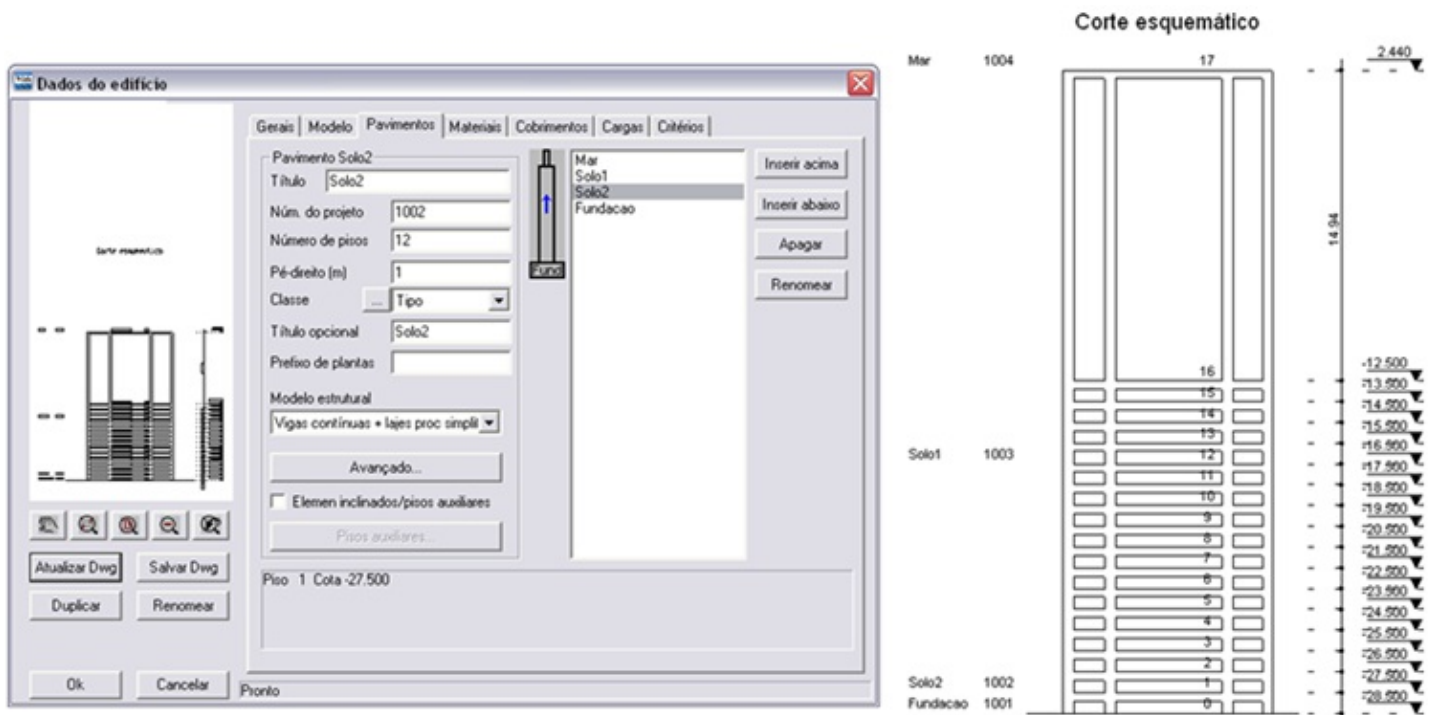


## Verificação de uma estaca (pilar) submersa de seção variável.

A seguir, apresenta-se um exemplo de verificação de uma estaca (pilar) de seção variável submersa no mar que sustenta uma parte de uma superestrutura de uma ponte por meio do pórtico não-linear físico e geométrico (NLFG) do TQS. Foram consideradas vinculações elásticas na parte inferior do elemento para simular o solo, bem como também no topo para adequar a rigidez de uma ponte. A análise possibilitou estimar a carga crítica no topo da estaca.

Inicialmente, foi criado um edifício com pisos intermediários onde serão definidas as molas do solo e a variação de seção da estaca.



A estaca foi modelada por um único elemento com variação de seção. Foi executado o processamento global para montagem de um modelo inicial. Depois, foram impostas as condições de contorno (molas) e os carregamentos no programa de edição de dados de pórtico.

Edição de Dados do Pórtico Espacial - FOR1000.POR

Arquivos Editar Exibir Pórtico Carregamentos Combinações Ajuda

Piso Inicial: 00 Piso Final: 17

### Restrições

Número	Nó	Transl. x	Rig./Rec. x	Transl. y	Rig./Rec. y	Transl. z	Rig./Rec. z	Rot. x	Rig./Rec. x	Rot. y
7	7	E	3200,000	E	3200,000	0	0,000	0	0,000	0
8	8	E	3200,000	E	3200,000	0	0,000	0	0,000	0
9	9	E	3200,000	E	3200,000	0	0,000	0	0,000	0
10	10	E	3200,000	E	3200,000	0	0,000	0	0,000	0
11	11	E	3200,000	E	3200,000	0	0,000	0	0,000	0
12	12	E	3200,000	E	3200,000	0	0,000	0	0,000	0
13	13	E	3200,000	E	3200,000	0	0,000	0	0,000	0
14	14	E	3200,000	E	3200,000	0	0,000	0	0,000	0
15	15	E	3200,000	E	3200,000	0	0,000	0	0,000	0
16	16	E	3200,000	E	3200,000	0	0,000	0	0,000	0
17	17	E	1600,000	E	1600,000	0	0,000	0	0,000	0
18	18	0	0,000	0	0,000	0	0,000	E	120400,000	E

18 Restrição(s) Restrição 1 Número do nó restrito

Adicionar Remover Gerar Pick OK Cancelar

### Forças nos Nós - Caso de Carregamento 1

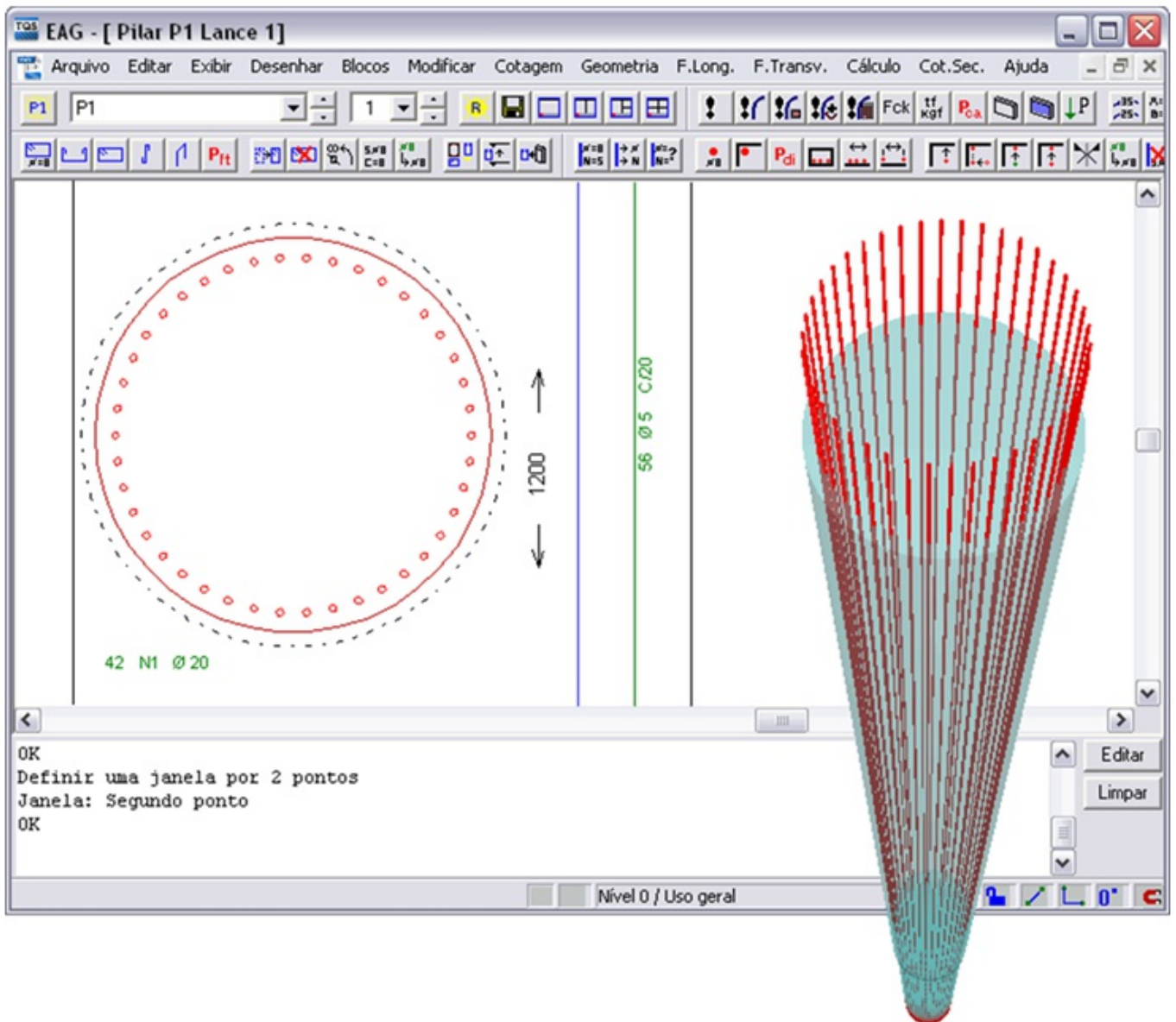
Número	Nó	Força x	Força y	Força z	Momento x	Momento y	Momento z
1	18	-15,920	22,060	-307,670	186,590	142,160	0,000

1 Força(s) Força 1 Número do nó carregado

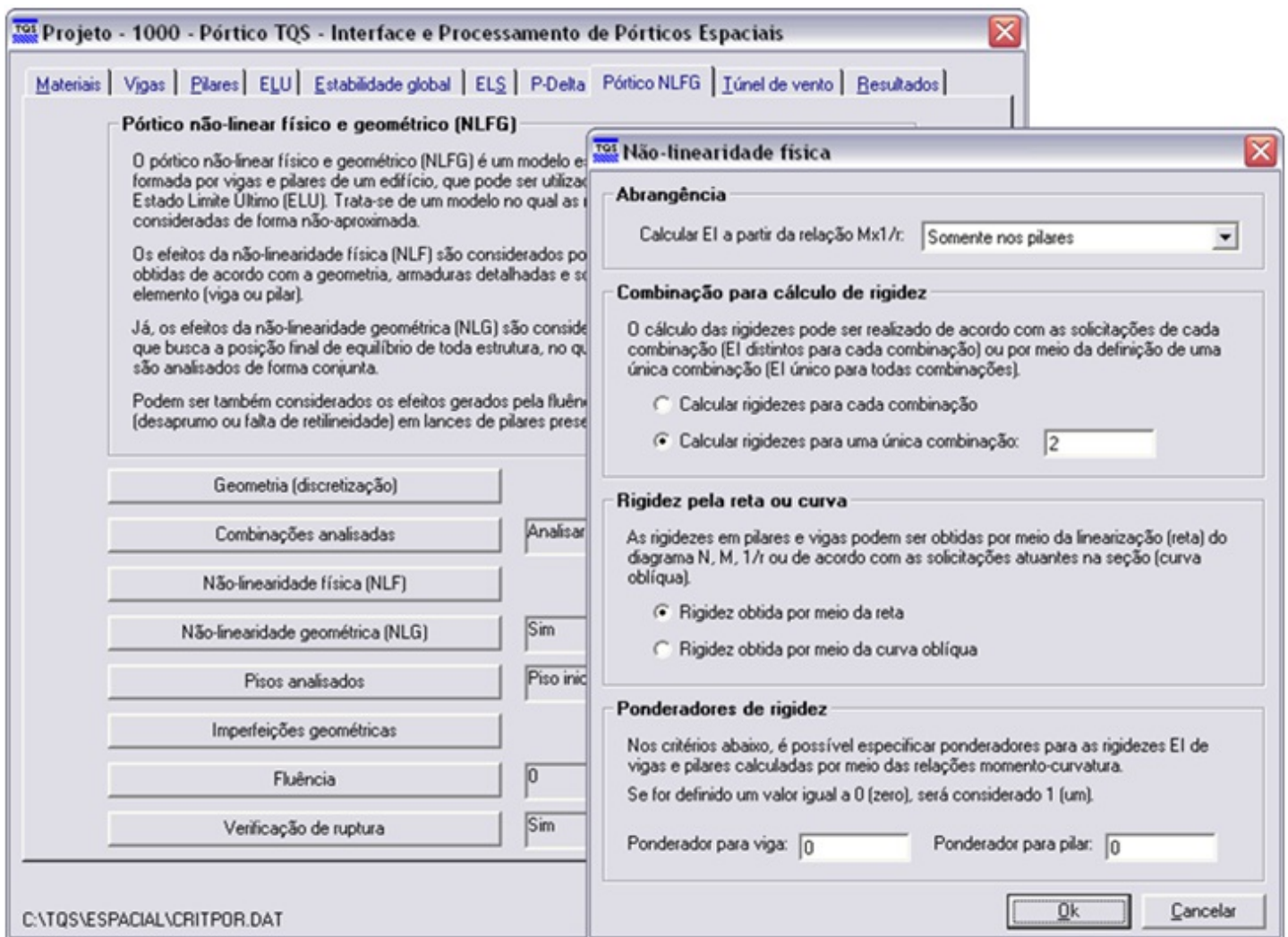
Adicionar Remover Gerar Pick OK Cancelar

Pronto Caso de Carregamento aberto: 1

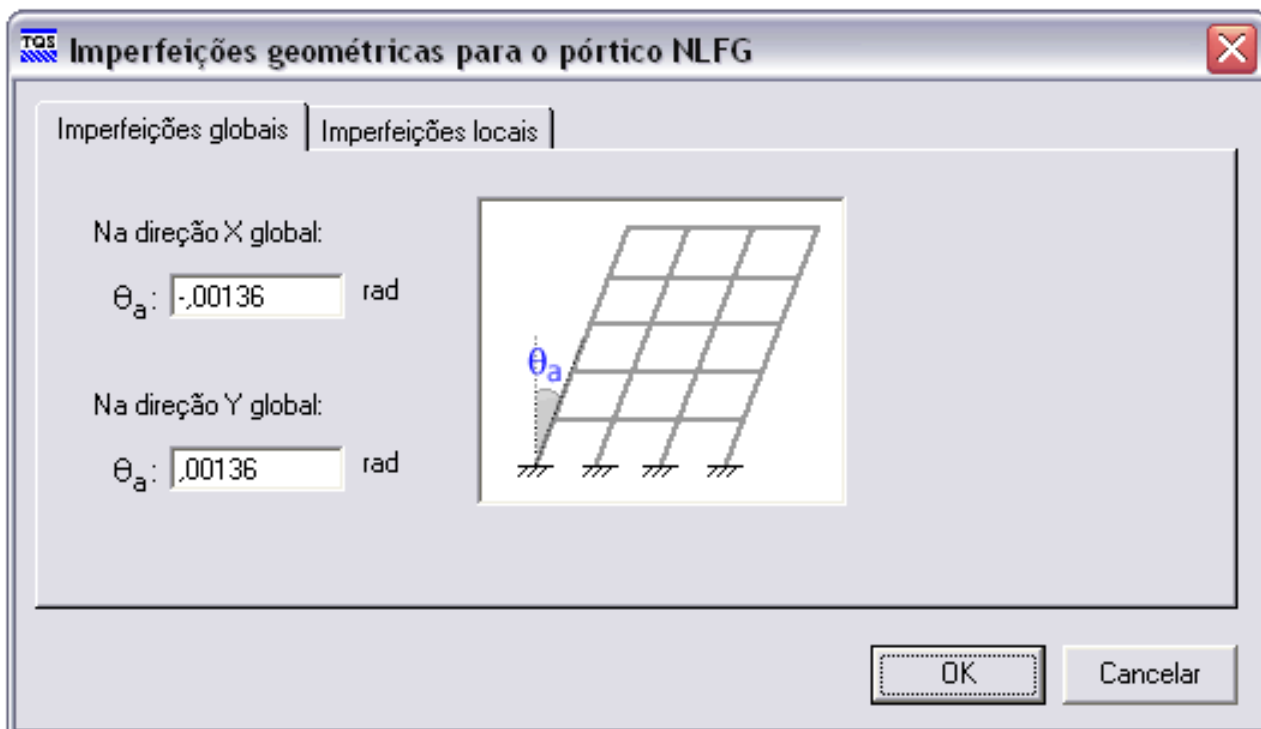
No editor de pilares, foram adicionadas as armaduras previamente conhecidas.



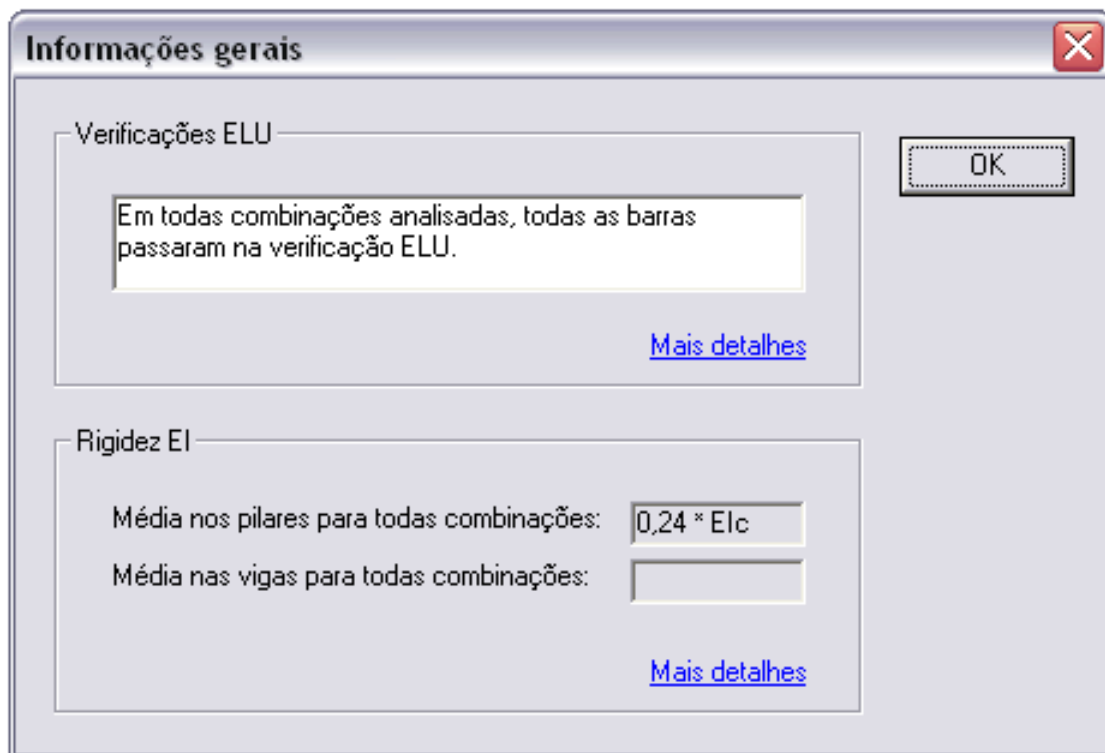
Foram configurados os critérios do pórtico não-linear físico e geométrico. O cálculo da rigidez EI foi habilitado somente para pilares (estaca). A favor da segurança, foi determinada a análise pela reta, muito embora fosse possível também utilizar a superfície N, M,  $1/r$  (curva oblíqua) para cada seção.



A imperfeição geométrica foi simulada por uma inclinação global, resultando uma excentricidade no topo de 4,2 m em ambas as direções.



Executando o processamento do pórtico NLFG, chegou-se numa rigidez média igual a 0,24\*.Elc.



Lembrando que foi adotado um  $\gamma_{C} = 1,9$ , conforme definido nos dados da estaca.

### Análise da rigidez EI da barra 17

**Dados** | Curva de interação N, Mx, My | Diagrama N, M, 1/r | Curva de interação N, M

Seção transversal do pilar (cm)

Armaduras

Por área

	X	Y	Bitola
1	-66,8	-5,0	20,0
2	-66,8	5,0	20,0
3	-65,3	14,9	20,0
4	-62,3	24,5	20,0
5	-58,0	33,5	20,0
6	-52,4	41,8	20,0
7	-45,5	49,1	20,0
8	-37,7	55,3	20,0
9	-19,7	64,0	20,0
10	-29,0	60,3	20,0
11	-10,0	66,2	20,0
12	0,0	67,0	20,0
13	10,0	66,2	20,0
14	19,8	64,0	20,0
15	29,1	60,3	20,0
16	37,7	55,3	20,0

Materiais (concreto e aço)

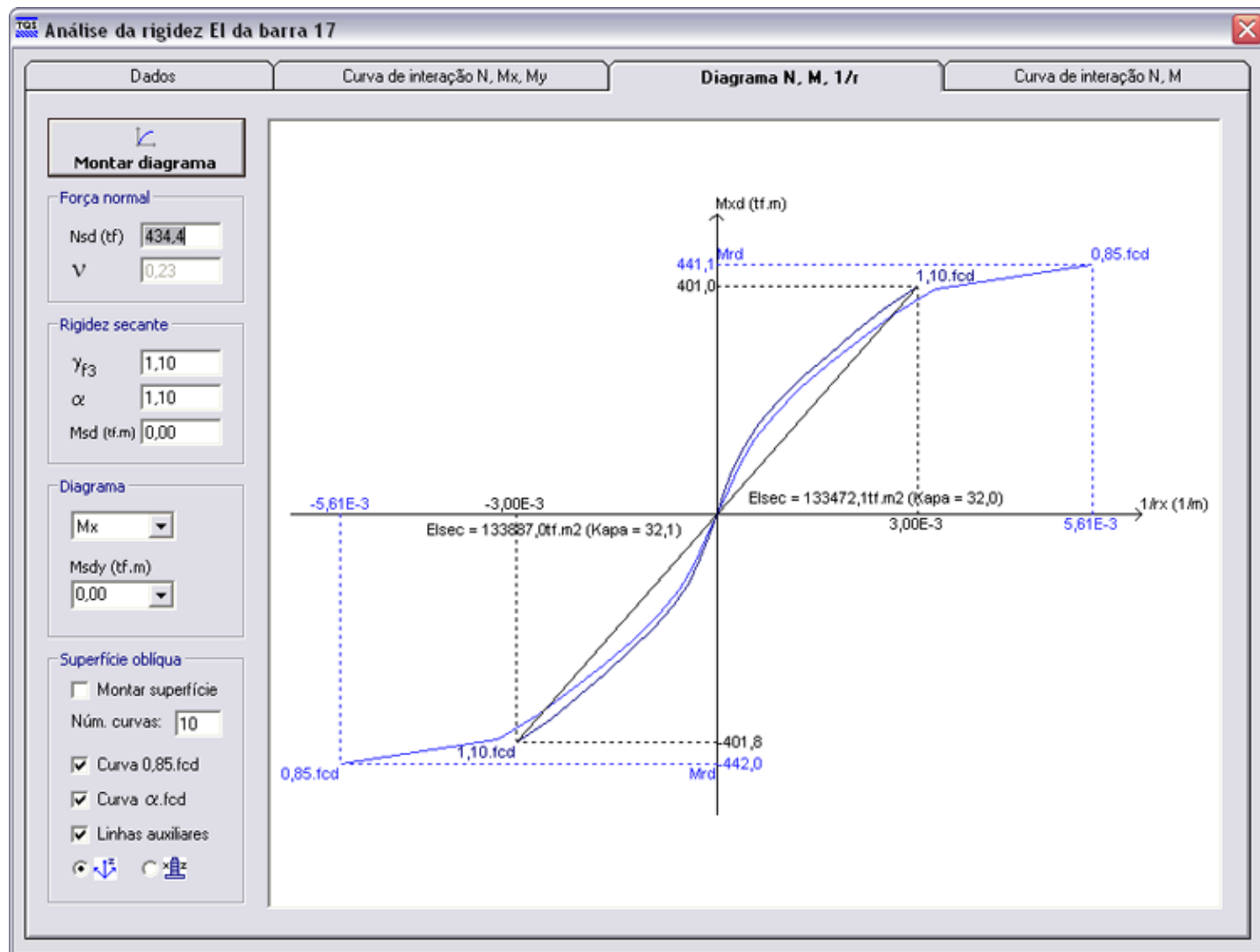
fck (MPa): 20 | fyk (MPa): 500

$\gamma_c$ : 1,90 |  $\gamma_s$ : 1,15

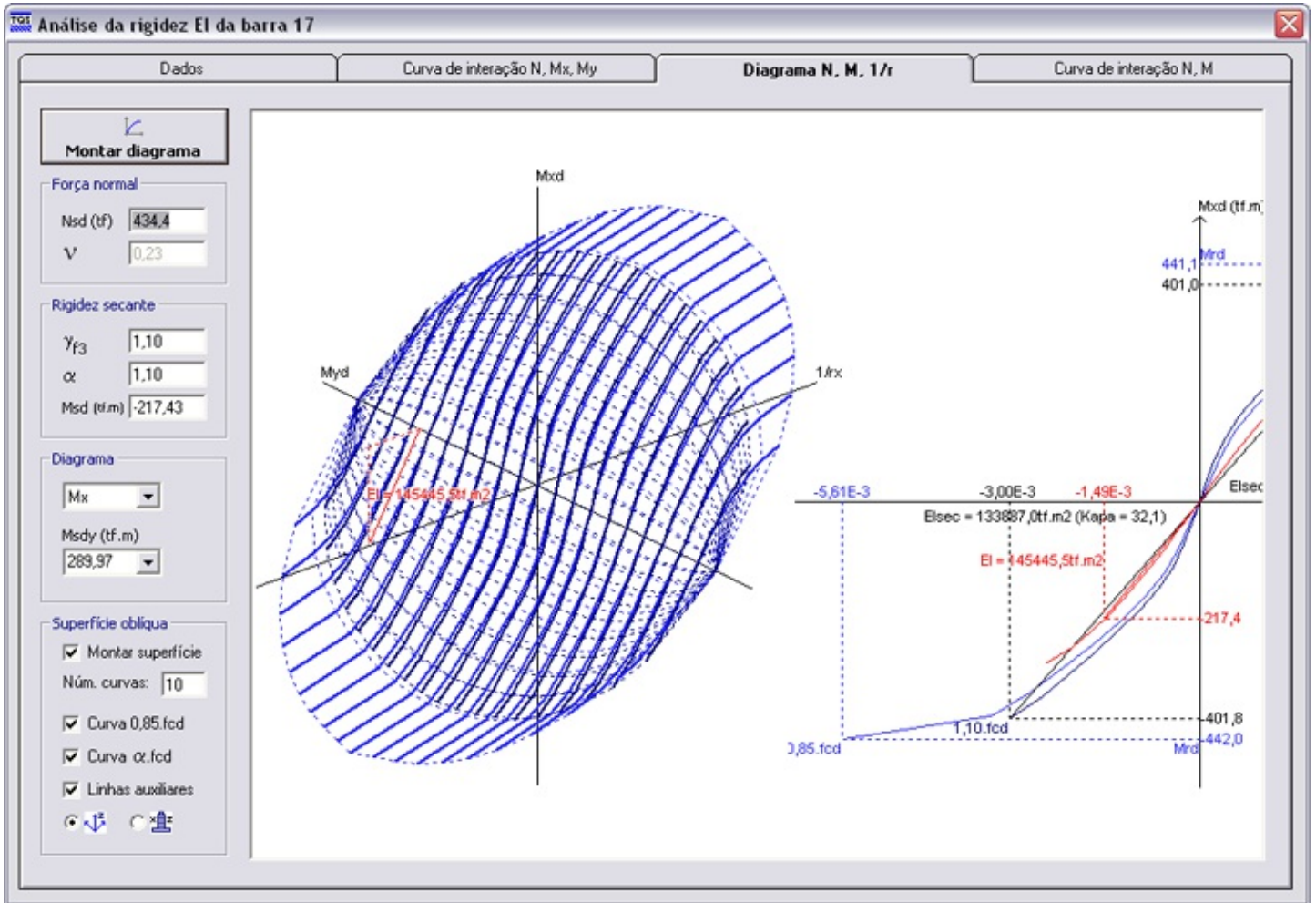
$\phi$ : 0,0 | Es (MPa): 210000

Protensão (Armaduras e Material)

A rigidez secante obtida pelo diagrama N, M, 1/r é apresentada a seguir.

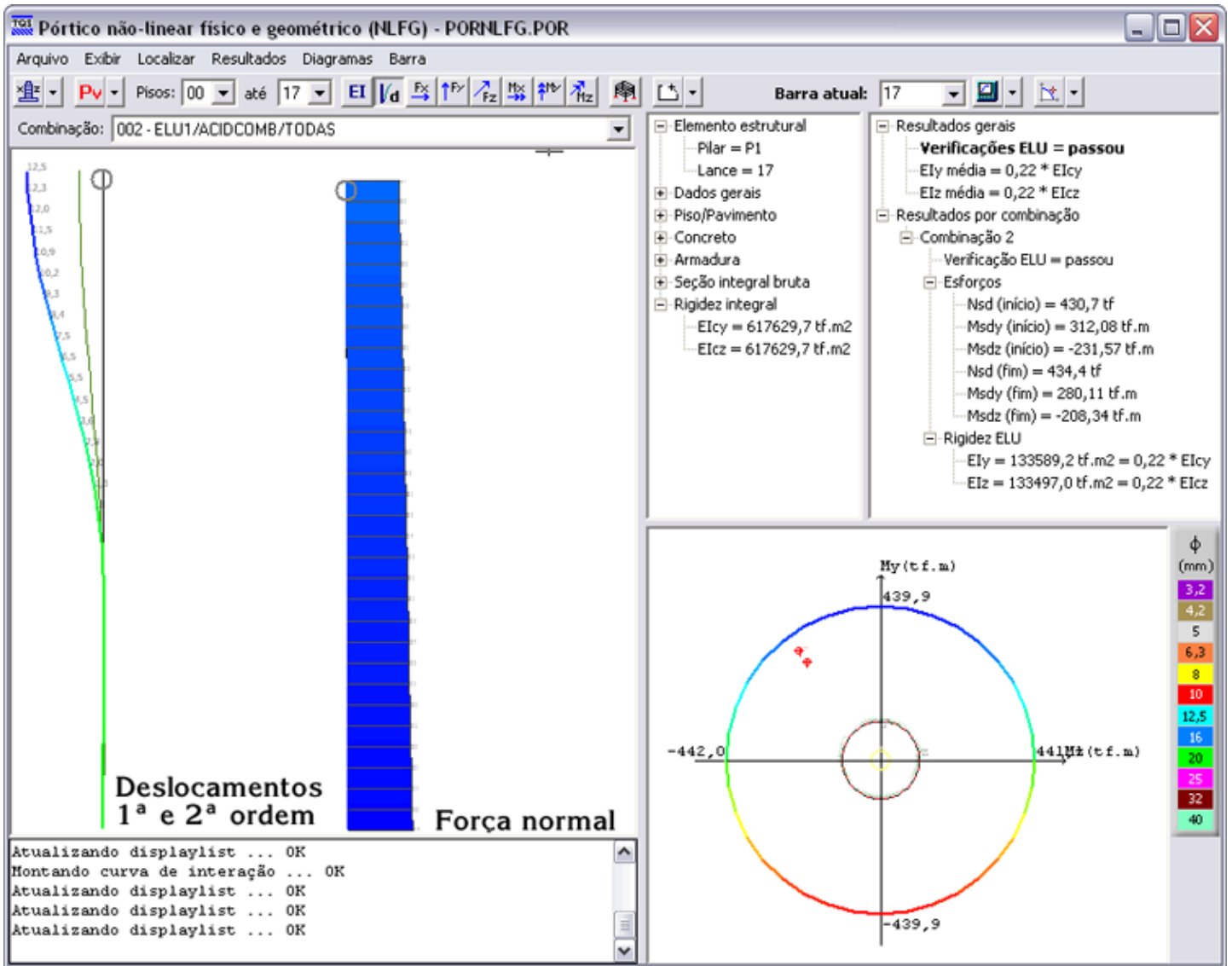


Seria possível fazer a análise também utilizando a rigidez obtida pela superfície N, M, 1/r para cada seção.



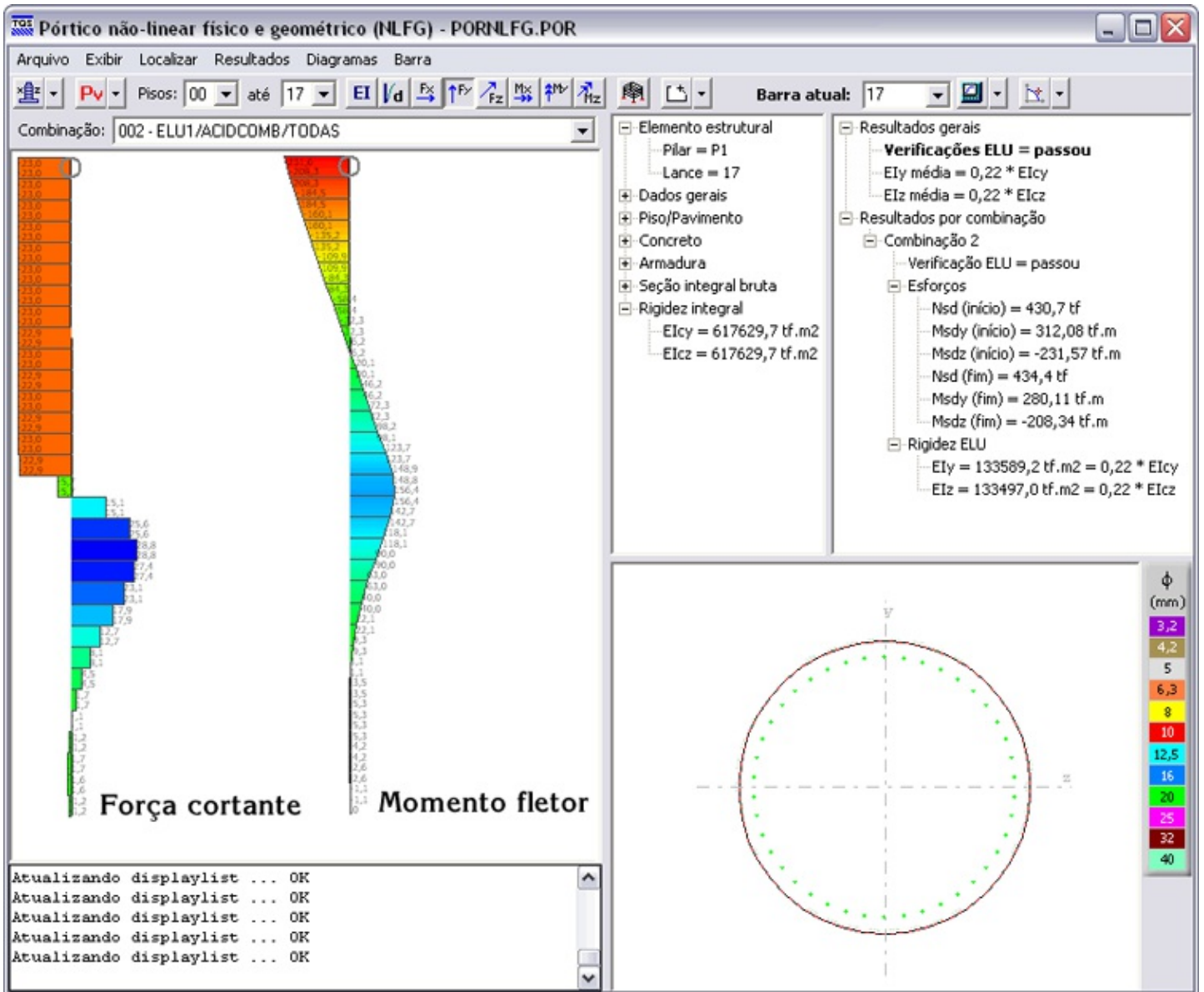
Dessa forma, rigidez média atingiria  $0,58 \cdot EI$ .

No visualizador de pórtico NLFG, é possível visualizar os diagramas de deslocamentos (1ª e 2ª ordem) e força normal (NSd = 430,7 tf no topo e NSd = 539,8 tf na base).

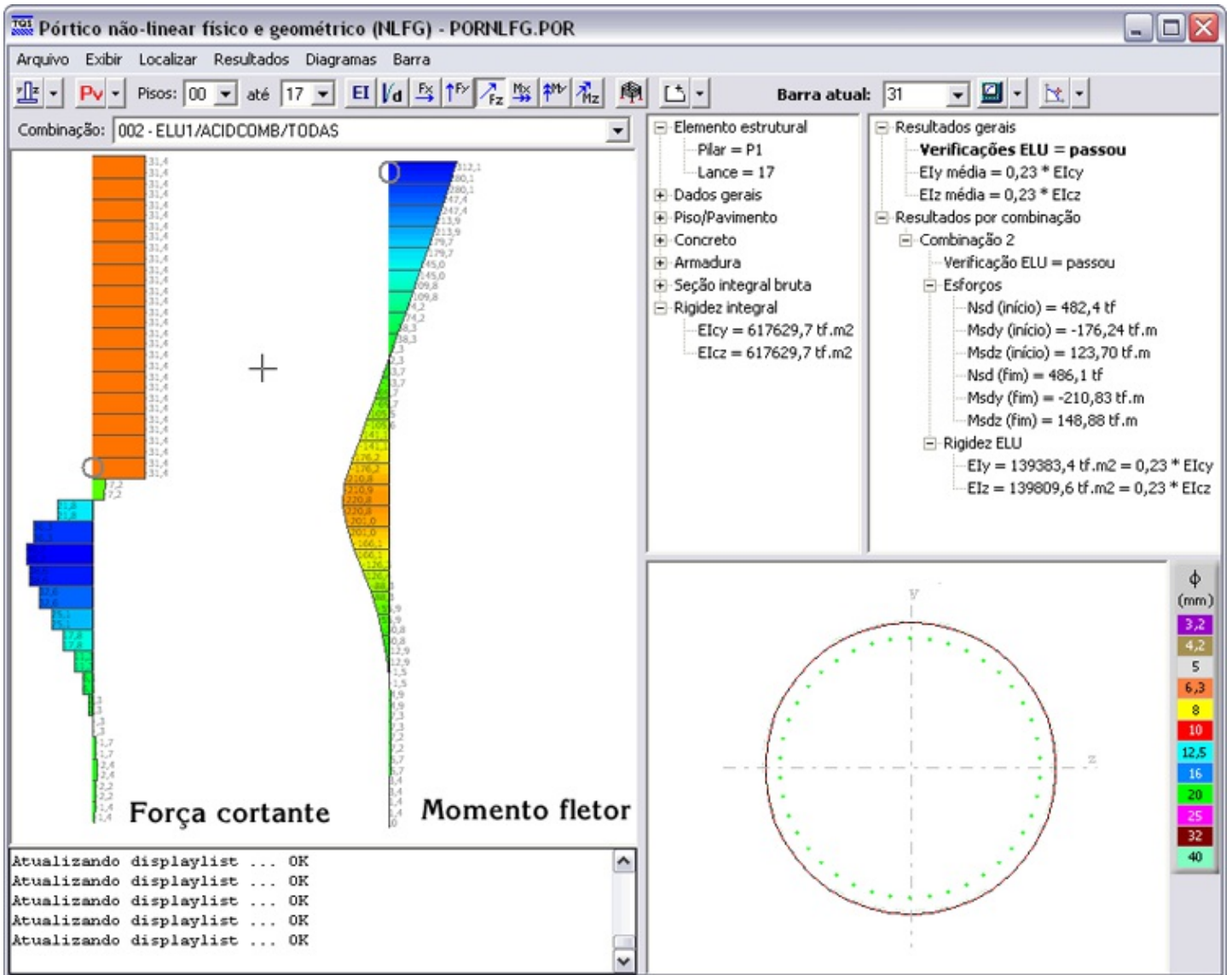


Força cortante ( $V_{Sd} = -23,0$  no topo) e momento fletor numa direção ( $M_{Sd} = -231,6$  tf.m no topo e  $M_{Sd} = 156,4$  tf.m junto ao topo do solo submerso).

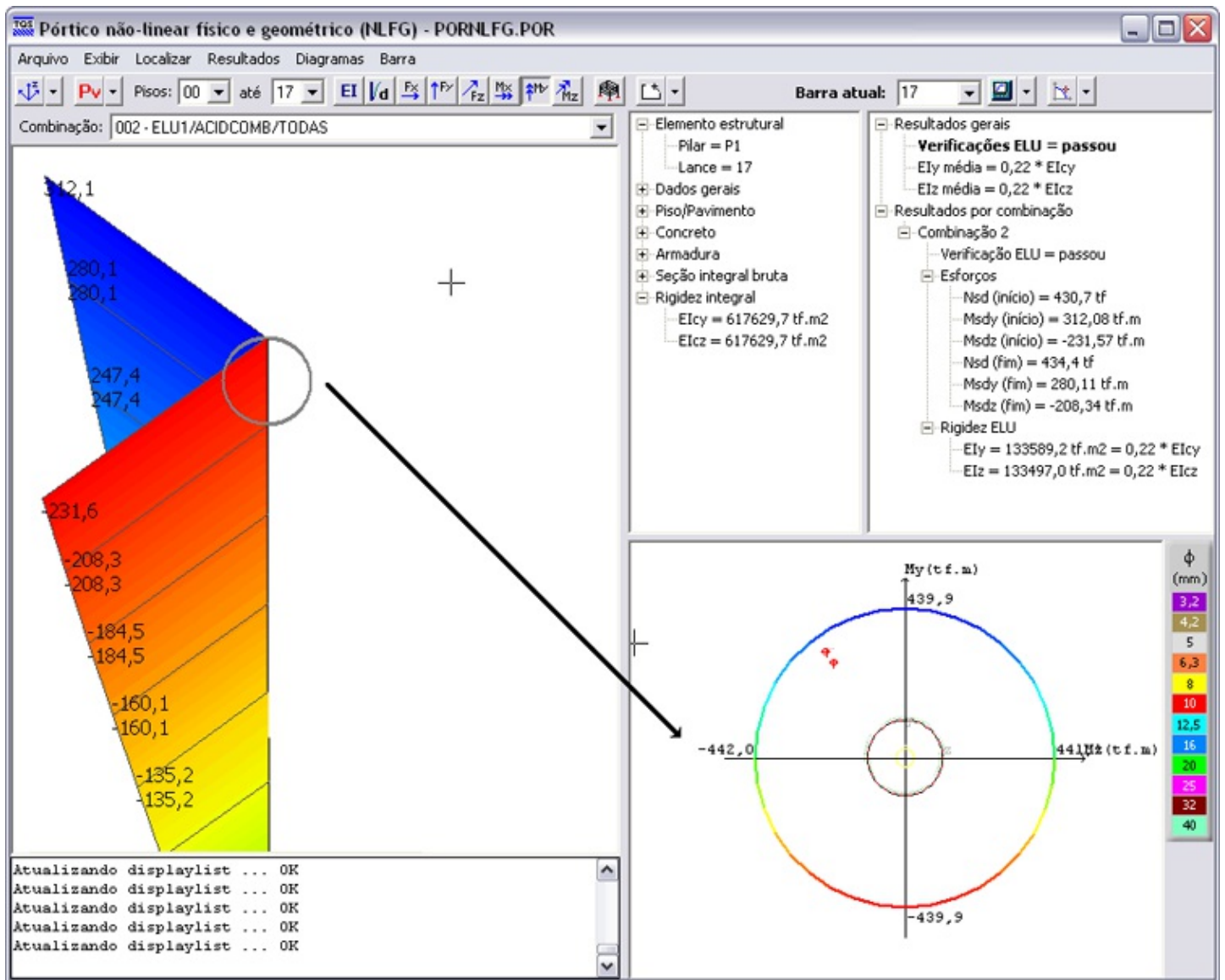




Força cortante ( $V_{sd} = -31,4$  no topo) e momento fletor na outra direção ( $M_{sd} = 312,1$  tf.m no topo e  $M_{sd} = -220,8$  tf.m junto ao topo do solo submerso).



A seção crítica é a do topo, cuja curva de interação é apresentada a seguir.



Fazendo alguns processamentos iterativos, a carga normal crítica que gera a ruptura no topo (e não a perda de instabilidade) fica em torno de  $N_{sd} = 900$  tf, mantendo-se todas as demais condições (vinculações, forças horizontais e momentos fletores no topo).

**IMPORTANTE:** os valores apresentados anteriormente neste artigo devem ser devidamente verificados, pois não foi feita nenhuma validação cuidadosa dos dados inseridos no sistema. O exemplo anterior foi feito apenas para ilustrar o funcionamento e a abrangência do pórtico não-linear físico e geométrico (NLFG).