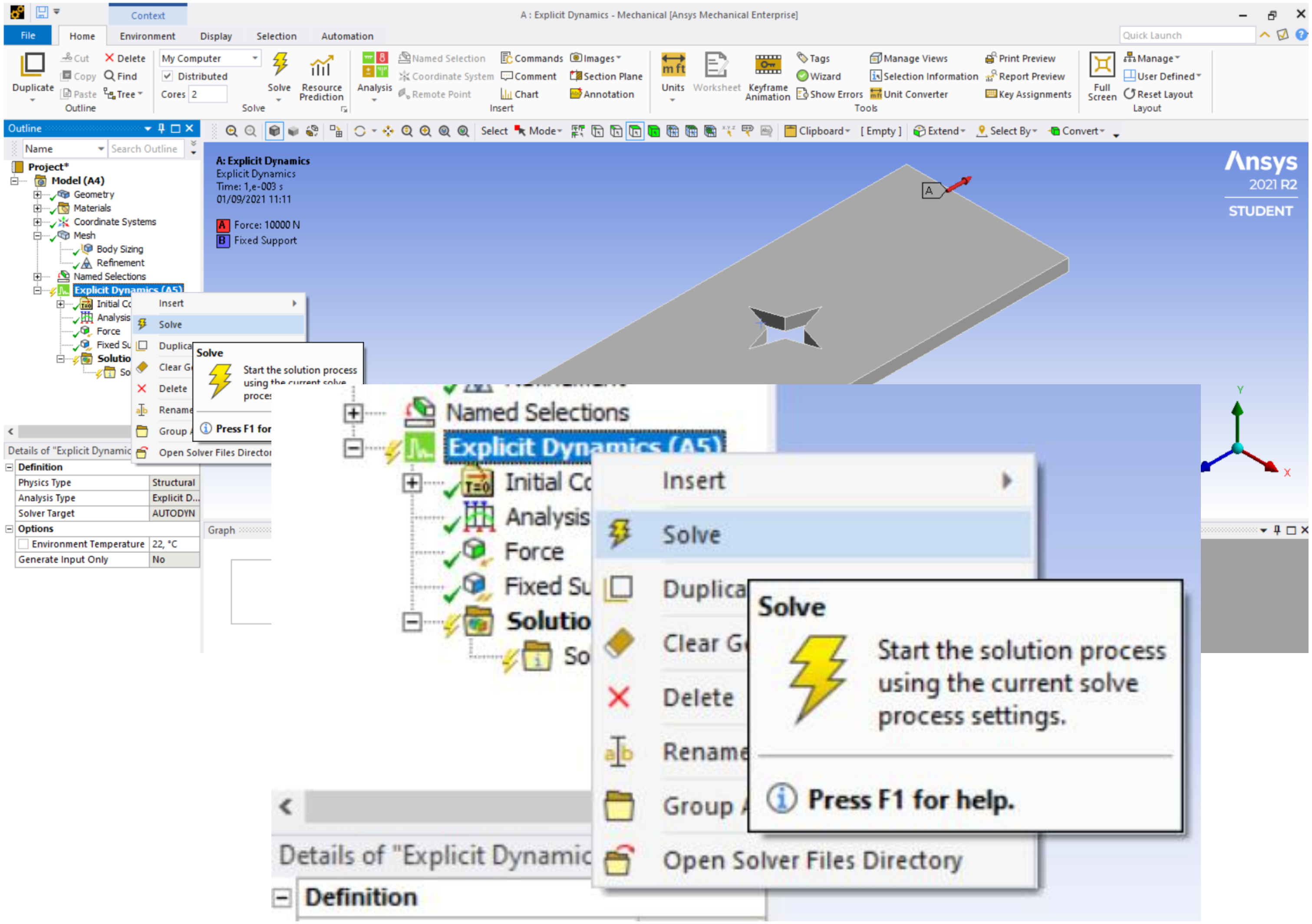
# Exercício 2

## Tutorial para execução do exercício

- Ansys -> Explicit Dynamics
  - Engeneering Data
  - Project
    - Geometry
    - 
      - etry
      - Mesh
      - Explicit Dynamics
        - Fix (definir face de restrição)
        - Load (definir face de carregamento)
        - **Analysis Settings**

SOLVE

# Solve


A : Explicit Dynamics - Mechanical [Ansys Mechanical Enterprise]
Named Selections
Explicit Dynamics (A5)
Insert
Solve
Duplicate
Clear Generated Data
Delete
Rename
Group
Open Solver Files Directory
Solve
Start the solution process using the current solve process settings.
Press F1 for help.
Details of "Explicit Dynamics"
Definition
Force: 10000 N
Fixed Support
Ansys
2021 R2
STUDENT

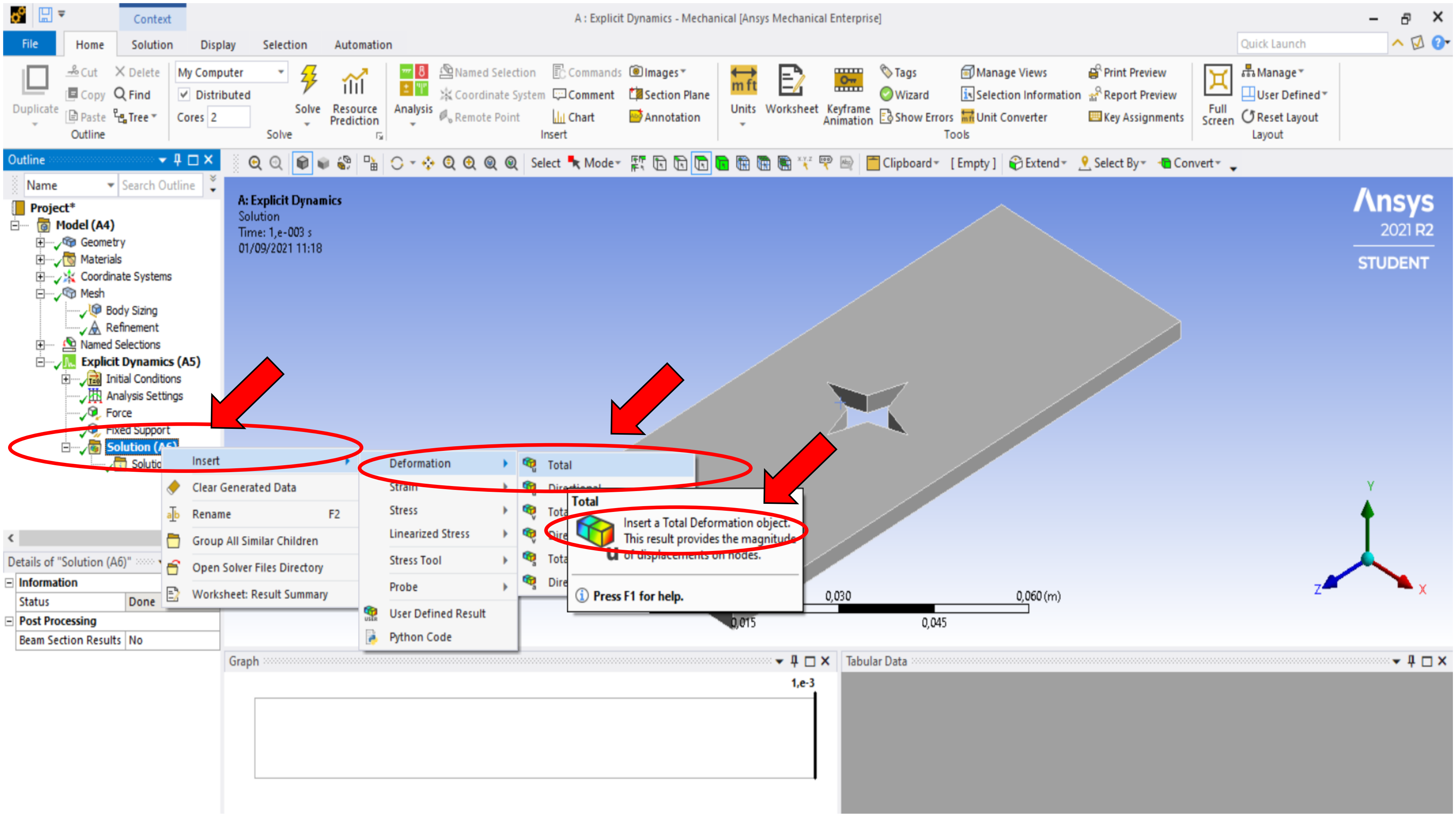
# Exercício 2

## Tutorial para execução do exercício

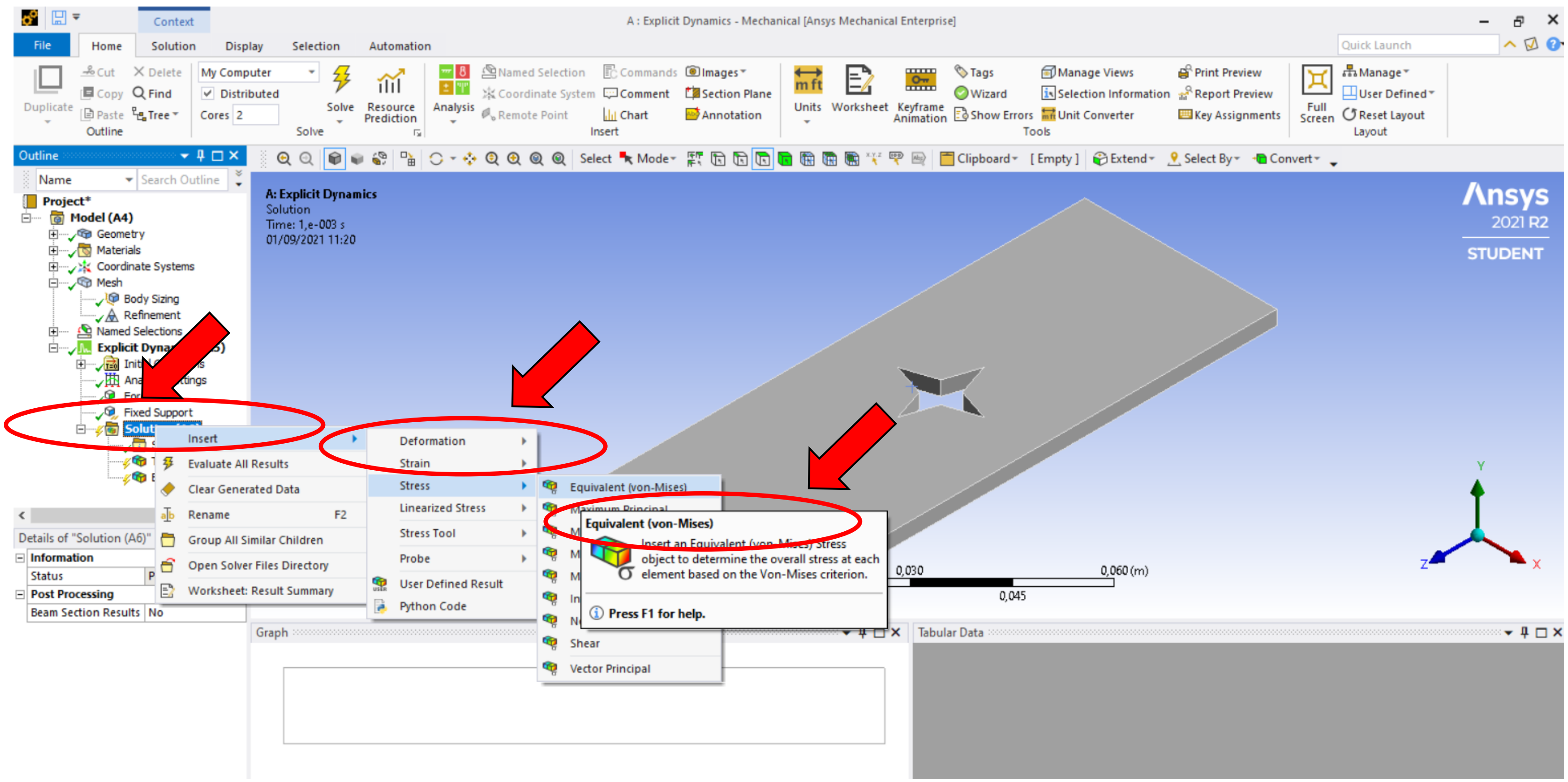
- Ansys -> Explicit Dynamics
  - Engeneering Data
  - Project
    - Geometry
    - …
      - …etry
      - Mesh
      - Explicit Dynamics
        - Fix (definir face de restrição)
        - Load (definir face de carregamento)
        - **Analysis Settings**

**Resultados**

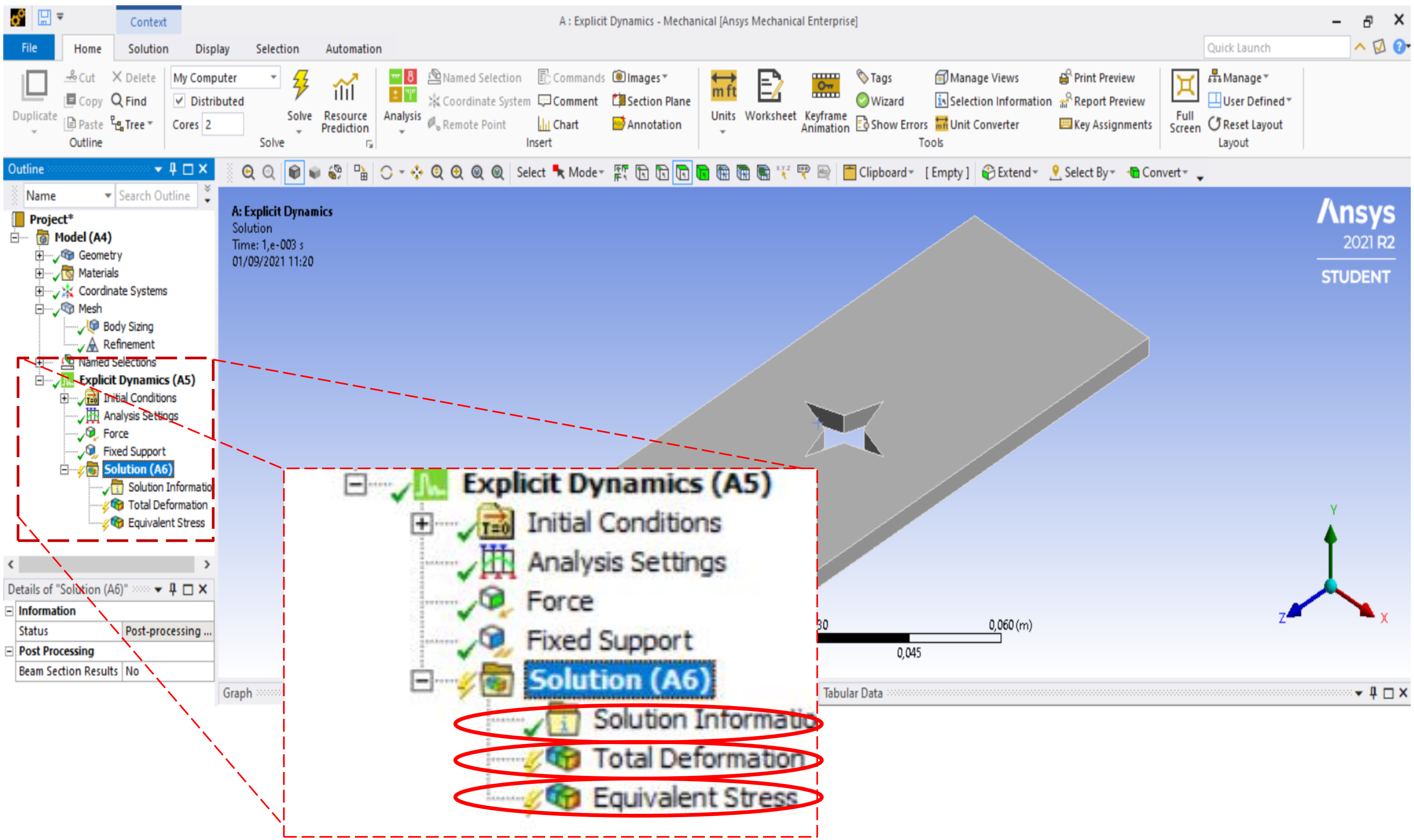
# Resultados


A : Explicit Dynamics - Mechanical [Ansys Mechanical Enterprise]
File
Home
Solution
Display
Selection
Automation
Outline
Project*
Model (A4)
Geometry
Materials
Coordinate Systems
Mesh
Body Sizing
Refinement
Named Selections
Explicit Dynamics (A5)
Initial Conditions
Analysis Settings
Force
Fixed Support
Solution (A6)
Insert
Clear Generated Data
Rename
Group All Similar Children
Open Solver Files Directory
Worksheet: Result Summary
Deformation
Strain
Stress
Linearized Stress
Stress Tool
Probe
User Defined Result
Python Code
Total
Insert a Total Deformation object.
This result provides the magnitude of displacements on nodes.
Press F1 for help.
A: Explicit Dynamics
Solution
Time: 1,e-003 s
01/09/2021 11:18
Ansys
2021 R2
STUDENT
Details of "Solution (A6)"
Information
Status
Done
Post Processing
Beam Section Results
No
Graph
Tabular Data

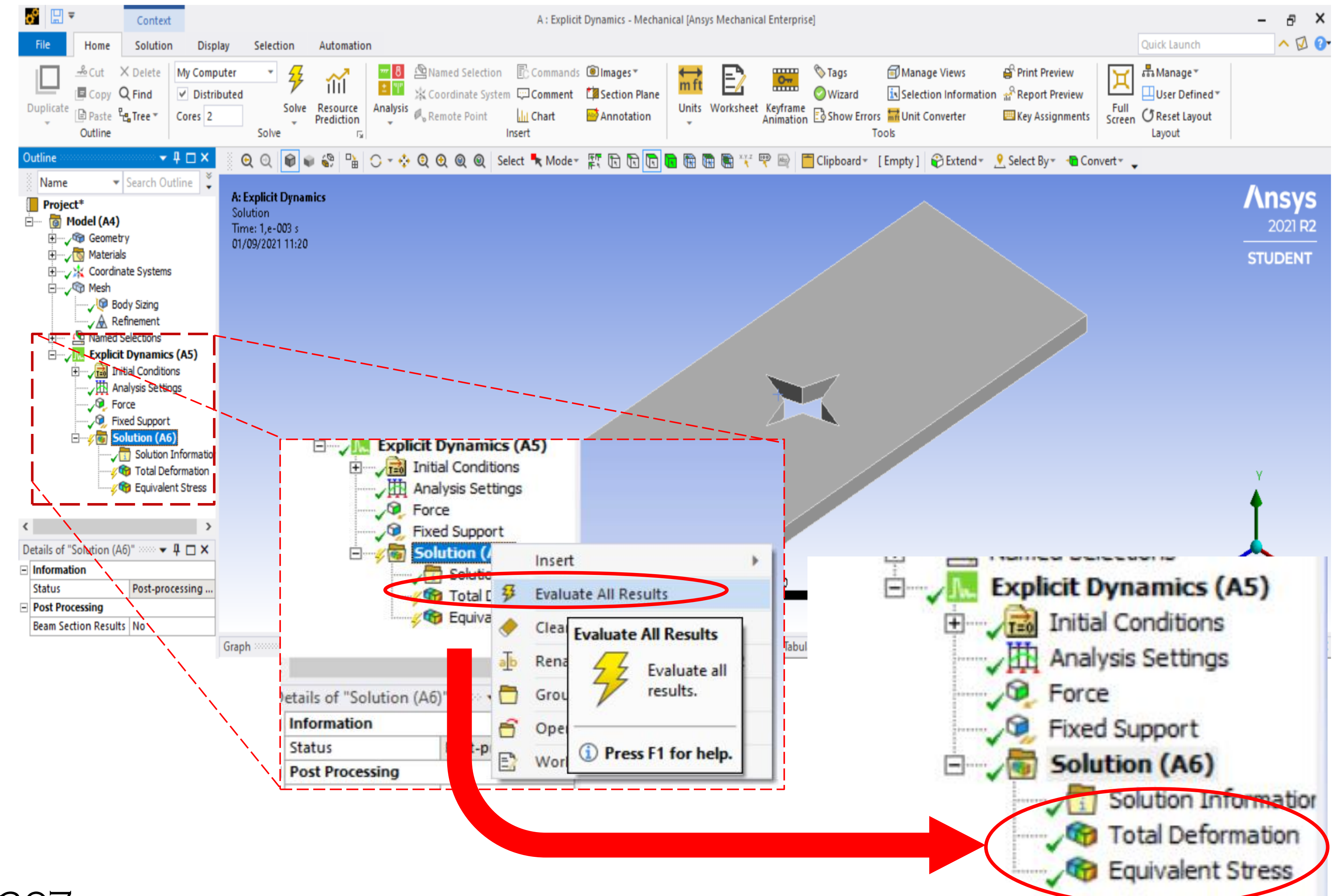
# Resultados


A : Explicit Dynamics - Mechanical [Ansys Mechanical Enterprise]
Outline
Project*
Model (A4)
Geometry
Materials
Coordinate Systems
Mesh
Body Sizing
Refinement
Named Selections
Fixed Support
Insert
Evaluate All Results
Clear Generated Data
Rename
Group All Similar Children
Open Solver Files Directory
Worksheet: Result Summary
Deformation
Strain
Stress
Linearized Stress
Stress Tool
Probe
User Defined Result
Python Code
Equivalent (von-Mises)
Shear
Vector Principal
Insert an Equivalent (von-Mises) Stress object to determine the overall stress at each element based on the Von-Mises criterion.
Press F1 for help.
A: Explicit Dynamics
Solution
Time: 1,e-003 s
01/09/2021 11:20
Ansys
2021 R2
STUDENT
Details of "Solution (A6)"
Information
Status
Post Processing
Beam Section Results
No
Graph
Tabular Data

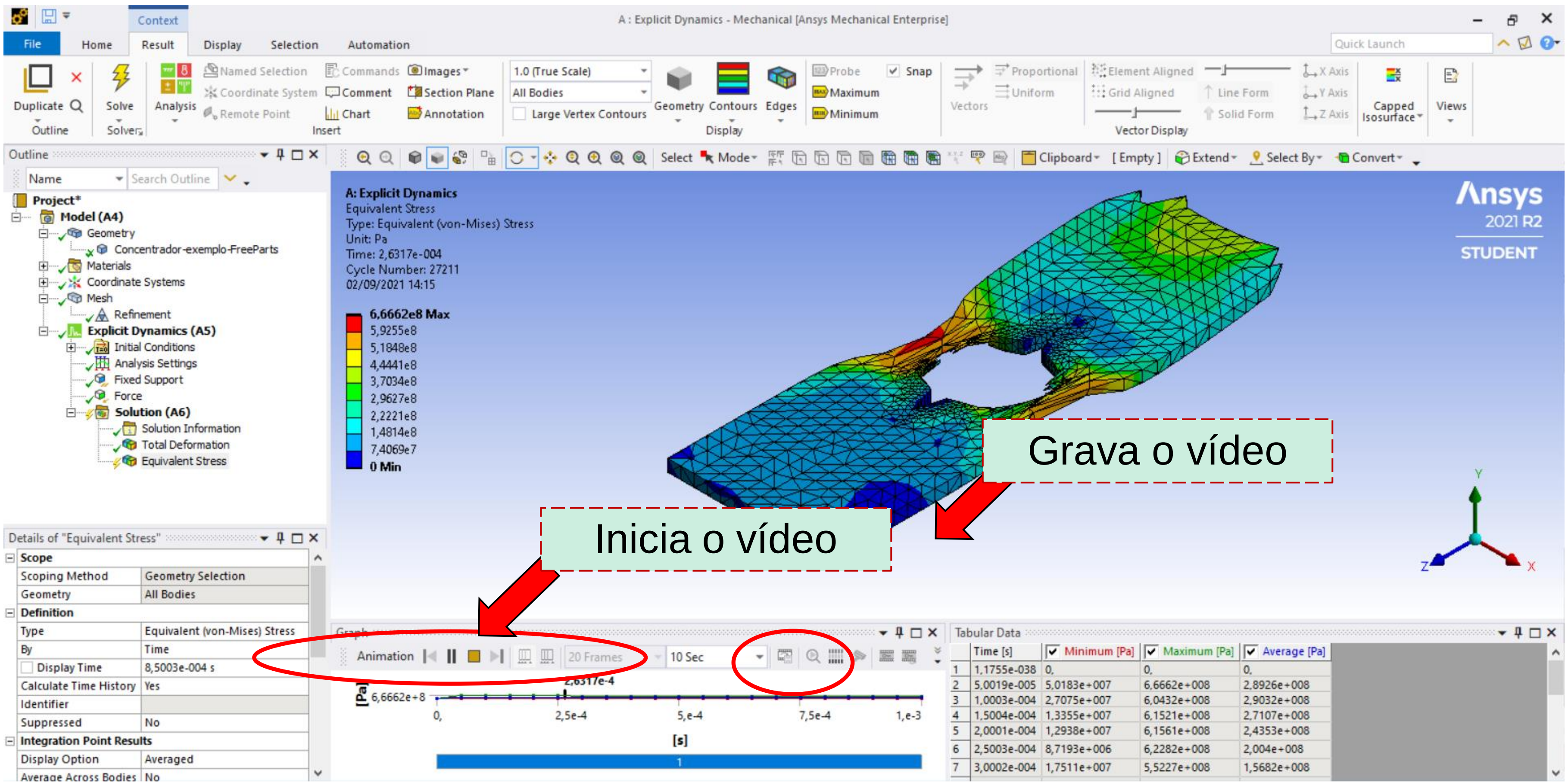
# Resultados


A : Explicit Dynamics - Mechanical [Ansys Mechanical Enterprise]
A: Explicit Dynamics
Solution
Time: 1,e-003 s
01/09/2021 11:20
Ansys
2021 R2
STUDENT
Project*
Model (A4)
Geometry
Materials
Coordinate Systems
Mesh
Body Sizing
Refinement
Named Selections
Explicit Dynamics (A5)
Initial Conditions
Analysis Settings
Force
Fixed Support
Solution (A6)
Solution Informatio
Total Deformation
Equivalent Stress
Details of "Solution (A6)"
Information
Status
Post-processing ...
Post Processing
Beam Section Results
No
0,060 (m)
0,045
Graph
Tabular Data

# Resultados


A : Explicit Dynamics - Mechanical [Ansys Mechanical Enterprise]
File
Home
Solution
Display
Selection
Automation
Context
Outline
Project*
Model (A4)
Geometry
Materials
Coordinate Systems
Mesh
Body Sizing
Refinement
Named Selections
Explicit Dynamics (A5)
Initial Conditions
Analysis Settings
Force
Fixed Support
Solution (A6)
Solution Information
Total Deformation
Equivalent Stress
A: Explicit Dynamics
Solution
Time: 1,e-003 s
01/09/2021 11:20
Ansys
2021 R2
STUDENT
Insert
Evaluate All Results
Evaluate all results.
Press F1 for help.
Details of "Solution (A6)"
Information
Status
Post-processing ...
Post Processing
Beam Section Results
No

# Resultados


A : Explicit Dynamics - Mechanical [Ansys Mechanical Enterprise]
A: Explicit Dynamics
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: Pa
Time: 2,6317e-004
Cycle Number: 27211
02/09/2021 14:15
6,6662e8 Max
5,9255e8
5,1848e8
4,4441e8
3,7034e8
2,9627e8
2,2221e8
1,4814e8
7,4069e7
0 Min
Ansys
2021 R2
STUDENT
Grava o vídeo
Inicia o vídeo
Animation
20 Frames
10 Sec
Tabular Data

# Exercício 2

## Vídeos exemplo

- https://www.youtube.com/watch?v=zPI3-dyvpEY&t=32s
- https://www.youtube.com/watch?v=vnpq5zzOS48

**FIM**