

## Exercises 5.4

2. The two-element mesh at right was designed for a plane stress analysis. Each element has dimensions 1 m × 1 m and thickness equal to 0.2 m. Only self weight is considered in the analysis where  $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ . With the aid of computer software calculate nodal displacements and reaction forces. Consider full integration. The material properties are  $E = 20 \text{ GPa}$  and  $\nu = 0.25$ .

```
clear all
clc
```

### Material

```
E = 20e6; % Modulo de Young [Kpa]
nu = 0.25; % Poisson
q = 4; % Pontos de integração [1 4 9 16]
type = 4; % Nós por elemento [4 8 12]
h = 0.2; % Espessura [m]
D = E/(1-nu^2)*[1 nu 0;
               nu 1 0;
               0 0 (1-nu)/2]; %Matriz D
```

### Malha

```
Lx = 1; % Comprimento em x
Ly = 2; % Comprimento em y
Elemx = 1; % Divisão da malha em x
Elemy = 2; % Divisão da malha em y
[nos, elem] = quad_mesh(Lx, Ly, Elemx, Elemy, type); % Coordenada de cada nó e numeração dos nos de cada elemento
```

### Apoios

```
Restr = [1 1 1; (Elemx+1) 0 1]; % NumNó, Rx, Ry [y=1 n=0]
```

### Força de corpo

```
gamma = -25; % Peso Próprio [kN/m³]
```

### Montagem

```
NumElem = size(elem, 1); % Número de elementos
Ndof = 2; % Número de graus de liberdade
NoElem = size(elem, 2); % Número de Nós por elemento
NumNos = size(nos, 1); % Número de Nós
GL = size(nos, 1) * Ndof; % Graus de liberdade
K = zeros(GL, GL); % Matriz de rigides com 0
U = zeros(GL, 1); % Vetor de deslocamentos com 0
F = zeros(GL, 1); % Vetor de forças com 0
Fr = zeros(GL, 1); % Vetor de reações com 0

coor = zeros(NumElem, NoElem*Ndof); % ...
k=1;
for i = [linspace(1, NoElem*Ndof-1, NoElem)]
    coor(:, [i i+1]) = [elem(:, k)*2-1, elem(:, k)*2]; % Matriz de coordenadas
    k=k+1;
end
% coor = sort(coor, NumElem);
```

### Matriz K e F

```
for i = 1: NumElem
    C = [nos(elem(i,:), :)]; % Matriz de coordenadas por elemento
    Ke = compute_K(C, D, q, h, NoElem); % Matriz de rigidez por elemtno
    K(coor(i, :), coor(i, :)) = ...
        K(coor(i, :), coor(i, :)) + ...
        Ke; % Matriz de rigidez global
    Fe = body_forces(C, h, gamma, q, NoElem); % Forças de corpo por elemento
    F(elem(i,:)*2) = F(elem(i,:)*2) + Fe; %vetor global de forças de corpo
end
```

### Restrições nos apoios

```
NumGLR = sum(sum(Restr(:, [2 3]))); % Determinação do número de restrições
GLR = zeros(NumGLR, 1); % Vetor deslocamentos restringidos
```

## Coordenadas com restrições

```
i = 1;
for apoio = 1:(size(Restr, 1))
    NoApoio = Restr(apoio, 1);           % Nó de apoio
    if Restr(apoio, 2) == 1
        GLR(i, 1) = NoApoio * 2 - 1;    % Restrição em x
        i = i + 1;
    end
    if Restr(apoio, 3) == 1
        GLR(i, 1) = NoApoio * 2 - 0;    % Restrição em y
        i = i + 1;
    end
end
```

## Cordenadas sem restrição

```
GLSR = setxor((1:GL)', GLR);           % Grau de liberdade sem restrição
```

## Deslocamentos sem restrição

```
U(GLSR) = K(GLSR, GLSR) \ F(GLSR);    % Deslocamentos
```

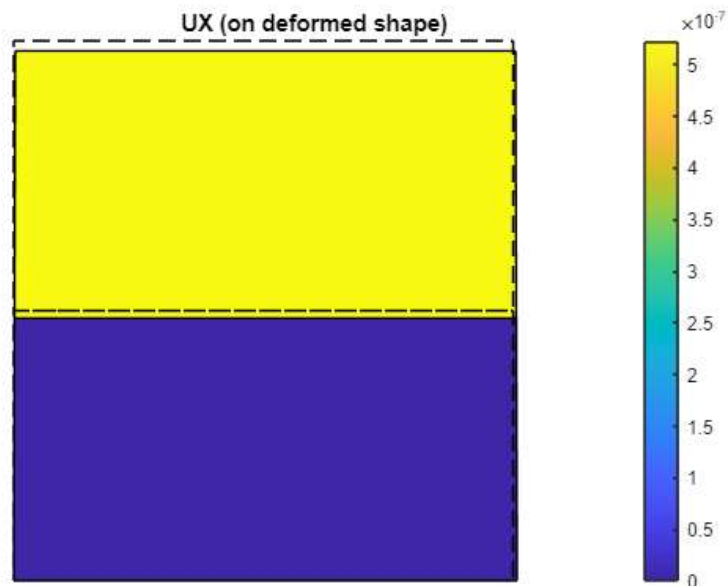
## Forças de reação

```
Fr(GLR) = K(GLR, :) * U;              % Força de reação
```

## Gráfico

```
Ux = U(1:2:GL);
Uy = U(2:2:GL);
if type == 4
    T = 'Q4';
elseif type == 8
    T = 'Q8';
else
    T = 'Q12';
end
```

```
scaleFactor = 15000;
figure
draw_field(nos+scaleFactor*[Ux Uy],elem,T,Ux);
draw_mesh(nos+scaleFactor*[Ux Uy],elem,T,'-');
hold on
draw_mesh(nos+scaleFactor*[Ux Uy],elem,T,'-');
draw_mesh(nos,elem,T,'--');
axis off
colorbar
title('UX (on deformed shape)')
hold off
```



## Exercises 5.4

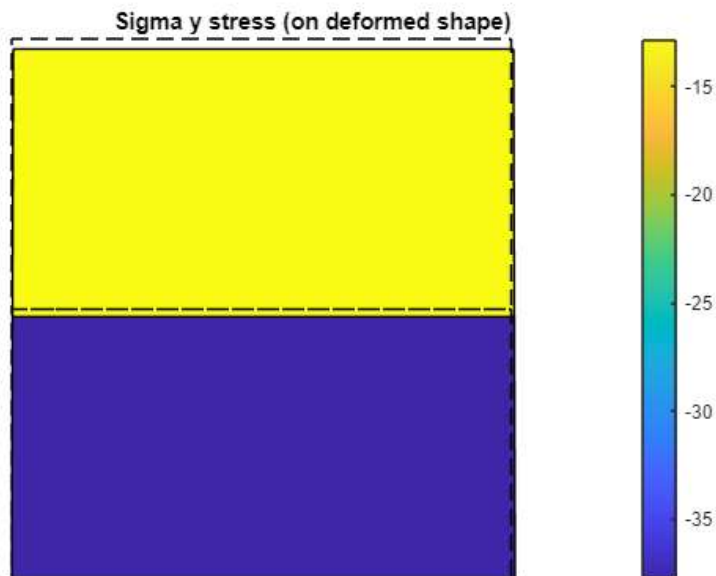
3. In the last exercise, calculate the strain and stress vectors at the integration points of element 1.

### Tensor

```
[sig] = stress_strain(nos, elem, U, D, q, coor);
```

### Gráfico

```
scaleFactor = 15000;  
figure  
draw_field(nos+scaleFactor*[Ux Uy],elem,T,sig(:,:,2));  
draw_mesh(nos+scaleFactor*[Ux Uy],elem,T,'-');  
hold on  
draw_mesh(nos+scaleFactor*[Ux Uy],elem,T,'-');  
draw_mesh(nos,elem,T,'--');  
axis off  
colorbar  
title('Sigma y stress (on deformed shape)')
```



## Exercises 5.4

4. Verify if the analytical vertical stress  $\gamma h$  at the bottom of the structure can be recovered from the stresses at integration points.

Não pode