



1ª Prova de EDI-49 Concreto Estrutural II

Parte teórica

Prof. Flávio Mendes Neto

Abril de 2016

Consulta permitida ao formulário básico, sem anotações suplementares. A interpretação das questões faz parte da prova. Justifique cientificamente suas afirmações. Esta prova tem 1 folha e 4 questões.

(duração máxima sugerida: 1 h 30 min)

1ª Questão Considerando o dimensionamento de uma seção crítica de uma peça de concreto protendido, visualizado com a Região Viável ($e \times 1/F_i$), aborde as consequências da escolha, prévia, das dimensões (e eventualmente do formato) da seção transversal: seria possível generalizar? Formato da seção e dimensões?

2ª Questão Discuta a minimização do custo da armadura longitudinal de vigas considerando a sua necessidade ao longo do perfil longitudinal. Inclua em sua argumentação a questão da ancoragem da armadura.

3ª Questão Analise e discorra sobre a afirmação seguinte, definindo apropriadamente os conceitos envolvidos: A “Transformação Linear” de uma Trajetória Concordante sempre gera outra Trajetória Concordante.

4ª Questão Defina os Estádios I, II e III para o Concreto Armado e opine sobre a mudança de paradigma adotada pela Norma quando o dimensionamento foi “transferido” para o Estádio III.

Questão	1	2	3	4
Valor	2,0	1,0	1,0	1,0

/F_MN/SWP3.5

Alguns resultados e comentários

1ª Questão Questão “aberta” de concreto protendido, onde esperava-se a discussão, técnica, de quais as consequências para o dimensionamento de UMA seção transversal quando não se escolhe, previamente, o formato ou as dimensões da seção transversal. Naturalmente podem haver consequências para o projeto como um todo na medida em que o peso próprio da estrutura é uma parcela dos carregamentos, e frequentemente não desprezível. O foco, entretanto, deveria ser dado na transformação de um problema linear (Diagrama de Magnel) em um fortemente não linear e, assim, dirigir as discussões para medidas efetivas e viáveis de enfrentamento do problema.

2ª Questão Questão aberta de concreto armado, com foco no projeto e na otimização, prática, da área de armadura longitudinal permitindo comentários direcionados ao projeto.

3ª Questão A definição dos conceitos (trajetória concordante e não concordante, transformação linear) era esperada. A afirmação é naturalmente falsa e a prova, geral, é de simples formulação.

4ª Questão Outra questão de projeto de concreto armado, com tópicos discutidos em sala de aula.



1ª Prova de EDI-49 Concreto Estrutural II

Prof. Flávio Mendes Neto

Abril de 2016

Consulta livre (menos a seres humanos, próximos ou distantes), utilização de softwares gerais liberada, incluindo o EdPol. Utilização de programas e planilhas previamente confeccionados pelo próprio aluno liberada (entregar cópia eletrônica ao final da prova, inclusive dos arquivos de dados e de resultados). A interpretação das questões faz parte da prova. Justifique cientificamente suas afirmações e comente, criticamente, todos os resultados obtidos.

Parte numérica: duração máxima sugerida de 2 h 30 min

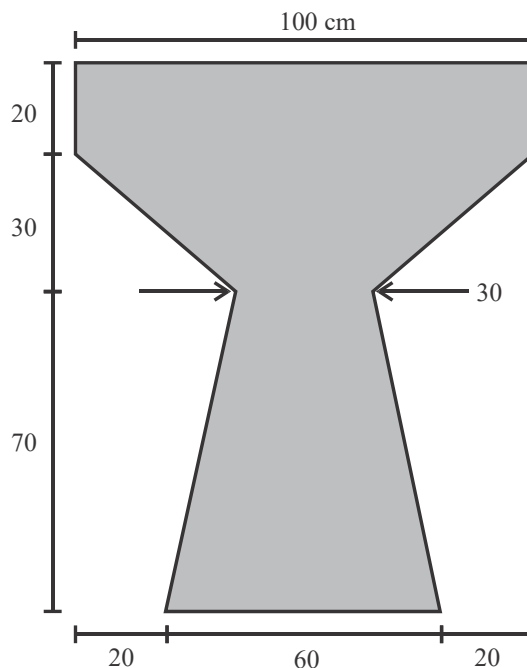
5ª Questão Considere uma viga com seção transversal constante esquematizada na figura. Utilize os seguintes dados:

- Comprimento total da viga $L = 800$ cm.
- Peso específico do concreto: $\gamma_{\text{con}} = 2,5 \times 10^{-8}$ MN/cm³.
- Distância mínima do CG da armadura à borda mais próxima: $d'_{p,\text{min}} = 10$ cm.
- Fases de carregamento (considere, **também**, o peso próprio $g = A_c \cdot \gamma_{\text{con}}$):

Fase	Limites de tensão (MN/cm ²)		Perdas de protensão (%)	Carregamento q de utilização (MN/cm)
	Mínimo	Máximo		
(i) Inicial ($p = g$)	$-1,00 \times 10^{-4}$	$+2,60 \times 10^{-3}$	0	0
(r) Intermediária ($p = g + q$)	$-2,00 \times 10^{-4}$	$+3,20 \times 10^{-3}$	18	$7,50 \times 10^{-4}$
(f) Final ($p = g + q$)	$-3,00 \times 10^{-4}$	$+4,30 \times 10^{-3}$	22	$1,42 \times 10^{-3}$

Pede-se a determinação da força de protensão inicial F_i , suposta constante, e de uma trajetória $e(x)$, para:

- Viga isostática sem balanços.
- Viga hiperestática, sem balanços, com 4 apoios igualmente espaçados.



Questão	5a	5b
Valor	2,0	3,0

/F_MN/SWP3.5

Alguns resultados e comentários

5ª Questão

Os carregamentos totais nas três fases apresentadas (considerando peso próprio e utilização) são, respectivamente (em kN/cm): 0,17750; 0,92750 e 1,5975.

a) Considerando a viga como isostática sem balanços, os momentos fletores são sempre positivos e a seção crítica é a do meio do vão. Os momentos fletores (em MN·cm) são, respectivamente: 14,2; 74,2 e 127,8.

A seguir são apresentadas as inequações da Região Viável que tem aceita a mínima força de $F_i = 1,545963$ MN com uma excentricidade $e = 49,395898$ cm.

Mantendo esta força e verificando-se as demais seções (a título de exemplo a viga foi dividida em 10 partes com aproveitamento da simetria longitudinal), percebe-se que há uma região viável mas que a solução de um cabo único horizontal não é possível. Como não se sabe se a armadura é pré ou pós-tracionada (não há esta informação no enunciado), ainda que uma ou outra escolha fosse possível, é de se estranhar que nenhum comentário fosse feito sobre uma ou outra solução, mesmo que a obtenção da trajetória $e(x)$ ficasse restrita a um único tipo.

No caso de trajetórias poligonais considerando uma armadura pré-tracionada, seria de se esperar o mínimo número de inflexões, por conta da economia. No caso de trajetórias polinomiais (parábola?) considerando armaduras pós-tracionada, seria de se esperar a garantia de que todas as demais seções estivessem dentro da Região Limite.

Programa ConPro (C) 1995 by FMN-Soft

Processando o Arquivo: e49p116q.cp

Unidade basica de forza : MN
de comprimento : cm

Os resultados serao mostrados com 6 casas

Arquivo com os dados do poligono: e49p116q.POL

Caracteristicas geometricas do poligono:

Area = 7100.000000 cm²
Inercia = 10002652.582160 cm⁴ (Ixx)
Yb = 68.873239 cm Yt = 51.126761 cm
kb = 27.555517 cm kt = 20.455322 cm
Wb = 145232.788003 cm³ Wt = 195644.168962 cm³

Distancia do CG de Ap aa borda mais proxima: dp = 10.000000 cm

Numero de fases criticas de carregamento: 3

Fase 1:

Tensao minima : -0.000100 MN/cm²
Tensao maxima : 0.002600 MN/cm²
Momento fletor : 14.200000 MN.cm
Perda protensao : 1.000000 (0.00 %)

Fase 2:

Tensao minima : -0.000200 MN/cm²
Tensao maxima : 0.003200 MN/cm²
Momento fletor : 74.200000 MN.cm
Perda protensao : 0.820000 (18.00 %)

Fase 3:

Tensao minima : -0.000300 MN/cm²
Tensao maxima : 0.004300 MN/cm²
Momento fletor : 127.800000 MN.cm
Perda protensao : 0.780000 (22.00 %)

Inequacoes (vide notas de aula)

e (cm) 1/F (1/MN)

e >= -0.323279 *1/F -20.455322 [reta II(a)]
e <= 391.805249 *1/F -20.455322 [reta II(b)]
e <= 33.764417 *1/F + 27.555517 [reta II(c)]
e >= -494.474839 *1/F + 27.555517 [reta II(d)]
e >= 55.065174 *1/F -20.455322 [reta II(a')]
e <= 657.249904 *1/F -20.455322 [reta II(b')]
e <= 138.205895 *1/F + 27.555517 [reta II(c')]
e >= -673.001635 *1/F + 27.555517 [reta II(d')]
e >= 107.987389 *1/F -20.455322 [reta II(a'')]
e <= 964.488447 *1/F -20.455322 [reta II(b'')]
e <= 239.093911 *1/F + 27.555517 [reta II(c'')]

E49P116Q.RES

e >= -914.705034 *1/F + 27.555517 [reta II(d'')]]
 e >= -41.126761 [reta III (a)]
 e <= + 58.873239 [reta III (b)]

Regiao viavel:

e (cm) 1/F (1/MN)

1/F= 0.134093 e= 32.083095 reta i= II(b) reta j= II(c)
 1/F= 0.054171 e= 0.769231 reta i= II(b) reta j= II(d)
 1/F= 0.646846 e= 49.395898 reta i= II(c) reta j= II(a'')
 1/F= 0.079691 e= -11.849695 reta i= II(d) reta j= II(a'')

Forca minima de protensao : 1.545963 MN 1/Fmin= 0.646846 1/MN
 Excentricidade correspondente : 49.395898 cm

Tensoes na secao fornecida:

F= 1.545963 MN e= 49.395898 cm
 ** Fase 1: Sb= 0.000646 MN/cm2 St= -0.000100 MN/cm2
 ** Fase 2: Sb= 0.000099 MN/cm2 St= 0.000238 MN/cm2
 ** Fase 3: Sb= -0.000300 MN/cm2 St= 0.000519 MN/cm2

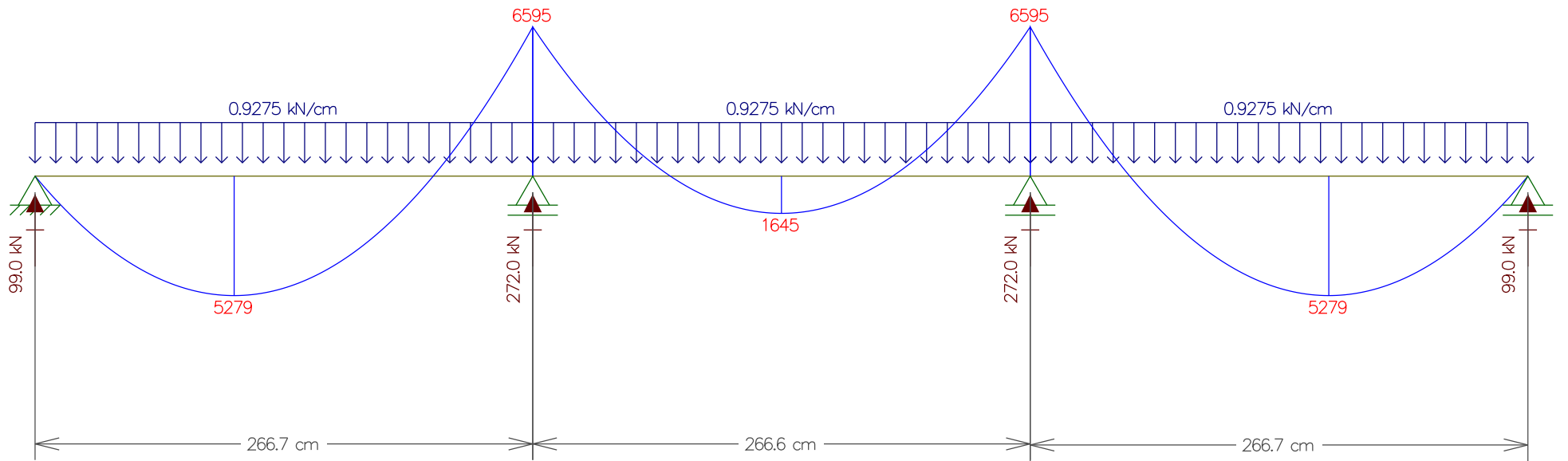
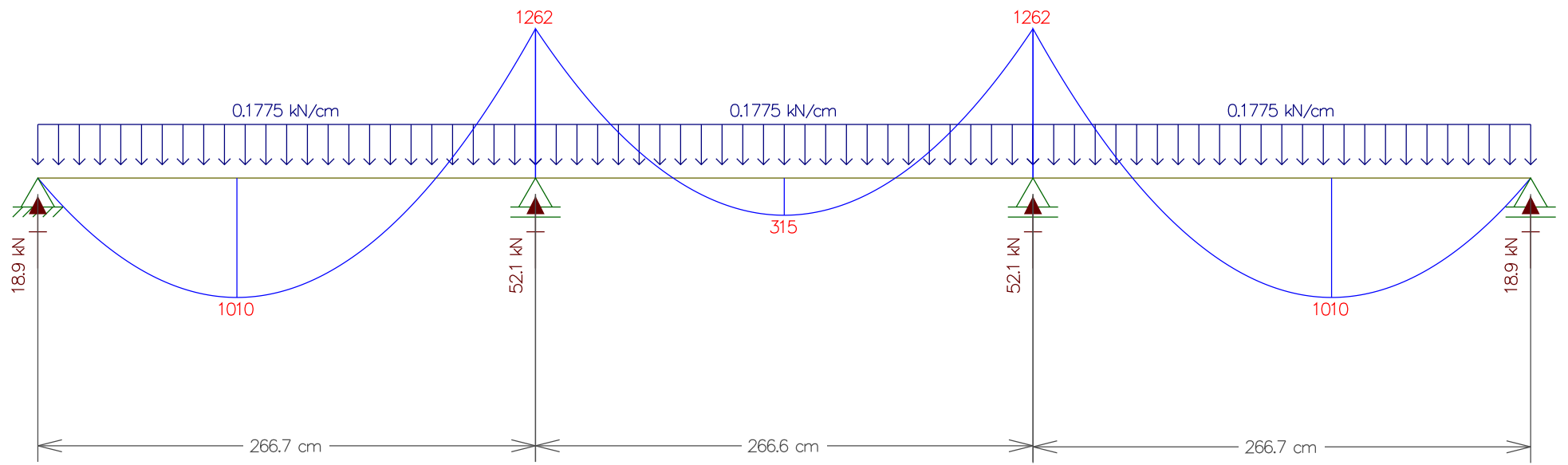
Mantendo Fminimo= 1.545963 e mudando os momentos
 Dividindo uma viga isostatica em 10 trechos: (aproveitando a simetria)

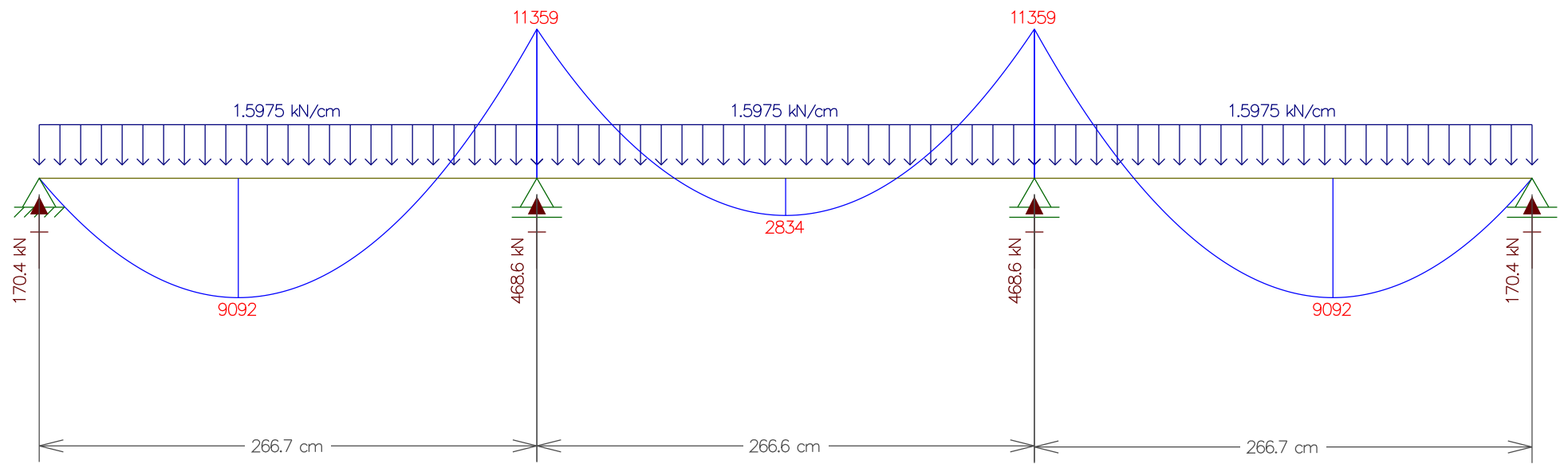
Trecho 0 : x/L= 0.000000 M(1) = 0.000000 M(2) = 0.000000 M(3) =
 0.000000
 -29.849648 <= e <= 40.210683 cm
 Trecho 1 : x/L= 0.100000 M(1) = 5.112000 M(2) = 26.712000 M(3) =
 46.008000
 -18.433378 <= e <= 43.517360 cm
 Trecho 2 : x/L= 0.200000 M(1) = 9.088000 M(2) = 47.488000 M(3) =
 81.792000
 11.241930 <= e <= 46.089220 cm
 Trecho 3 : x/L= 0.300000 M(1) = 11.928000 M(2) = 62.328000 M(3) =
 107.352000
 32.438579 <= e <= 47.926263 cm
 Trecho 4 : x/L= 0.400000 M(1) = 13.632000 M(2) = 71.232000 M(3) =
 122.688000
 45.156568 <= e <= 49.028489 cm
 Trecho 5 : x/L= 0.500000 M(1) = 14.200000 M(2) = 74.200000 M(3) =
 127.800000
 49.395898 <= e <= 49.395898 cm

5ª Questão

b) A seguir são apresentados os diagramas de momento fletor da viga hiperestática. Escolhendo duas seções críticas por fase, uma para momento negativo e outra para momento positivo, foram determinadas as inequações da Região Viável. Observa-se a existência de uma Região Viável ilimitada superiormente, concluindo pela falta de necessidade de força de protensão ($1/F_i \rightarrow \infty$, ou seja, $F_i = 0$). Este resultado, inesperado, ainda que consistente com os baixos valores de momento fletor, indica que não há que se preocupar com a trajetória (pragmaticamente nula $e(x) \equiv 0$). Esta viga não necessita, portanto, da aplicação de protensão.

Soluções que optaram por escolher, inicialmente, a trajetória $e(x)$ deveriam necessariamente se preocupar com os momentos hiperestáticos. De qualquer forma todas as seções deveriam ser checadas, mesmo que a solução inicial só considerasse um sinal de momento fletor (?). Qualquer força de protensão positiva é, obviamente, anti-econômica.





Programa ConPro (C) 1995 by FMN-Soft

Processando o Arquivo: e49p116z.cp

Unidade basica de forca : MN
de comprimento : cm

Os resultados serao mostrados com 10 casas

Arquivo com os dados do poligono: e49p116q.POL

Caracteristicas geometricas do poligono:

Area = 7100.0000000000 cm2
Inercia = 10002652.5821596244 cm4 (Ixx)
Yb = 68.8732394366 cm Yt = 51.1267605634 cm
kb = 27.5555167553 cm kt = 20.4553222539 cm
Wb = 145232.7880027267 cm3 Wt = 195644.1689623508 cm3

Distancia do CG de Ap aa borda mais proxima: dp = 10.0000000000 cm

Numero de fases criticas de carregamento: 6

Fase 1:

Tensao minima : -0.0001000000 MN/cm2
Tensao maxima : 0.0026000000 MN/cm2
Momento fletor : -1.2620000000 MN.cm
Perda protensao : 1.0000000000 (0.00 %)

Fase 2:

Tensao minima : -0.0001000000 MN/cm2
Tensao maxima : 0.0026000000 MN/cm2
Momento fletor : 1.0100000000 MN.cm
Perda protensao : 1.0000000000 (0.00 %)

Fase 3:

Tensao minima : -0.0002000000 MN/cm2
Tensao maxima : 0.0032000000 MN/cm2
Momento fletor : -6.5950000000 MN.cm
Perda protensao : 0.8200000000 (18.00 %)

Fase 4:

Tensao minima : -0.0002000000 MN/cm2
Tensao maxima : 0.0032000000 MN/cm2
Momento fletor : 5.2790000000 MN.cm
Perda protensao : 0.8200000000 (18.00 %)

Fase 5:

Tensao minima : -0.0003000000 MN/cm2
Tensao maxima : 0.0043000000 MN/cm2
Momento fletor : -11.3590000000 MN.cm
Perda protensao : 0.7800000000 (22.00 %)

Fase 6:

Tensao minima : -0.0003000000 MN/cm2
 Tensao maxima : 0.0043000000 MN/cm2
 Momento fletor : 9.0920000000 MN.cm
 Perda protensao : 0.7800000000 (22.00 %)

Inequacoes (vide notas de aula)

e (cm) 1/F (1/MN)

e >= -15.7852788003 *1/F -20.4553222539 [reta II(a)]
 e <= 376.3432488071 *1/F -20.4553222539 [reta II(b)]
 e <= 18.3024168962 *1/F +27.5555167553 [reta II(c)]
 e >= -509.9368393021 *1/F +27.5555167553 [reta II(d)]
 e >= -13.5132788003 *1/F -20.4553222539 [reta II(a')]
 e <= 378.6152488071 *1/F -20.4553222539 [reta II(b')]
 e <= 20.5744168962 *1/F +27.5555167553 [reta II(c')]
 e >= -507.6648393021 *1/F +27.5555167553 [reta II(d')]
 e >= -43.4653141470 *1/F -20.4553222539 [reta II(a'')]
 e <= 558.7194165960 *1/F -20.4553222539 [reta II(b'')]
 e <= 39.6754070640 *1/F +27.5555167553 [reta II(c'')]
 e >= -771.5321227799 *1/F +27.5555167553 [reta II(d'')]
 e >= -28.9848263421 *1/F -20.4553222539 [reta II(a''')]
 e <= 573.1999044009 *1/F -20.4553222539 [reta II(b''')]
 e <= 54.1558948689 *1/F +27.5555167553 [reta II(c''')]
 e >= -757.0516349750 *1/F +27.5555167553 [reta II(d''')]
 e >= -70.4215851293 *1/F -20.4553222539 [reta II(a'''')]
 e <= 786.0794723227 *1/F -20.4553222539 [reta II(b'''')]
 e <= 60.6849367804 *1/F +27.5555167553 [reta II(c'''')]
 e >= -1093.1140083822 *1/F +27.5555167553 [reta II(d'''')]
 e >= -44.2023543600 *1/F -20.4553222539 [reta II(a''''')]
 e <= 812.2987030920 *1/F -20.4553222539 [reta II(b''''')]
 e <= 86.9041675496 *1/F +27.5555167553 [reta II(c''''')]
 e >= -1066.8947776130 *1/F +27.5555167553 [reta II(d''''')]
 e >= -41.1267605634 [reta III (a)]
 e <= +58.8732394366 [reta III (b)]

"Regiao viavel":

e (cm) 1/F (1/MN)

1/F= 0.1340931948 e= 30.0097463089 reta i= II(b) reta j= II(c)
 1/F= 0.0543104069 e= -0.0159672596 reta i= II(b) reta j= II(d')
 1/F= 1.7111249765 e= 58.8732394366 reta i= II(c) reta j= III (b)
 1/F= 0.0971581248 e= -21.7682470827 reta i= II(a') reta j= II(d')
 1/F= 1.5297130041 e= -41.1267605634 reta i= II(a') reta j= III (a)

E49P116final.RES

Pode-se mostrar que a "Região Viável" acima não é limitada de forma que $F=0$ é uma solução ($1/F$ ilimitado superiormente).

Tensoes na secao fornecida:

$F= 0.0000000000$ MN e $e= 0.0000000000$ cm

** Fase 1: $S_b= 0.0000086895$ MN/cm² $S_t= -0.0000064505$ MN/cm²

** Fase 2: $S_b= -0.0000069544$ MN/cm² $S_t= 0.0000051624$ MN/cm²

** Fase 3: $S_b= 0.0000454099$ MN/cm² $S_t= -0.0000337092$ MN/cm²

** Fase 4: $S_b= -0.0000363485$ MN/cm² $S_t= 0.0000269827$ MN/cm²

** Fase 5: $S_b= 0.0000782124$ MN/cm² $S_t= -0.0000580595$ MN/cm²

** Fase 6: $S_b= -0.0000626029$ MN/cm² $S_t= 0.0000464721$ MN/cm²