



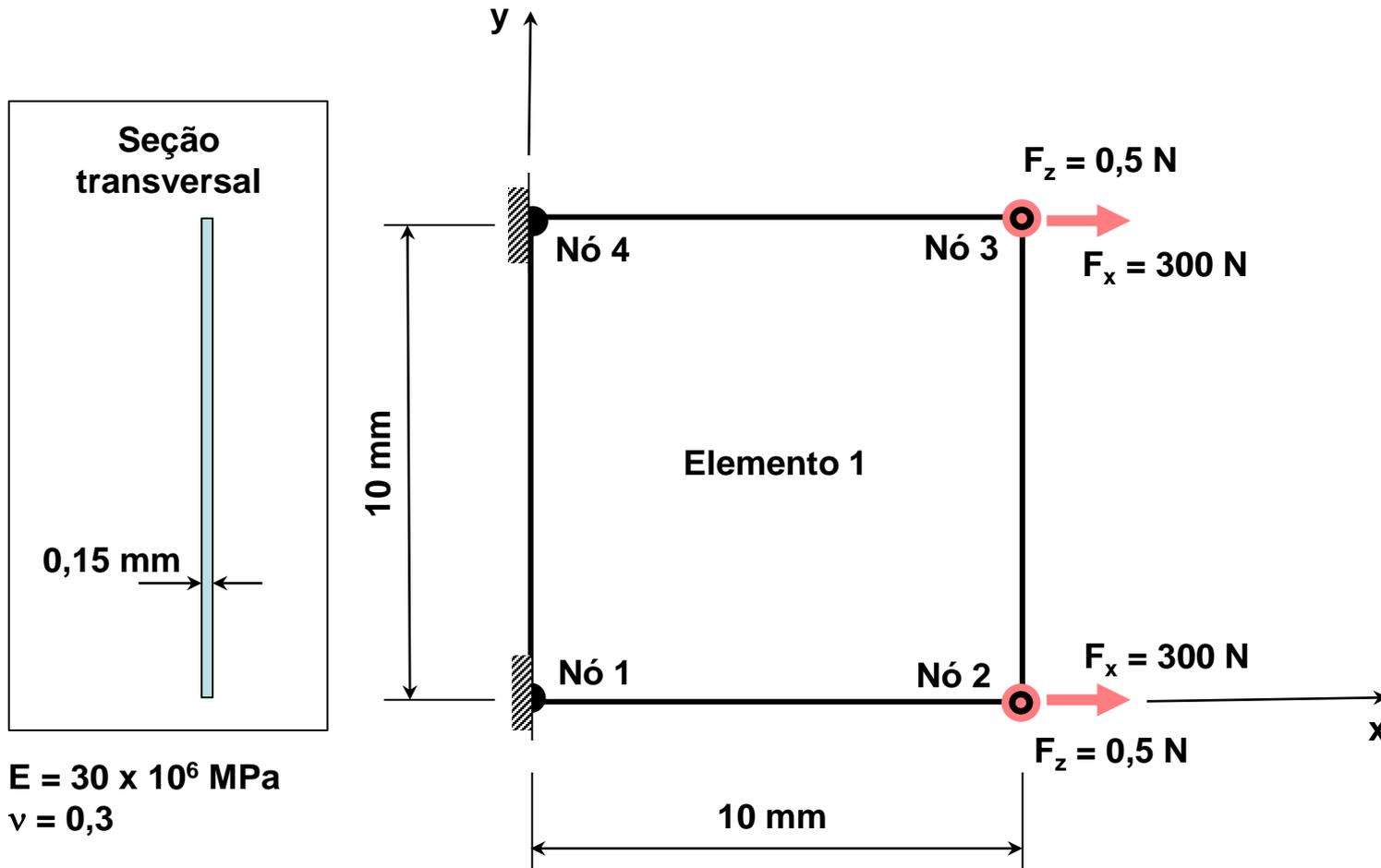
PME 3543
Estruturas Mecânicas e de Veículos
Notas de Aula
Prof. Leandro V. da S. Macedo

08
Exemplo Didático
MSC Nastran



Exemplo didático:

**Análise estática linear no SW Nastran.
Elemento de placa engastado sob tração e flexão.**





Arquivo de entrada de dados para o software de Elementos finitos Nastran:

Condição de contorno dada diretamente nos nós (GRID).

Constrangidos os 6 graus de liberdade dos nós 1 e 4.

```

$ Executive control section
ID CQUAD4 EXAMPLE
SOL 101
TIME 5
CEND
$ CEND eh delimitador obrigatorio
$
$ Case control section
LOAD=8
DISP=ALL
SPCF=ALL
FORCE=ALL
STRESS=ALL
$
$ Bulk data section
$ BEGIN BULK eh delimitador obrigatorio
BEGIN BULK
GRID,1,,0.,0.,0.,,123456
GRID,2,,10.,0.,0.,,
GRID,3,,10.,10.,0.,,
GRID,4,,0.,10.,0.,,123456
$
CQUAD4,1,5,1,2,3,4
$
FORCE,8,2,,300.,1.
FORCE,8,2,,.5,,,1.
FORCE,8,3,,300.,1.
FORCE,8,3,,.5,,,1.
$
PSHELL,5,7,,.15,7,,7
MAT1,7,30.E6,,.3
$
PARAM,POST,-1
$
ENDDATA

```

Alternativamente a condição de contorno pode ser dada com o comando SPC:

```

$ Case control section
LOAD=8
SPC=3
DISP=ALL
SPCF=ALL
FORCE=ALL
STRESS=ALL
$
$ Bulk data section
BEGIN BULK
GRID,1,,0.,0.,0.,,
GRID,2,,10.,0.,0.,,
GRID,3,,10.,10.,0.,,
GRID,4,,0.,10.,0.,,
$
SPC,3,1,123456
SPC,3,4,123456
$

```



Resultados

Somatório de forças e momentos ativos sobre a estrutura:

RESULTANTS ABOUT ORIGIN OF SUPERELEMENT BASIC COORDINATE SYSTEM IN SUPERELEMENT BASIC SYSTEM COORDINATES.

		OLOAD			RESULTANT		
SUBCASE/ DAREA ID	LOAD TYPE	T1	T2	T3	R1	R2	R3
1	FX	6.000000E+02	----	----	----	0.000000E+00	-3.000000E+03
	FY	----	0.000000E+00	----	0.000000E+00	----	0.000000E+00
	FZ	----	----	1.000000E+00	5.000000E+00	-1.000000E+01	----
	MX	----	----	----	0.000000E+00	----	----
	MY	----	----	----	----	0.000000E+00	----
	MZ	----	----	----	----	----	0.000000E+00
	TOTALS	6.000000E+02	0.000000E+00	1.000000E+00	5.000000E+00	-1.000000E+01	-3.000000E+03

Somatório de forças e momentos reativos sobre a estrutura:

RESULTANTS ABOUT ORIGIN OF SUPERELEMENT BASIC COORDINATE SYSTEM IN SUPERELEMENT BASIC SYSTEM COORDINATES.

		SPCFORCE RESULTANT					
SUBCASE/ DAREA ID	LOAD TYPE	T1	T2	T3	R1	R2	R3
1	FX	-6.000000E+02	----	----	----	0.000000E+00	3.000000E+03
	FY	----	-1.421085E-14	----	0.000000E+00	----	0.000000E+00
	FZ	----	----	-1.000000E+00	-5.000000E+00	0.000000E+00	----
	MX	----	----	----	2.509104E-14	----	----
	MY	----	----	----	----	1.000000E+01	----
	MZ	----	----	----	----	----	1.387779E-17
	TOTALS	-6.000000E+02	-1.421085E-14	-1.000000E+00	-5.000000E+00	1.000000E+01	3.000000E+03



Resultados

Deslocamentos nodais:

D I S P L A C E M E N T V E C T O R								
POINT ID.	TYPE	T1	T2	T3	R1	R2	R3	
1	G	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2	G	1.303332E-04	2.999957E-05	3.795755E-03	1.333333E-04	-5.792592E-04	1.499978E-06	
3	G	1.303332E-04	-2.999957E-05	3.795755E-03	-1.333333E-04	-5.792592E-04	-1.499978E-06	
4	G	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

AUGUST 22, 2011 MSC.NASTRAN 6/20/08

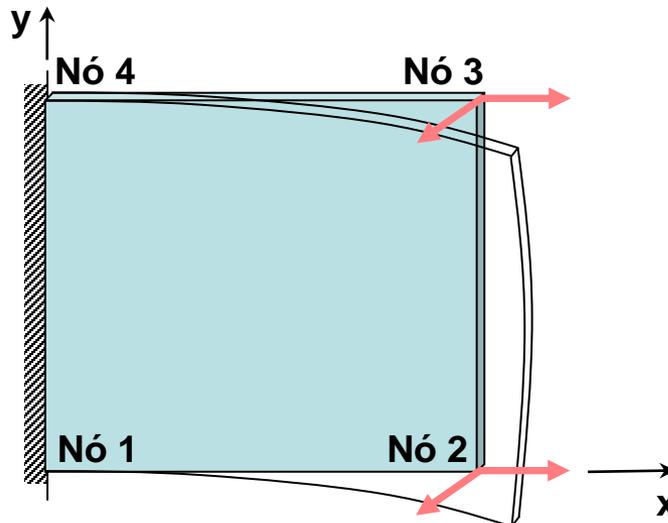
Observações sobre os deslocamentos nodais obtidos:

A placa se estica segundo a direção “x” (nós 2 e 3 têm deslocamentos positivos).

A placa se encolhe segundo a direção “y” por efeito de Poisson (nó 2 tem deslocamento positivo e nó 3 negativo)

A placa flexiona em relação ao eixo “y”, resultando assim em deslocamentos segundo a direção “z” dos nós 2 e 3.

Há também uma flexão segundo o eixo “x” que contribui para deslocamentos em “z”.





Resultados

Forças e momentos reativos nos nós vinculados:

FORCES OF SINGLE-POINT CONSTRAINT

POINT ID.	TYPE	T1	T2	T3	R1	R2	R3
1	G	-3.000000E+02	-4.500195E+01	-5.000000E-01	-3.750000E-01	5.000000E+00	-2.596117E-02
4	G	-3.000000E+02	4.500195E+01	-5.000000E-01	3.750000E-01	5.000000E+00	2.596117E-02

AUGUST 22, 2011 MSC.NASTRAN 6/20/08

Observações sobre as forças e momentos reativos no engaste:

Há forças em “x” no engaste que equilibram as forças ativas de tração.

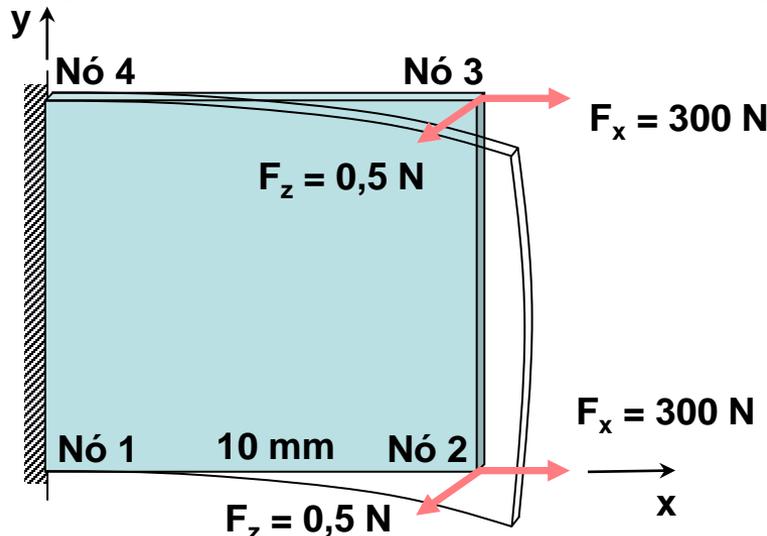
Há forças em “z” no engaste que equilibram as forças ativas perpendiculares ao plano da placa.

Há forças em “y” no engaste pois a placa está tentando se “encolher” segundo “y” devido ao efeito de Poisson.

Há momentos segundo “y” no engaste que equilibram o momento de flexão imposto pelas forças ativas perpendiculares ao plano da placa (5 Nmm + 5 Nmm)

Há momentos segundo “x” no engaste pois há uma flexão também em torno deste eixo devido às forças perpendiculares ao plano da placa estarem concentradas nas extremidades e não distribuídas ao longo da aresta 2-3.

Há momentos segundo “z” no engaste devidos à restrição ao encolhimento segundo “y”.





Resultados

Somatório de Forças e Momentos sobre cada elemento

(OBS: em coordenadas locais e dados por unidade de comprimento da aresta do elemento!)

FORCES IN QUADRILATERAL ELEMENTS (QUAD4)

ELEMENT ID	- MEMBRANE FORCES -			- BENDING MOMENTS -			- TRANSVERSE SHEAR FORCES -	
	FX	FY	FXY	MX	MY	MXY	QX	QY
1	6.000000E+01	4.500195E+00	4.440892E-16	5.000000E-01	3.750000E-02	-8.881784E-16	1.000000E-01	0.0

AUGUST 22, 2011 MSC.NASTRAN 6/20/08 PAGE 17

Observação sobre as forças e momentos:

Forças e momentos estão dadas nas coordenadas locais do elemento e dadas por unidade de comprimento das arestas do mesmo.

FX e FY são esforços de membrana normais às faces x e y do sistema de coordenadas local do elemento.

FXY é um cisalhamento no plano do elemento (E-16 → zero).

MX e MY são momentos de flexão segundo as faces x e y.

MXY é um momento de torção.

QX e QY são esforços de cisalhamento segundos as faces x e y.

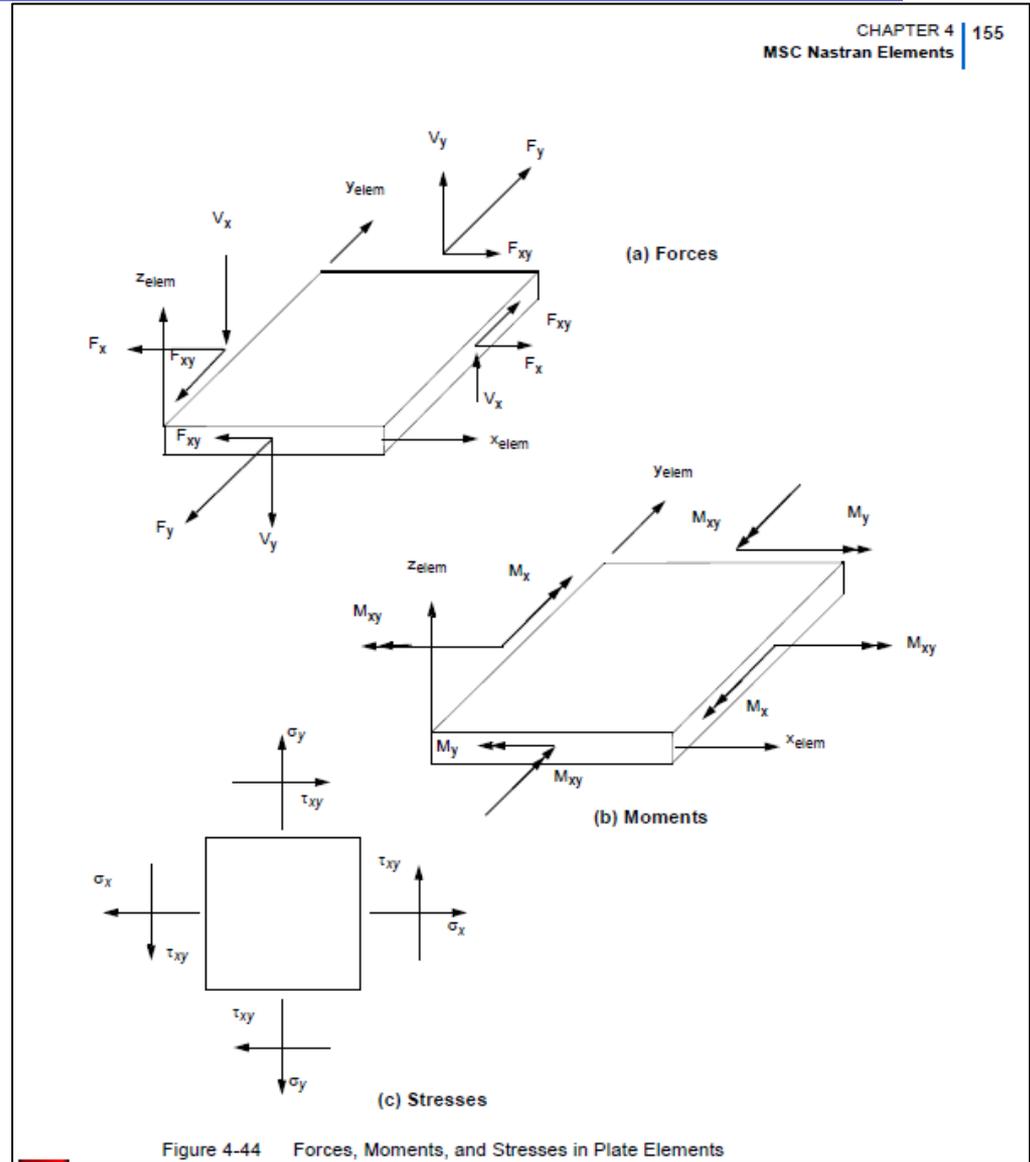
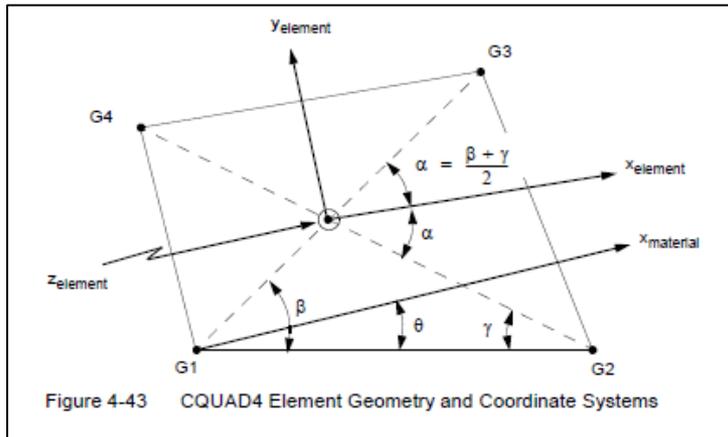
Sabemos que $F_x = 600 \text{ N}$. É um esforço de membrana (no plano da placa) aqui mostrado como $FX = F_x / 10 \text{ mm} = 60 \text{ N/mm}$.

Sabemos que $F_z = 1 \text{ N}$. É um esforço de cisalhamento (perpendicular à placa) aqui mostrado como $QX = F_z / 10 \text{ mm} = 0,1 \text{ N/mm}$.

Raciocínio semelhante para os momentos que são dados na seguinte unidade (MX, MY e MXY): [Nmm/mm].



Resultados





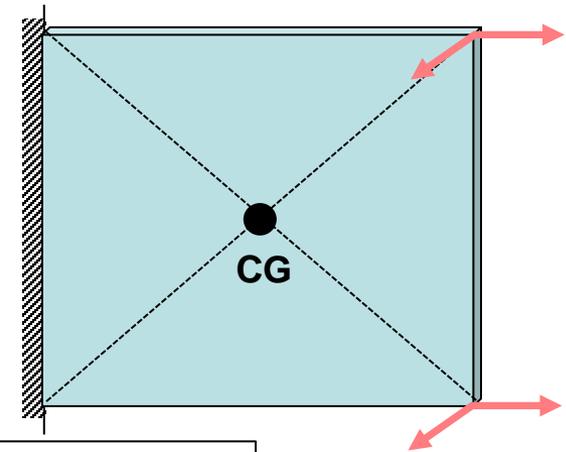
Resultados

Estado de tensões sobre cada elemento:

ELEMENT ID.	FIBER DISTANCE	STRESSES IN QUADRILATERAL ELEMENTS (QUAD4)			STRESSES IN ELEMENT COORD SYSTEM			PRINCIPAL STRESSES (ZERO SHEAR)		
		NORMAL-X	NORMAL-Y	SHEAR-XY	ANGLE	MAJOR	MINOR	VON MISES		
1	-7.500000E-02	5.333333E+02	4.000130E+01	-2.338870E-13	0.0000	5.333333E+02	4.000130E+01	5.145002E+02		
	7.500000E-02	2.666667E+02	2.000130E+01	2.398081E-13	0.0000	2.666667E+02	2.000130E+01	2.572498E+02		
AUGUST 22, 2011 MSC.NASTRAN 6/20/08 PAGE 19										

Observações sobre o estado de tensões:

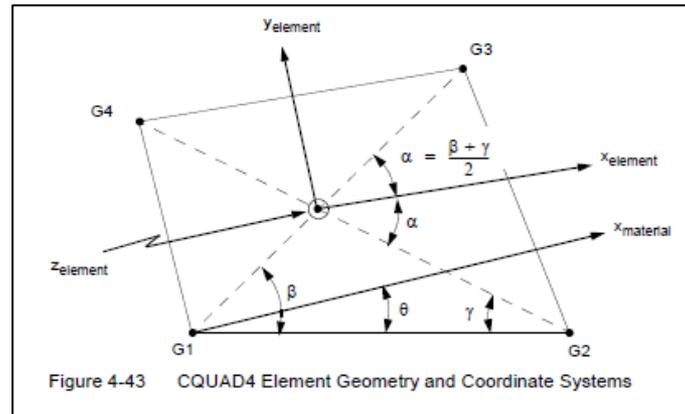
- A placa está em tração na direção “x” e em flexão em torno do eixo “y” devido às forças F_z perpendiculares ao plano da placa.
- Assim as tensões nas fibras mais externas nos lados opostos da espessura da placa são diferentes. Em um lado a tensão de tração devida às forças no plano da placa se soma com a tensão de tração devida à flexão da placa. No lado oposto a tensão de tração devida às forças no plano da placa sofre a subtração da tensão de compressão devida à flexão da placa.
- Os resultados de tensão mostrados são para o centroide do elemento.



Observação final: A Discretização adotada.

O exemplo teve finalidade apenas didática.

A discretização adotada é absolutamente insuficiente para bem representar o estado de tensões real.





FIM 08