

228-000

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE
PÔRTICOS PLANOS PROTENDIDOS

AUTOR: ENG^o JOÃO AMILTON MENDES
ORIENTADOR: PROF. DR. ILIO MONTANARI

DEPARTAMENTO DE ESTRUTURAS
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ESTRUTURAS

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE
PÓRTICOS PLANOS PROTENDIDOS

ENGº JOÃO AMILTON MENDES

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de "Mestre em Engenharia de Estruturas".

COMISSÃO EXAMINADORA:

TITULARES:

PROF. DR. ILIO MONTANARI - Orientador (EESC-USP)
PROF. DR. DANTE A.O. MARTINELLI (EESC-USP)
PROF. DR. JOSÉ LOURENÇO B.A. CASTANHO (EPUSP)

SUPLENTE:

PROF. DR. MOUNIR KHALIL EL DEBS (UFSCar)
PROF. DR. ALUISIO ERNESTO ASSAN (FEL-UNICAMP)

DEPARTAMENTO DE ESTRUTURAS
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

SÃO CARLOS, JANEIRO DE 1988.

À minha esposa

Marjorie Bitencourt Emilio Mendes

Aos meus filhos

Jessica, Yasmine e Erick Emilio Mendes

Aos meus pais

Laura Moritz e João Antunes Mendes

Aos meus sogros

Lindamir Bitencourt e Sylvio Ferreira Emilio

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Ilio Montanari, pelo acompanhamento e orientação segura durante a execução desta pesquisa.

Aos professores do Departamento de Engenharia da UEPG - Universidade Estadual de Ponta Grossa, pelas providências durante a minha ausência, pelo incentivo e pelo apoio recebido.

Ao ex-Reitor da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Prof. Ewaldo Podolan, pela autorização para realizarmos este Curso de Mestrado.

Ao Prof. João Lubczyk, atual Reitor da Universidade Estadual de Ponta Grossa e demais autoridades universitárias que direta ou indiretamente garantiram a minha dedicação exclusiva para esta pesquisa.

À CAPES - Coordenadoria de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior, na pessoa do seu Coordenador, Prof. Edson Machado de Souza, pela concessão de bolsa de estudos durante o curso.

À Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, em particular ao programa de Mestrado em Engenharia de Estruturas, nas pessoas do Coordenador Prof. Dr. José Elias Laier e do Chefe do Departamento de Estruturas, Prof. Dr. Walter Savassi, pelos meios e facilidades concedidas para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Laboratório de Computação do Departamento de Estruturas da Escola de Engenharia de São Carlos nas pessoas dos Profs. Márcio R. Silva Corrêa e Norberto Costardi, pelas sugestões de operação com o micro-computador e com a impressora.

Ao Prof. Toshiaki Takeya, da EESC-USP, pelas informações necessárias ao processamento do exemplo 2.

À Srta. Silvana Flores e ao Sr. Rui Roberto Casale, pelo excelente trabalho de datilografia.

Ao Sr. João Paulo Moretti, pela eficiência com que elaborou os desenhos.

À Sra. Maria Nadir Minatel, pela organização bibliográfica.

Aos colegas de pós-graduação, professores e funcionários do SET, pelo convívio cordial durante a realização do curso de Mestrado.

R E S U M O

O presente trabalho trata da análise de pórticos planos protendidos, tomando como parâmetros necessários a geometria do pórtico, a resistência do concreto que o constitui, a envoltória dos esforços solicitantes, as propriedades mecânicas e geométricas dos cabos de protensão e as forças de protensão nas ancoragens ativas.

A programação permite a análise de pórticos planos com apoios engastados, apoios rotulados e apoios móveis com direção de movimento paralela a pelo menos um dos eixos cartesianos ortogonais. Pórticos com peças inclinadas em relação aos eixos, também podem ser analisados, desde que não possuam cabos nas peças inclinadas. Os cabos de protensão devem localizar-se em peças paralelas a um dos eixos cartesianos. É aplicável também, para vigas contínuas, pois estas são casos particulares de pórticos, quando todas as barras possuem mesma direção.

Foram utilizadas, no seu desenvolvimento, técnicas da análise matricial de estruturas a partir do processo dos deslocamentos.

Desenvolveram-se algoritmos de cálculo que foram transformados em programas para processamento em micro-computadores PC-16 bites, com 256 Kbytes de memória central. A linguagem computacional utilizada é a Fortran-77.

Após o processamento dos programas integrados obtêm-se os esforços solicitantes oriundos da protensão: momentos fletores, forças normais e forças cortantes, para cada seção transversal analisada. Com os esforços de protensão, os esforços da carga permanente e os esforços das envoltórias, calculam-se para cada seção, as tensões normais na borda pré-comprimida e na borda oposta.

No final, são apresentados três exemplos de aplicação dos programas: um pórtico bi-articulado, uma viga bi-apoiada e um pórtico com três tramos.

A B S T R A C T

The present work is concerned with the analysis of prestressed plane frames, assuming as essential parameters the frame geometry, the concrete strength, the effort envelope, the mechanic and geometric properties of prestressed cables and the tensile force at active anchorages.

The generated code allows the plane frames analysis considering fixed and pinned supports and also free supports which show movements at the direction parallel to one of the cartesian axes. Frames with members inclined in relation to the axes may also be analysed when they do not have cables in the inclined members. The tendon must be placed in members which are parallel to one of the cartesian axes.

It is also directioned, to continuous beams which are particular cases of frame structures, when all beams are in the same direction.

In this development, structural matrix analysis techniques based on displacement process were adopted.

Numerical algorithms were developed and transformed into computer codes to be used in IBM-PC type micro-computers with 256 Kb central memory. Fortran-77 is the computer language used.

After running the computer code all efforts due to the prestressing are obtained: bending moments, normal and shear forces for all cross section under analysis. With the prestressing responses, efforts due to the dead load and the envelopes of total actions, the normal stresses on the pre-compressed and opposite edges are computed for every section.

Finally, three examples on the application of the computer code are shown: a two-pinned rectangular frame, a simply supported beam and a three-span rectangular frame.

S U M Á R I O

PARTE I: INTRODUÇÃO	I.1
1.1 - Tipos e características dos pórticos usuais...	I.1
1.2 - Algumas obras em pórtico protendido	I.5
1.3 - Detalhes construtivos	I.13
1.4 - Algumas ocorrências na análise estática dos pórticos planos protendidos	I.17
1.5 - Modelo de cálculo	I.20
1.6 - Simplificações utilizadas no modelo de cálculo	I.21
1.6.1 - Substituição da trajetória curva dos cabos por trajetória poligonal	I.21
1.6.2 - Substituição de barras de inércia variável por barras de inércia constante	I.26
1.7 - Discretização da estrutura	I.27
1.7.1 - Variação abrupta da seção ou início de mísula	I.27
1.7.2 - Ancoragem de cabos	I.28
1.7.3 - Variações bruscas nos diagramas de esforços solicitantes	I.28
1.7.4 - Um número mínimo de dez barras por tramo	I.29
1.7.5 - Trechos com concretos de diferentes características de resistência	I.30
PARTE II: ANÁLISE DAS TENSÕES RESISTENTES COM PRÉ-DETERMINAÇÃO DO FUSO LIMITE	II.1
2.1 - Convenção de sinais	II.1
2.2 - Equacionamento respeitando as tensões máximas no concreto	II.2
2.3 - Coordenadas dos vértices do fuso limite	II.6
2.4 - Intersecção das retas do fuso limite com os eixos MP e NP	II.9
2.5 - Distância horizontal entre as retas paralelas do fuso limite	II.11

2.6 - Possibilidades de protensão	II.12
2.7 - Programa FUSO.FOR	II.15
2.7.1 - Algoritmo do programa FUSO.FOR	II.15
2.7.2 - Entrada de dados para o programa FUSO.FOR	II.16
2.7.3 - Listagem do programa FUSO.FOR	II.18

PARTE III: OBTENÇÃO DOS ESFORÇOS SOLICITANTES DE PROTENSÃO POR PROCESSO DISCRETO

3.1 - Preliminares	III.1
3.2 - Coordenadas locais	III.1
3.3 - Coordenadas globais	III.2
3.4 - Tratamento matricial	III.3
3.5 - As matrizes $[MI]$, $[ANI]$ e $[VI]$	III.7
3.6 - Obtenção literal de $\{MP\}$, $\{NP\}$ e $\{VP\}$	III.11
3.7 - Programa LINPORT.FOR	III.13
3.7.1 - Algoritmo do programa LINPORT.FOR	III.13
3.7.2 - Entrada de dados para o programa LINPORT.FOR	III.13
3.7.3 - Listagem do programa LINPORT.FOR	III.14

PARTE IV: CÁLCULO DAS FORÇAS DE PROTENSÃO NO ATO DA PROTENSÃO CONSIDERANDO AS PERDAS POR ATRITO E ENCUNHAMENTO

4.1 - Preliminares	IV.1
4.2 - Influência das perdas por atrito	IV.2
4.2.1 - Perdas por atrito no trecho reto	IV.2
4.2.2 - Perdas por atrito na mudança de direção do cabo	IV.4
4.2.3 - Montagem do vetor $\{P\}_j$	IV.6
4.3 - Simplificação nos valores das forças de protensão nas seções	IV.12
4.4 - Perdas devido ao encunhamento	IV.14
4.4.1 - Preliminares	IV.14

4.4.2 - Obtenção de x_X e PX no modelo discreto	IV.16
4.4.3 - Exemplo de obtenção de x e PX	IV.18
4.5 - Exemplos de obtenção dos vetores $\{P\}_j$	IV.19
4.5.1 - Exemplo 4.1	IV.19
4.5.2 - Exemplo 4.2	IV.21

PARTE V: TRANSFORMAÇÃO DAS FORÇAS DE PROTENSÃO EM AÇÕES NODAIS NA ESTRUTURA E CÁLCULO DOS ESFORÇOS DE PROTENSÃO

	V.1
5.1 - Algumas considerações	V.1
5.2 - Forças de protensão aplicadas por um cabo numa barra I	V.3
5.2.1 - Ações nodais de protensão no nó inicial de uma barra I	V.4
5.2.2 - Ações nodais de protensão no nó final de uma barra I	V.6
5.3 - Cálculo dos esforços de protensão	V.11
5.4 - Cálculos das tensões normais nas bordas das seções	V.12
5.4.1 - Tensões dos esforços de protensão + esforços do carregamento permanente	V.12
5.4.2 - Tensões dos esforços de protensão + esforços da envoltória máxima	V.13
5.4.3 - Tensões dos esforços de protensão + esforços da envoltória mínima	V.13
5.5 - Convenção de sinais para excentricidades	V.14
5.6 - Programa VERIS.FOR	V.15
5.6.1 - Algoritmo do programa VERIS.FOR	V.15
5.6.2 - Entrada de dados para o programa VERIS.FOR	V.16
5.6.3 - Listagem do programa VERIS.FOR	V.19

PARTE VI: EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO DOS PROGRAMAS

	VI.1
6.1 - Exemplo 1 - Pórtico bi-articulado	VI.1
6.1.1 - Enunciado	VI.1
6.1.2 - Arquivos de entrada de dados	VI.4

6.1.3 - Listagem dos resultados	VI.6
6.1.4 - Análise dos resultados	VI.16
6.2 - Exemplo 2 - Viga bi-apoiada	VI.23
6.2.1 - Enunciado	VI.23
6.2.2 - Arquivos de entrada de dados	VI.25
6.2.3 - Listagem dos resultados	VI.32
6.2.4 - Análise dos resultados	VI.84
6.3 - Exemplo 3 - Pórtico de três tramos	VI.98
6.3.1 - Enunciado	VI.98
6.3.2 - Arquivo de entrada de dados	VI.100
6.3.3 - Listagem dos resultados	VI.106
6.3.4 - Análise dos resultados	VI.124
PARTE VII - CONSIDERAÇÕES FINAIS	VII.1
BIBLIOGRAFIA	VIII.1

NOTAÇÕES

Letras Romanas:

- A_c - Área da seção transversal da peça de concreto.
- $A_{p,j}$ - Área da seção transversal de aço do cabo j.
- A_x - Área da seção transversal da barra, na metade de seu comprimento.
- $BARI_j$ - Número de barra, onde na sua seção inicial é ancorado o cabo j.
- $BARF_j$ - Número da barra, onde na sua seção final é ancorado o cabo j.
- CA - Variável usada na programação para representar o coeficiente de atrito μ .
- $DELTE T_k$ - Ângulo de desvio, no nó k, de um cabo poligonal.
- E - Esforços solicitantes.
- E_c - Módulo de deformação longitudinal do concreto.
- $E_{p,j}$ - Módulo de deformação longitudinal do aço que constitui o cabo j.
- ex_s - Excentricidade do cabo numa seção s, em relação ao eixo longitudinal que passa pelo centro de gravidade da seção s.
- f - Flecha de cabos parabólicos.
- f_{ck} - Resistência característica do concreto à compressão.
- f_{ckj} - Resistência característica do concreto prevista para os j dias de idade.
- f_{tk} - Resistência característica do concreto à tração.
- f_n - Ação nodal aplicada por um cabo segundo a coordenada n.
- g - Carga permanente.

- h_i - Distância da borda inferior ao baricentro da seção.
 h_s - Distância da borda superior ao baricentro da seção.
 I_z - Momento de inércia da seção transversal da barra, em relação ao eixo z (horizontal, pelo CG da seção e situado no plano da seção).
 i - Barra qualquer do pórtico.
 j - Nó inicial de uma barra; cabo; idade do concreto em dias.
 k - Nó do pórtico; coeficiente de perda por atrito, por metro, provocada por curvaturas não intencionais do cabo.
 l - vão teórico de tramo de viga.
 lb_i - Comprimento de uma barra discreta i .
 lc_i - Comprimento do cabo considerado na barra i .
 M_{comp} - Valor do momento fletor calculado com a força distribuída u , aplicada por um cabo parabólico, numa viga de um tramo:
 - para viga bi-engastada é o momento no engaste;
 - para viga simplesmente apoiada é a diferença entre o momento central e o momento no apoio.
 M_{COMP} - Idem ao anterior, porém calculado com forças concentradas nos vértices de um polígono, cujo formato substitui a trajetória curva do cabo.
 M_g - Momentos fletores da carga permanente.
 $M_{máx}$ - Envoltória dos maiores momentos fletores que ocorrem na estrutura considerando o sinal, excluindo os momentos da protensão.
 $M_{mín}$ - Envoltória dos menores momentos que ocorrem na estrutura considerando o sinal, excluindo os momentos da protensão.
 MP_s - Momento fletor numa seção s , gerado pela protensão.
 MPA_s - Momento fletor numa seção s , gerado pelo efeito de todos os cabos da estrutura.
 NB - O mesmo que nb - número total de barras existentes na estrutura (pórtico ou viga).

- NBPI - Número da barra, onde na sua seção final ocorre o ponto de imobilização.
- NCAB - Número de cabos de protensão existentes no pórtico.
- N_g - Esforços normais da carga permanente.
- $N_{m\acute{a}x}$ - Envoltória de esforços normais associados aos $M_{m\acute{a}x}$.
- $N_{m\acute{i}n}$ - Envoltória de esforços normais associados aos $M_{m\acute{i}n}$.
- NNOS - Número de nós do pórtico.
- NP_s - Esforço normal numa seção s , gerado pela protensão.
- NPA_s - Esforço normal numa seção s , gerado pelo efeito de todos os cabos da estrutura.
- NS - Número de seções do pórtico, definidas pela discretização.
- nv - Número de desvios na trajetória de um cabo poligonal.
- P - Força de protensão.
- P_s - Valor da força de protensão do cabo j , na seção s .
- PM_j - Força de protensão aplicada pelo macaco, no cabo j .
- $PANC_j$ - Força de protensão na ancoragem ativa do cabo j após a acomodação dessa ancoragem.
- $PROT_j$ - Número que indica se a protensão é pelo início do cabo, pelo fim ou pelos dois extremos.
- q - Carga accidental.
- RD_n - Restrição ao deslocamento de um apoio segundo a coordenada global n .
- s - Seção qualquer do pórtico.
- $TGBI_s$ - Tensão normal na borda "inferior" da seção s , devido a combinação da carga permanente com a protensão.
- $TGBS_s$ - Tensão normal na borda "superior" da seção s , devido a combinação da carga permanente com a protensão.
- $TMABI_s$ - Tensão normal na borda "inferior" da seção s , devido a combinação dos esforços de protensão com os esforços da envoltória de máximos.

- TMABS_s - Tensão normal na borda "superior" da seção s, devido a combinação dos esforços de protensão com os esforços da envoltória de máximos.
- TMIBI_s - Tensão normal na borda "inferior" da seção s, devido a combinação dos esforços de protensão com os esforços da envoltória de mínimos.
- TMIBS_s - Tensão normal na borda "superior" da seção s, devido a combinação dos esforços de protensão, com os esforços da envoltória de mínimos.
- u - Força distribuída uniforme, perpendicular ao eixo longitudinal de uma barra, aplicada por um cabo de protensão.
- v - Unidade de saída dos resultados do processamento.
- VP_s - Esforço cortante numa seção s, gerado pela protensão.
- VPA_s - Esforço cortante numa seção s, gerado pelo efeito de todos os cabos da estrutura.
- w_i - Módulo de resistência de uma seção, relativo à borda inferior.
- w_s - Módulo de resistência de uma seção, relativo à borda superior.
- x - Abcissa que indica a posição de um nó da estrutura.
- y - Ordenada que indica a posição de um nó da estrutura.
- z - eixo horizontal que passa pelo CG da seção e situado no plano da seção; distância do plano dos cabos ao plano da estrutura.

Letras Gregas:

- α_i - Ângulo entre o eixo da barra i e o eixo horizontal x ;
- α_{ci} - Ângulo entre o eixo do cabo e o eixo da barra i.

- α_i - Deflexão na trajetória de um cabo poligonal.
- γ_f - Coeficiente de ponderação das forças que solicitam a estrutura, excluindo a protensão.
- γ_p - Coeficiente de ponderação das forças de protensão.
- δ_i - Encurtamento que sofre o cabo j após a cravação das cunhas de ancoragem.
- μ - Coeficiente de atrito entre cabo e bainha.
- σ - Tensão normal
- σ_{cadm} - Tensão máxima de compressão no concreto.
- σ_{tadm} - Tensão máxima de tração no concreto.

PARTE I

INTRODUÇÃO

1.1 - TIPOS E CARACTERÍSTICAS DOS PÓRTICOS USUAIS

Dentre os sistemas estruturais lineares existentes na Engenharia Civil, destacam-se os pórticos pela vantagem de um funcionamento conjunto de seus elementos.

Os pórticos quando protendidos, conseguem vencer grandes vãos e suportar grandes cargas permanentes e de utilização. Daí a possibilidade de serem empregados na construção de pontes, viadutos, edifícios comerciais e edifícios-garagens. Logicamente, sua aplicação se estende a outras obras de Engenharia Civil, como coberturas, passarelas, obras de contenção, etc., dependendo da criatividade da equipe de projetistas e das peculiaridades de cada projeto.

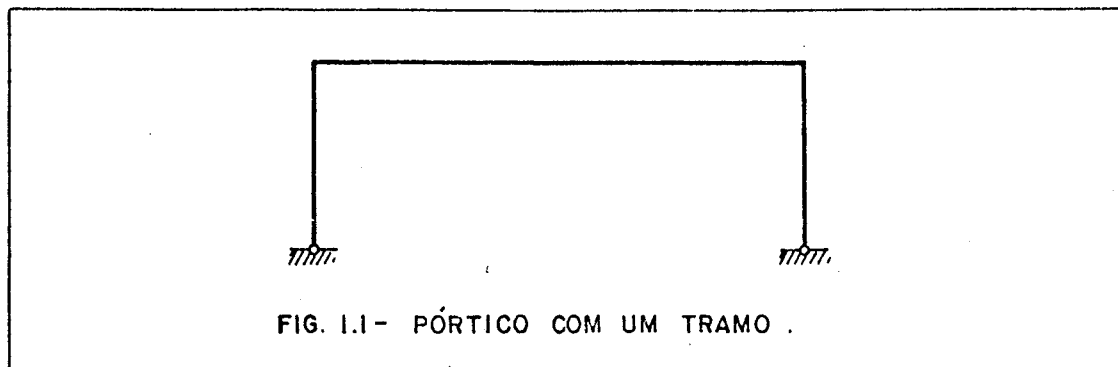
Os tipos de pórticos usuais são:

a) Pórtico com um tramo (vide figura 1.1).

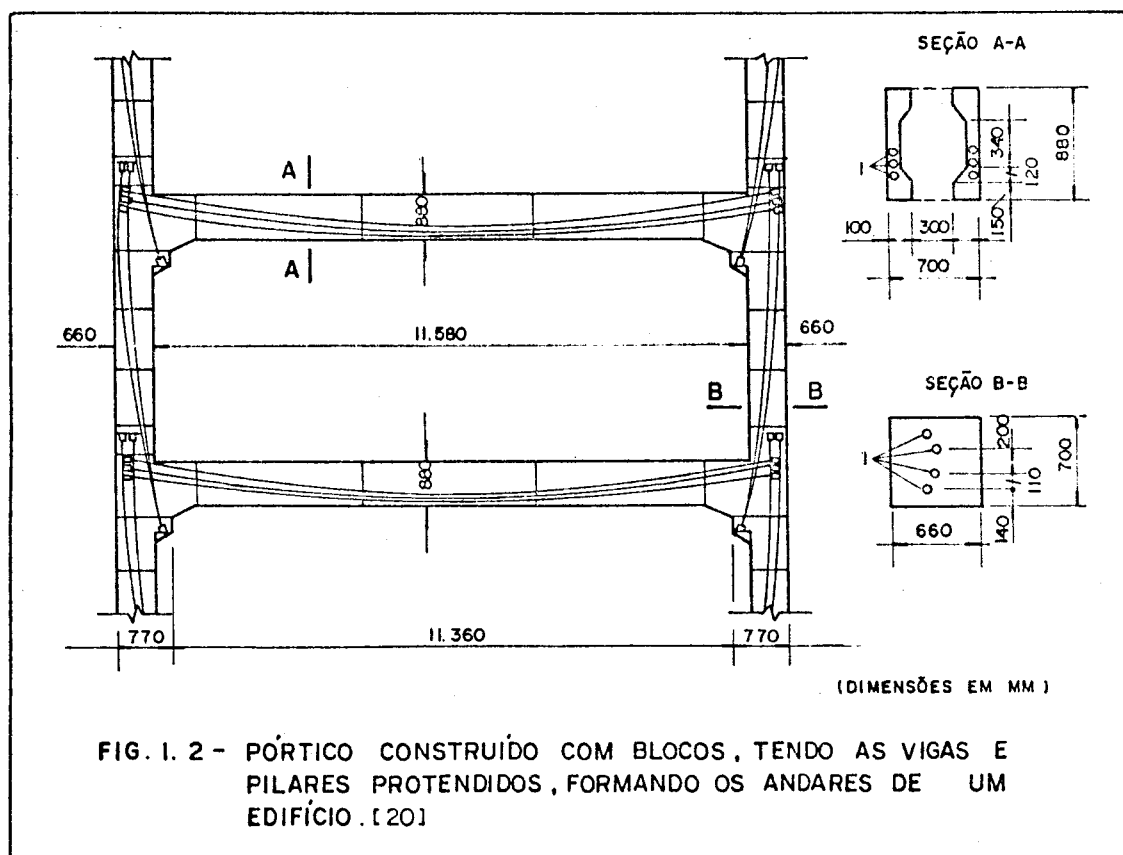
Esse tipo, quando pré-fabricado, procede-se das seguintes maneiras:

- pré-fabricado numa única peça;
- pré-fabricado em três peças isoladas. Duas delas são os "pilares", a outra é a viga, e a protensão se completa após a colocação da viga.

- pré-fabricado em várias peças, como na figura 1.2.

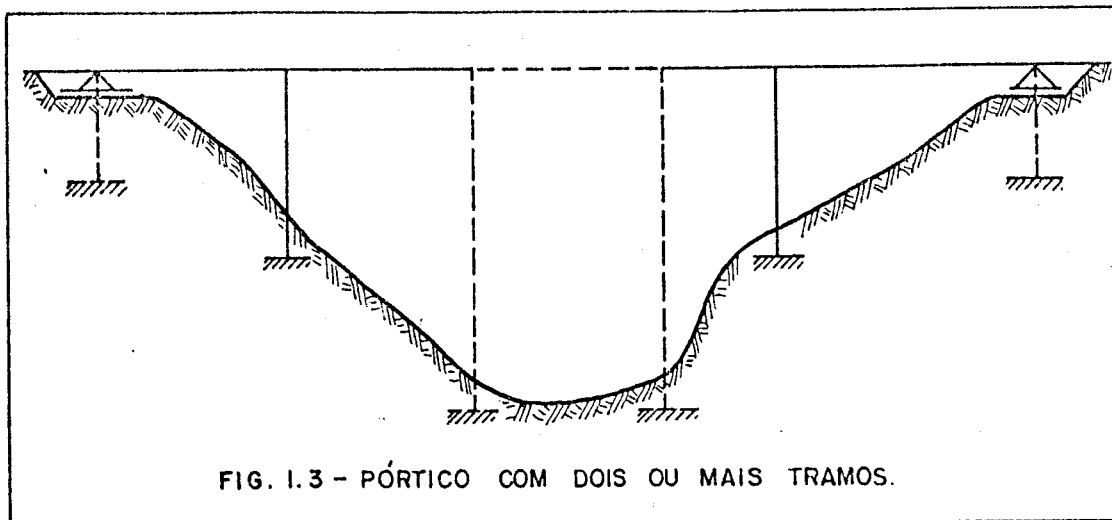


Quando usado em edifícios e se coloca um sobre o outro constitui os andares dos edifícios, como na figura 1.2.

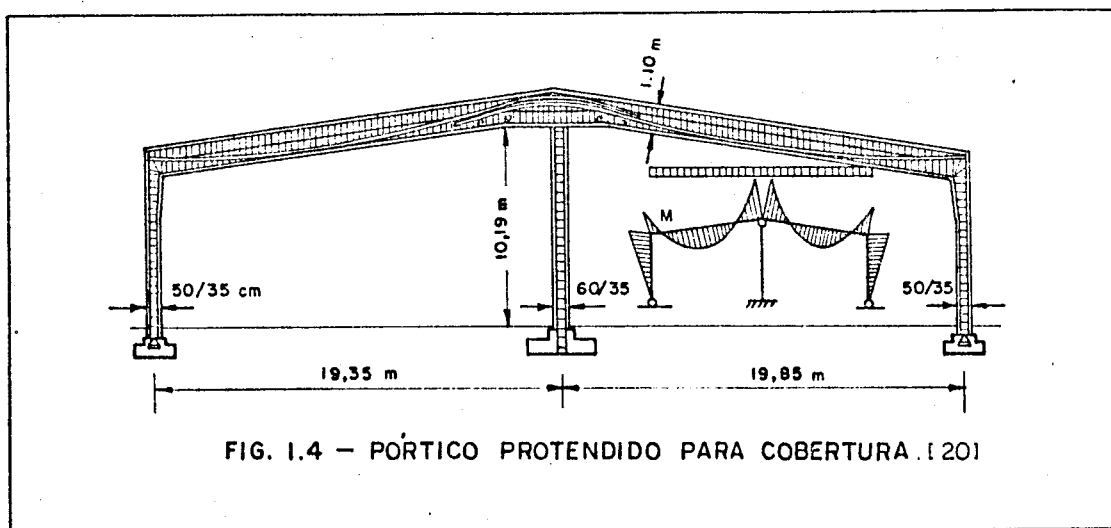


Quando utilizado em pontes ou viadutos suas peças verticais podem funcionar também como contenção de aterros.

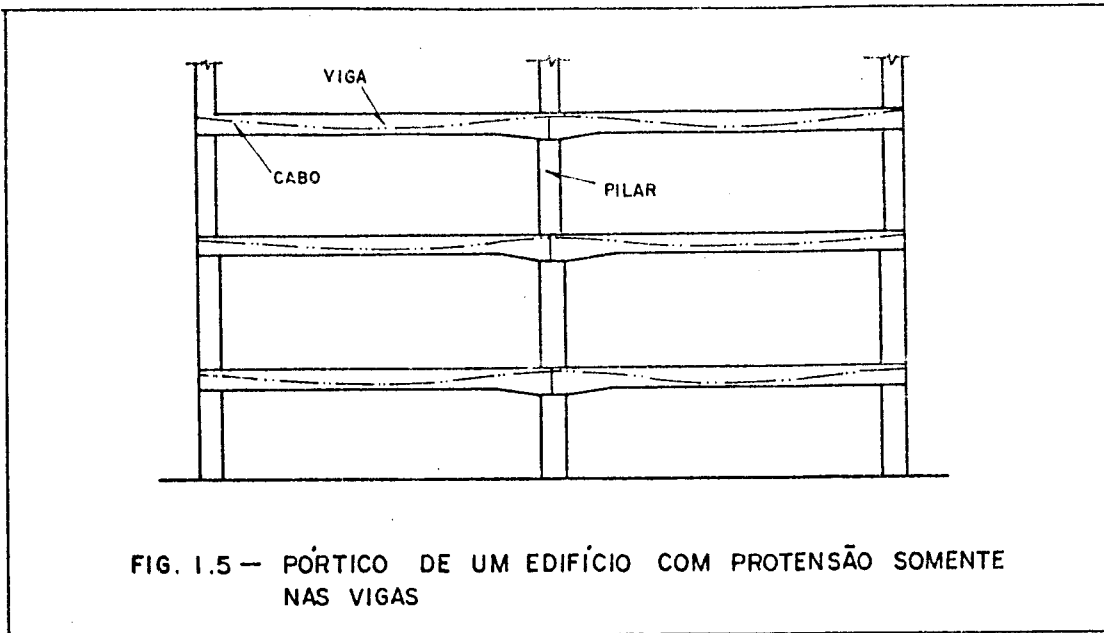
b) Pórtico com dois ou mais tramos



Esse tipo, quando empregado em edifícios possui seus apoios geralmente numa mesma cota. Também utilizado para pontes e viadutos tendo os pilares centrais, um maior comprimento, para atender o perfil topográfico e gabaritos de utilização do espaço sob a superestrutura. Usado também como estrutura principal de coberturas, como ilustra a figura 1.4.



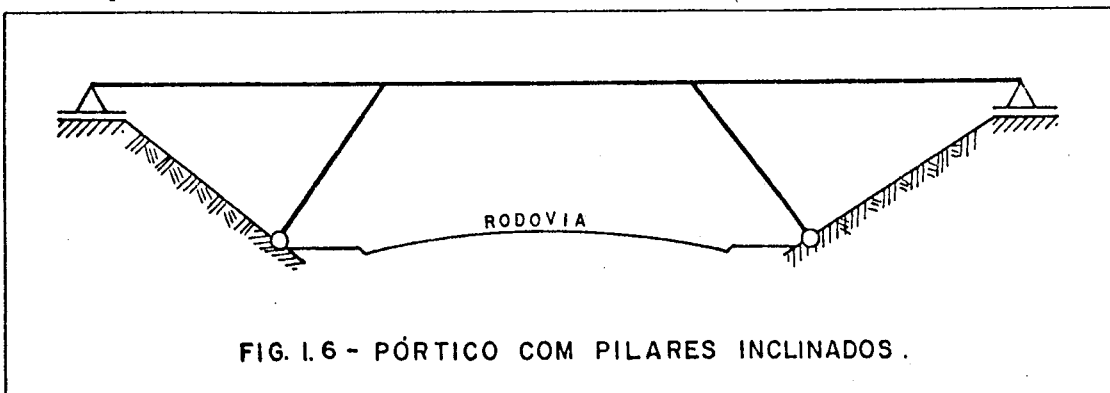
Em alguns casos, para edifícios, só as vigas são protendidas como ilustra a figura 1.5.



Isso ocorre também com edifícios em lajes cogumelos protendidas, as quais, são geralmente calculadas como uma configuração de pórticos, constituídos pelos pilares de sustentação e uma faixa de laje sobre estes.

c) Pórticos com pilares inclinados

Esse tipo tem utilização preponderante em viadutos e pontes.



Possui a superestrutura apoiada sobre peças inclinadas, trazendo vantagens de resistência, economia, funcionalidade e estética, pois traz uma harmonia visual para os usuários da via inferior. Os pilares funcionam predominantemente a compressão, podendo dispensar armaduras protendidas, e o trecho da superestrutura entre os pilares sofre compressão, diminuindo a quantidade de cabos protendidos nesse trecho de grande vão.

1.2 - ALGUMAS OBRAS EM PÓRTICO PROTENDIDO

São inúmeras as obras desse tipo, existentes no mundo. Na bibliografia consultada obtiveram-se algumas que resumem os tipos de pórticos anteriormente apresentados.

a) Ponte Dischinger

Construída em 1957, em Berlim, com 94 m de vão e 13m de altura de "pilares", em pórtico bi-articulado.

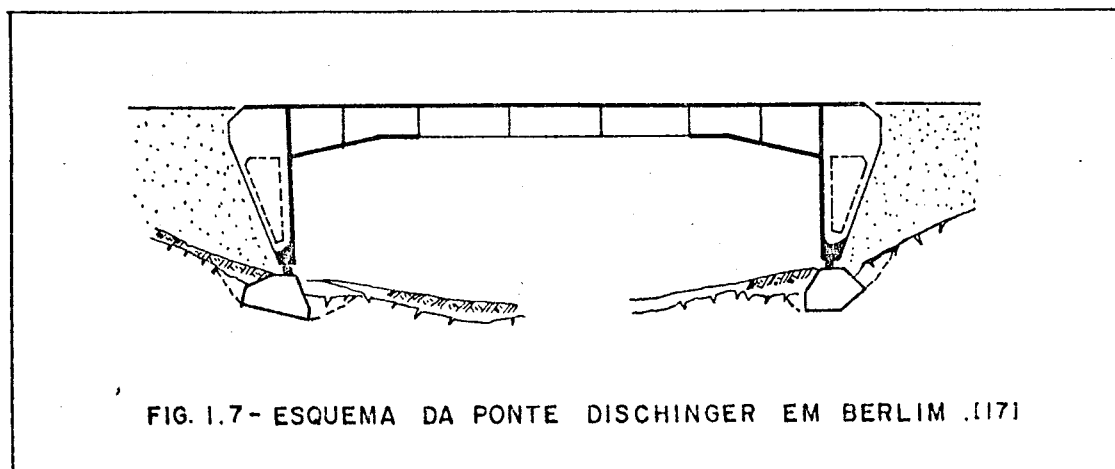


FIG. 1.7- ESQUEMA DA PONTE DISCHINGER EM BERLIM .(17)

b) Viaduto ferroviário na Espanha

Foi construído em 1961 na Ferrovia que liga Talavera de la Reina - Vilanueva de la Serena, sobre uma estrada municipal. Conforme fig.1.8, possui um único vão e é esconso em relação ao eixo da estrada inferior. Sua estrutura principal é constituída de cinco pórticos bi-articulados, en costados lateralmente e ligados entre si, através de uma protensão transversal reta, conforme ilustra a figura 1.11. Os pórticos possuem seções maciças de 1,00m de espessura. O "pilar" possui seção de 2,00m x 1,00m na base, onde é articulado, e possui seção de 2,34m x 1,00m na região comum com a viga. A "viga" possui intradorso parabólico com altura variando de 2,40m, junto aos pilares, a 1,20m na região central, conforme figura 1.9. Foi empregado um concreto com

resistência característica à compressão de 30MPa, o volume consumido foi 360m^3 e a concretagem foi "in-loco". Cada "pilar" possui 24 cabos de $12\phi 5\text{mm}$, retos, ancorados passivamente no bloco de fundação e ancorados ativamente no topo, conforme figura 1.10. Todas as ancoragens são do tipo Barredo. Cada "viga" possui 30 cabos de $12\phi 5\text{mm}$, retos, ancorados num volume de concreto, criado para essa finalidade, que fica além da face externa do pilar e possui dimensões de $1\text{m} \times 1,44\text{m} \times 0,50\text{m}$. Foi empregado 14000kgf de aço de protensão, ou seja 39kgf de aço para cada m^3 de concreto. As características do aço de protensão são:

- tensão de ruptura = 1450MPa ,
- tensão de proporcionalidade = 1300MPa ,
- tensão de serviço = 1000MPa ,

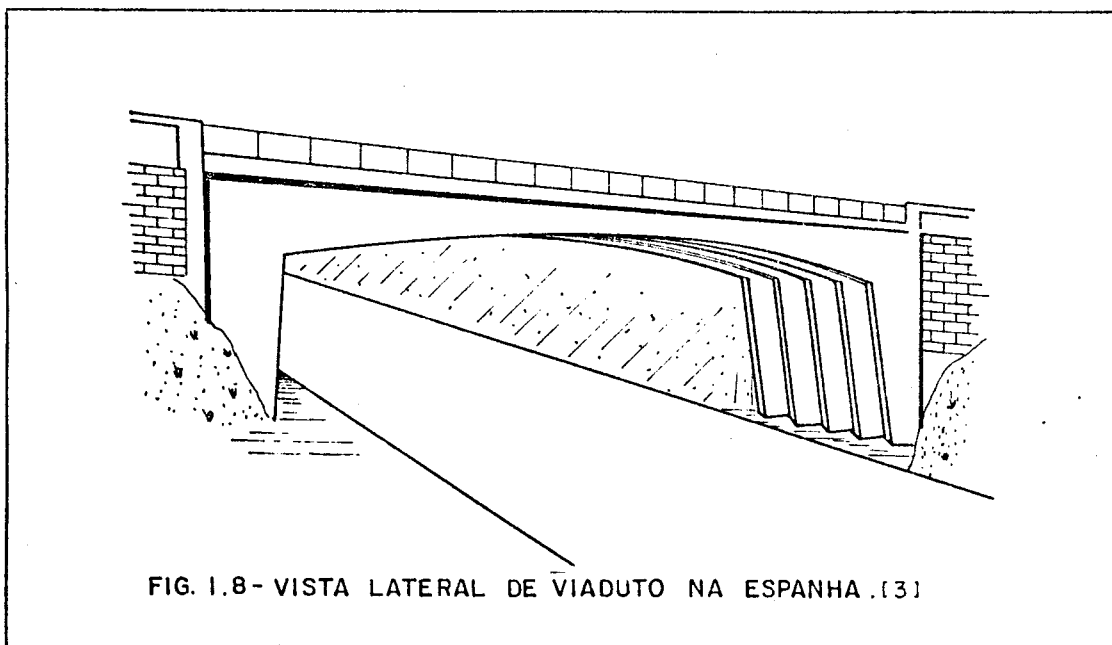
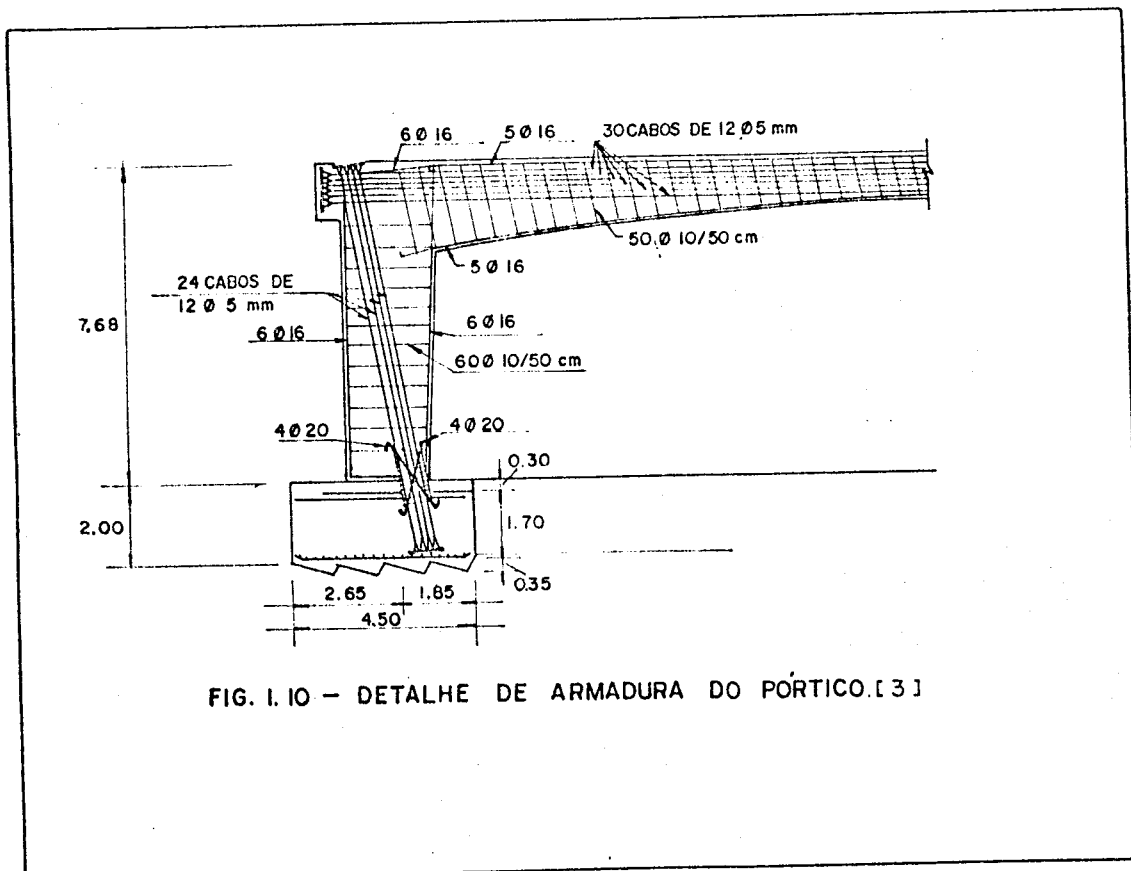
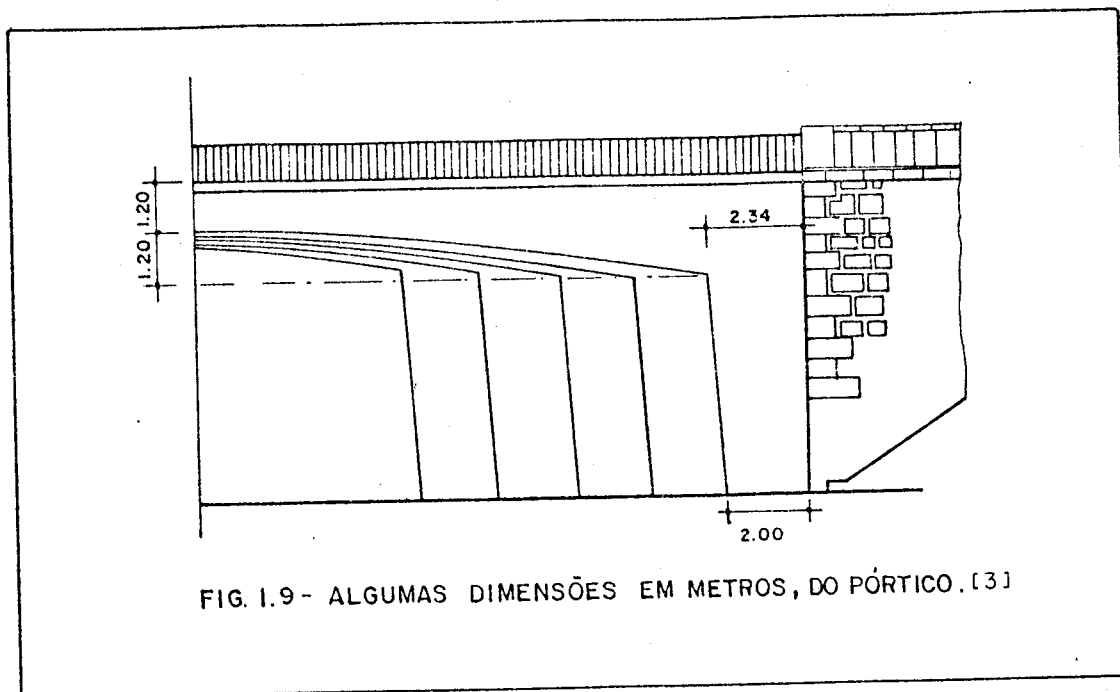


FIG. I.8- VISTA LATERAL DE VIADUTO NA ESPANHA .(3)



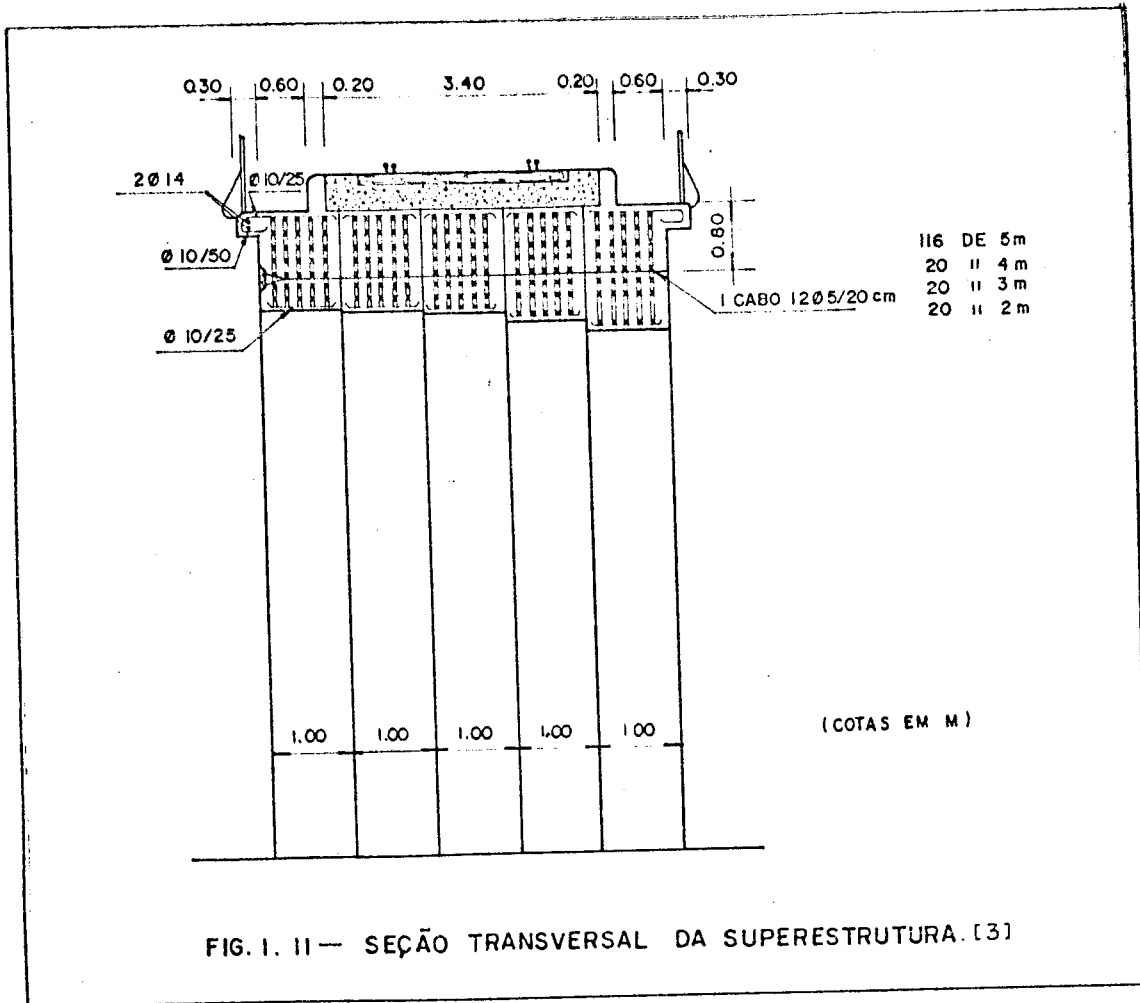


FIG. 1. 11 — SEÇÃO TRANSVERSAL DA SUPERESTRUTURA. [3]

A figura 1.11 mostra também que os pórticos laterais foram executados com pequenas saliências longitudinais contínuas, uma para confinar o lastro de assentamento dos dormentes e outra, na borda lateral, para receber guarda-corpo metálico.

c) Ponte de Bonhomme - França

Construída em 1974, sobre o Rio Blavet. Possui pilares inclinados com distância entre os apoios de 186m e vão central (distância entre as cabeças dos pilares inclinados) de 147m.

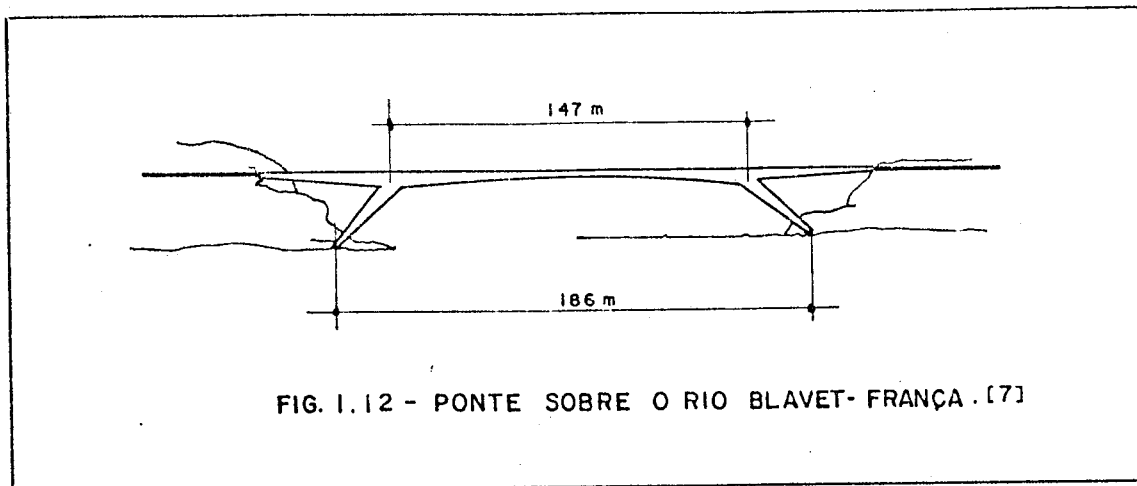


FIG. 1.12 - PONTE SOBRE O RIO BLAVET-FRANÇA. [7]

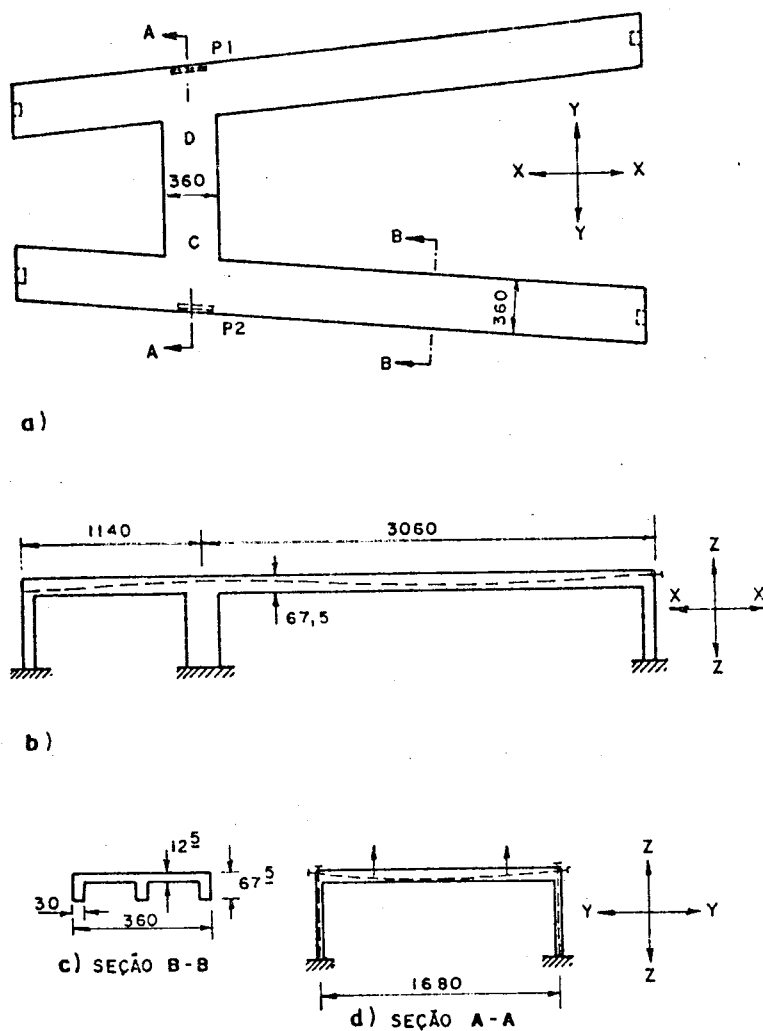
d) Passarela para pedestres em Los Angeles-Califórnia - USA.

Trata-se de uma passarela para pedestres, com duas vias, conforme mostra a figura 1.13.a. Cada via é a superestrutura de um pórtico longitudinal, com dois tramos, conforme figura 1.13.b. Um dos tramos possui vão de 11,40m e o outro possui vão de 30,60m. O apoio intermediário de cada pórtico longitudinal é constituído por um pórtico transversal, também protendido, conforme mostra a figura 1.13.d.

Pórtico longitudinal: Sua superestrutura possui seção transversal, conforme figura 1.13.c, constituída de uma laje com 3,60m de largura por 12,50cm de altura, reforçada por três nervuras, tendo cada uma 30cm de base por 55cm de altura. Recebeu protensão, apenas na superestrutura, cujos cabos contínuos foram alojados nos planos de cada nervura.

Pórtico transversal: sua superestrutura possui seção transversal, retangular maciça com 3,60m de base por 67,5cm de altura. Com um vão de 16,80m, recebe protensão nos pilares e na "viga-trave". A "viga-trave" possui cabos de protensão com três trechos retos conforme figura 1.13.d.

Esta obra possui uma esbelteza de $67,5/3060 = 1/45$.



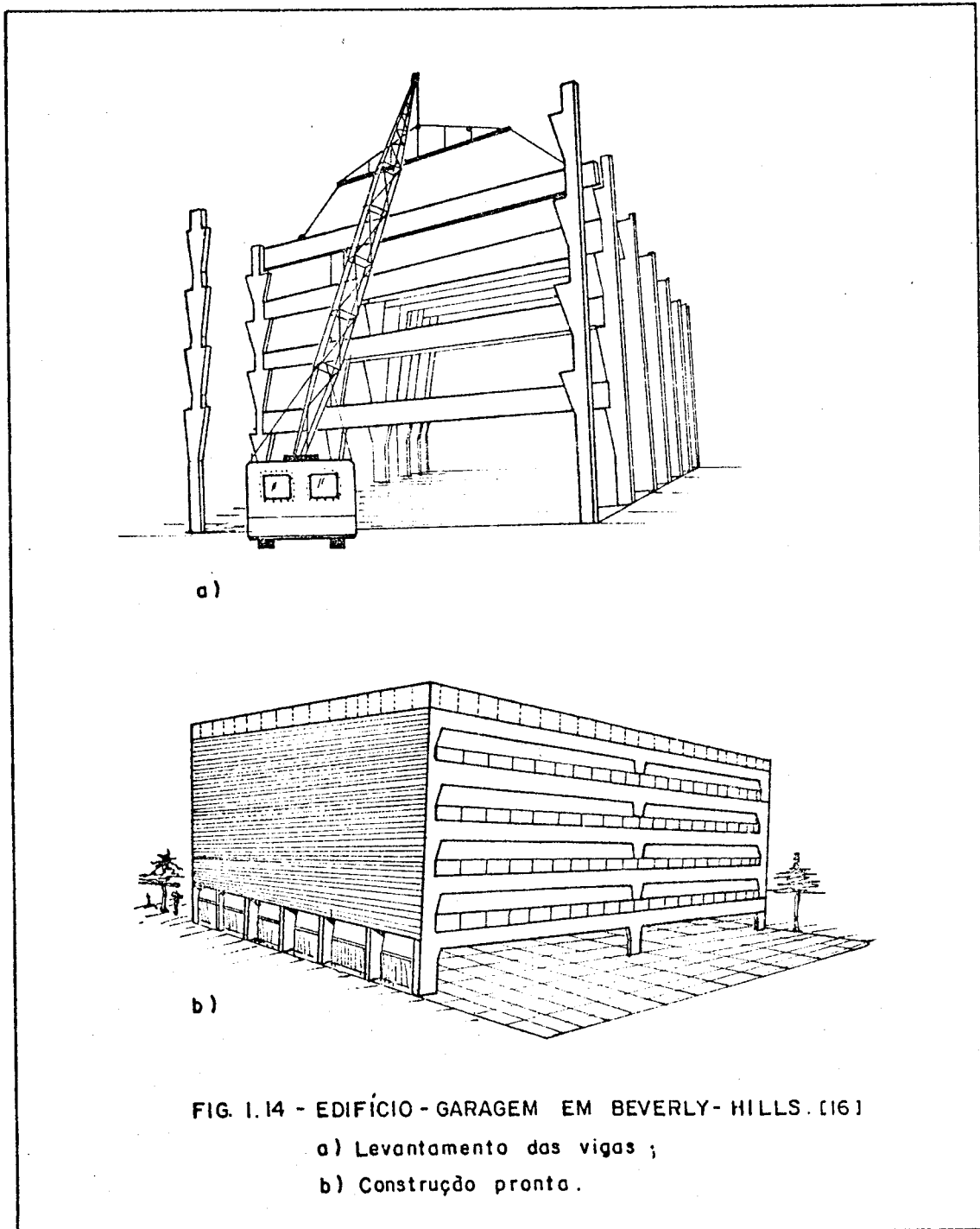
(DIMENSÕES EM CM)

FIG. I.13 - DETALHES DE PASSARELA EM LOS ANGELES. [16]

- a) Vista superior
- b) Pórtico longitudinal
- c) Seção B-B
- d) Seção A-A

e) Edifício - garagem em Beverly Hills, Califórnia
- USA.

Constituído de vigas e colunas pré-fabricadas, formando pórticos rígidos com 22,50m de vãos.



f) Ponte Pres. Tancredo Neves

Foi inaugurada em 1986, construída sobre o Rio Iguaçu no Município de Foz do Iguaçu-Pr, ligando o Brasil à Argentina. Segundo [24] a solução estrutural adotada pela firma projetista J.C.FIGUEIREDO FERRAZ é constituída de um pórtico protendido com três tramos, sendo os dois laterais com 130m e o central com 220m de vão. A superestrutura é uma viga-caixão de altura variável que está simplesmente apoiada nos encontros extremos e vinculadas rigidamente aos dois pilares internos. Ela foi construída pelo processo de balanços sucessivos cuja protensão foi realizada com 22 cordoalhas de 1/2" e os aparelhos de apoio são do tipo NEOTOF, deslizantes na direção longitudinal e fixos na transversal. A viga principal é simétrica até os 110m de cada eixo dos pilares, e nos tramos laterais, a partir desse ponto, se mantém com altura constante até alcançar os encontros. Quanto a sua seção transversal, a altura varia de 3,80m até 12,30m, a largura inferior é constante com 8,00m e a largura superior é constante com 16,50m.

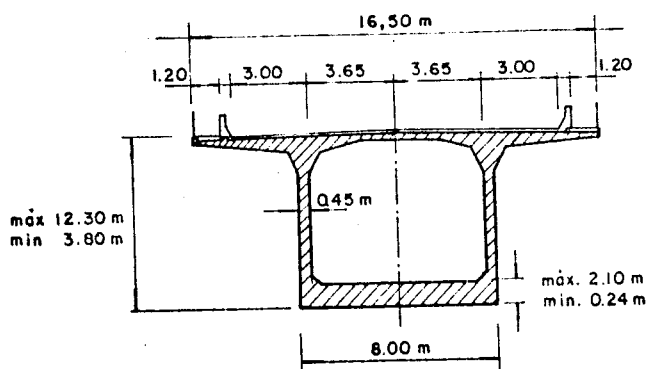


FIG. 1.150 - SEÇÃO TRANSVERSAL DA PONTE PRES. TANCREDO NEVES.

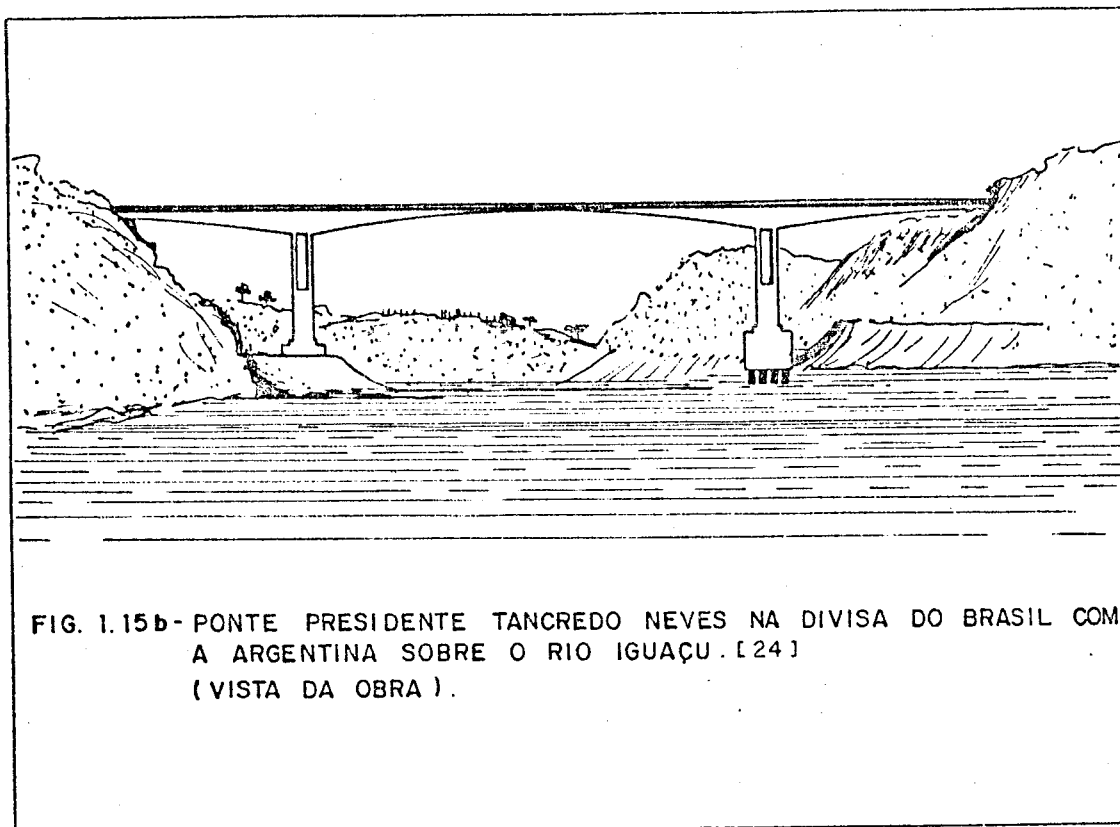
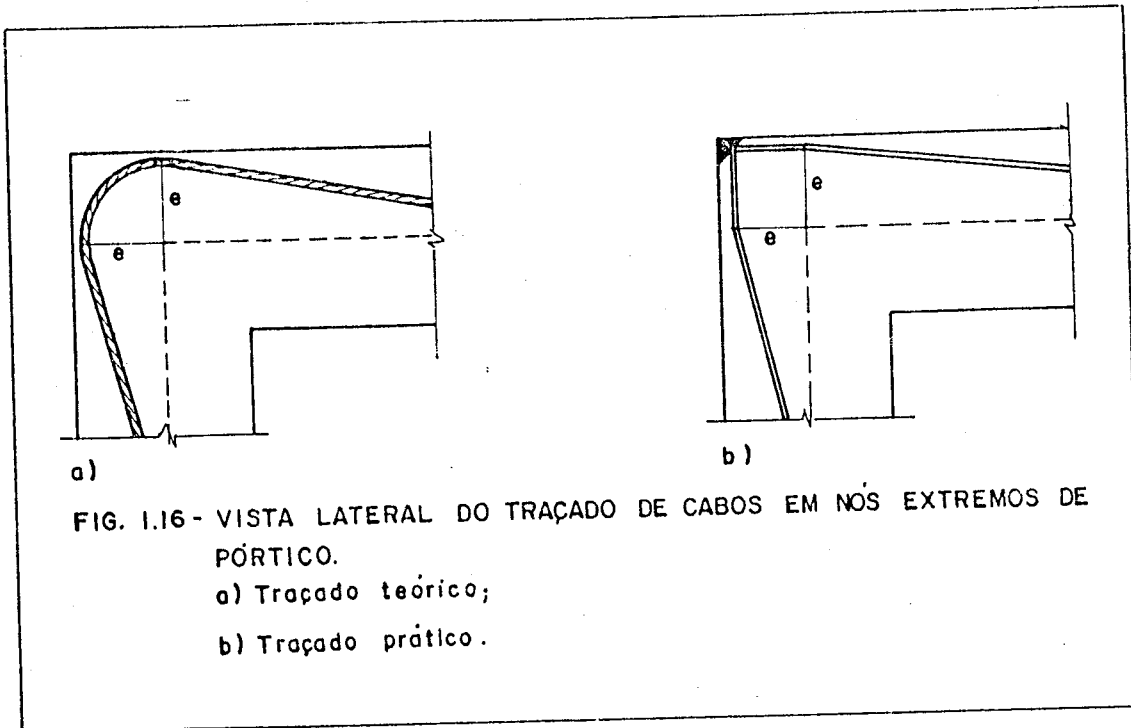


FIG. 1.15b- PONTE PRESIDENTE TANCREDO NEVES NA DIVISA DO BRASIL COM A ARGENTINA SOBRE O RIO IGUAÇU. [24] (VISTA DA OBRA).

1.3 - DETALHES CONSTRUTIVOS

Não é pretensão deste trabalho, através deste item, abordar os vários detalhes construtivos existentes ao se projetar, mas tão somente discorrer sobre detalhes básicos inerentes à protensão.

Nos pórticos protendidos uma atenção especial deve ser dada aos nós, tanto na fase de projeto como na de construção. É inviável usar uma cablagem para o "pilar", que continue na "viga", pois acarreta altas perdas por atrito nesta abrupta mudança de direção. Assim, usam-se cabos independentes para o pilar e para a viga, conforme ilustra a figura 1.16.



Quando se utilizam "vigas" com seções em duplo T, recomenda-se torná-las retangulares na região de apoio, para que esta região possa acomodar também os cabos dos pilares, simetricamente dispostos, em relação ao plano XY do pórtico, de distâncias $+z$ e $-z$ conforme figura 1.17.a. Os pilares adequados e econômicos podem ter formas variadas, com simetria em relação ao plano XY, como por exemplo, retângulos maciços ligados em pontos intermediários para evitar flambagem e ligados ou não no topo para receber a viga como ilustra a figura 1.17.

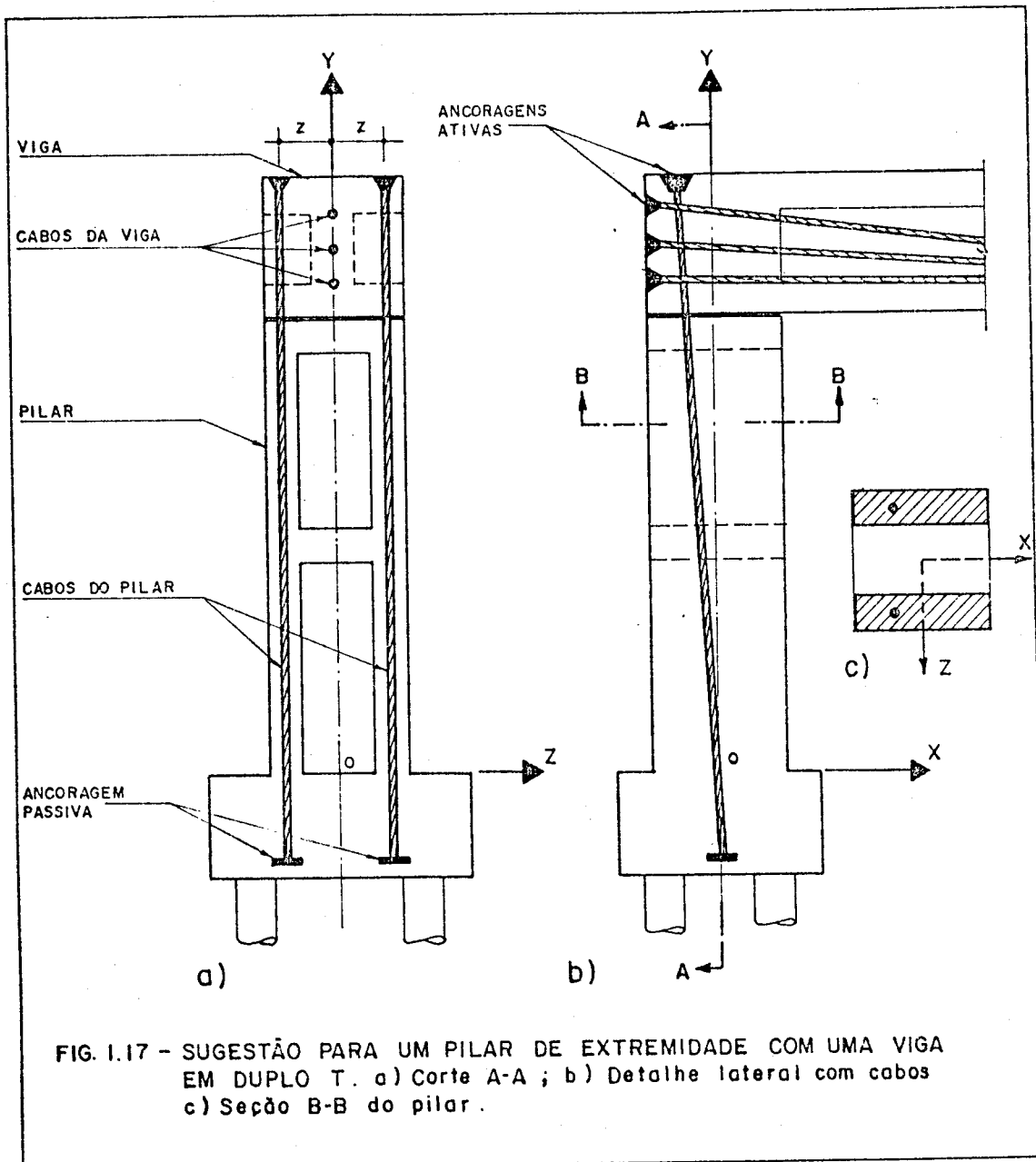
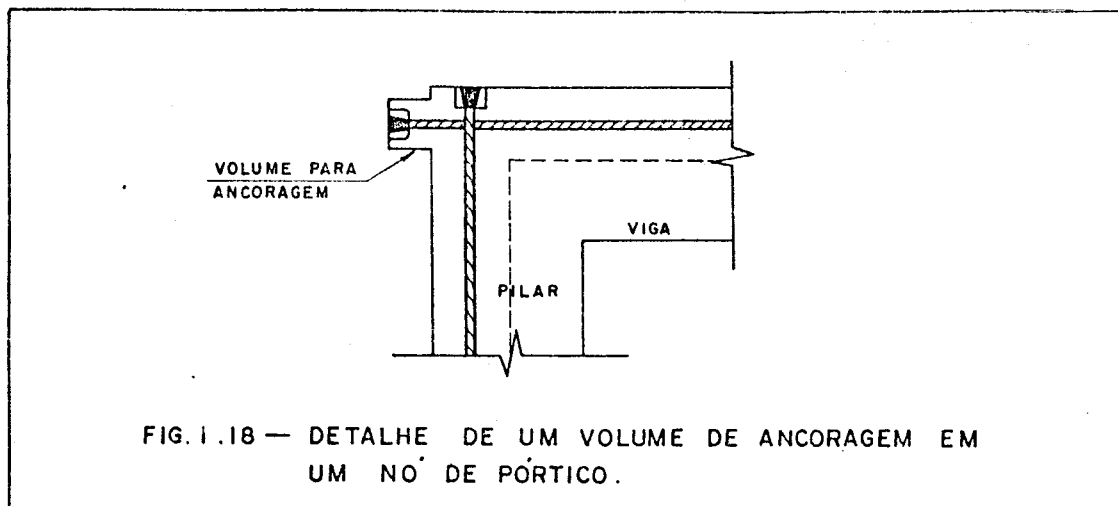


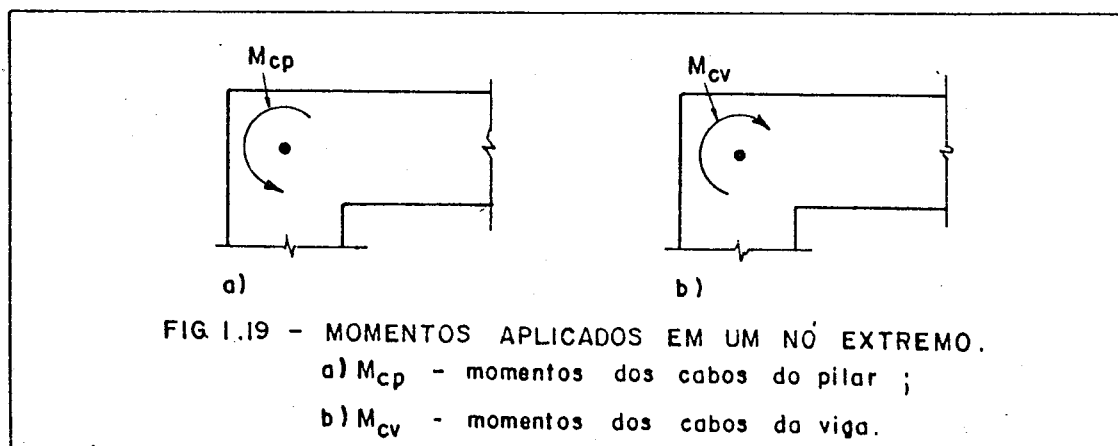
FIG. I.17 - SUGESTÃO PARA UM PILAR DE EXTREMIDADE COM UMA VIGA EM DUPLO T. a) Corte A-A ; b) Detalhe lateral com cabos c) Seção B-B do pilar.

Com o uso imprescindível de cabos ancorados na região do nó extremo é necessário um cuidado especial com as armaduras de fretagem e com as dimensões mínimas dos nichos de ancoragens e conseqüentemente da peça. Para melhorar a acomodação dos cabos, criam-se volumes de concreto, além da face externa do pilar, como sugere a figura 1.18. Isso é interessante, pois além de acomodar melhor as ancoragens, atenua os problemas decorrentes da fretagem já que afasta uma ancoragem da outra.



Para melhorar ainda o rigor construtivo, sugere-se a execução de cabeças de protensão com um concreto de maior resistência, contendo as bainhas da viga e do pilar e também as ancoragens ativas.

Importante notar, conforme figura 1.19 que os cabos do "pilar" aplicam, no nó extremo, momentos num sentido e os cabos da "viga" aplicam momentos em sentido oposto.

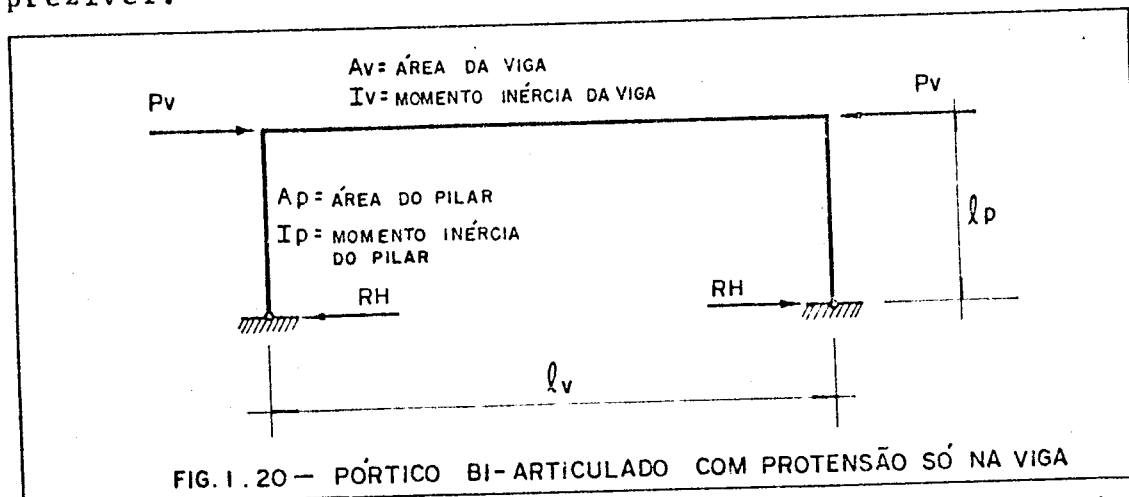


Com isso, surgem tensões de corte nessa região pois os momentos dos cabos do pilar estão em planos $+z$ e $-z$ ao passo que os momentos dos cabos de "viga" estão no plano $z = 0$, conforme figura 1.19.a.

Há outros inúmeros cuidados e peculiaridades que se devem tomar com o projeto e execução de um pórtico protendido.

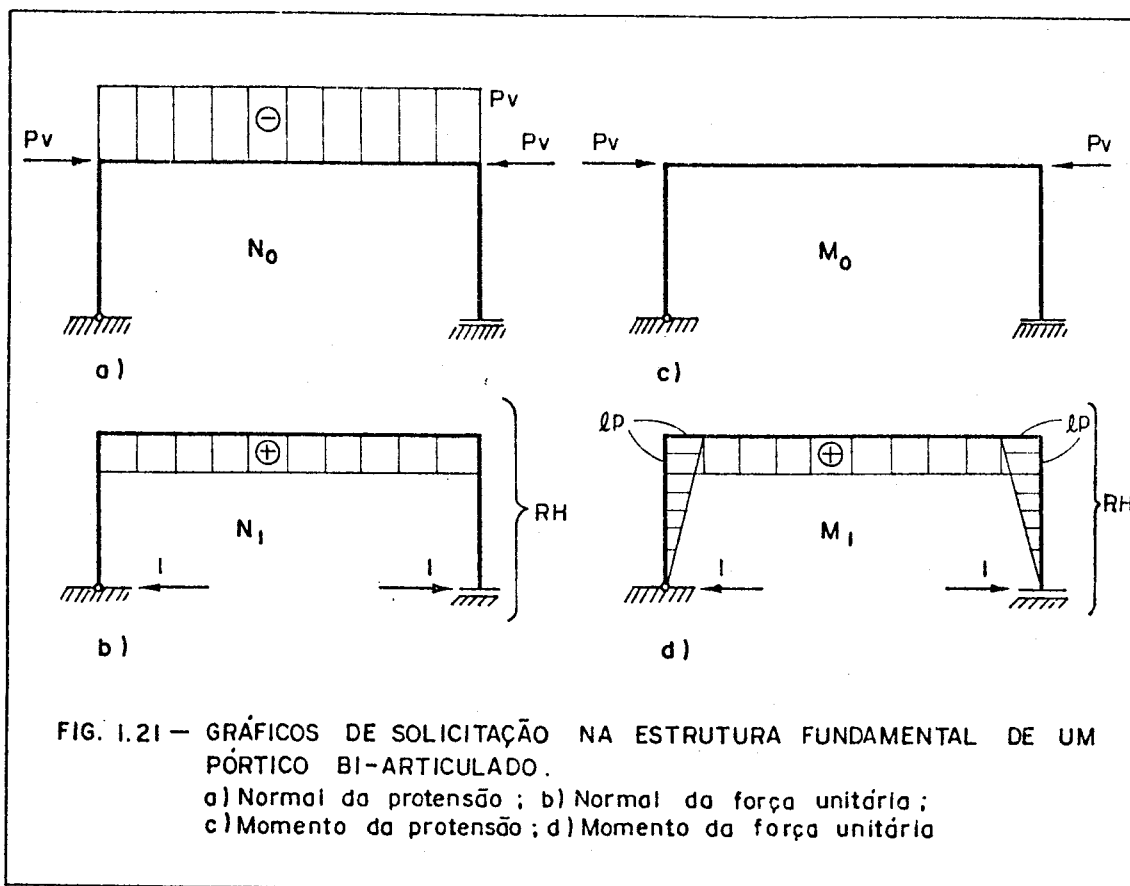
1.4 - ALGUMAS OCORRÊNCIAS NA ANÁLISE ESTÁTICA DOS PÓRTICOS PLANOS PROTENDIDOS

A protensão nos pórticos acarreta uma análise diferente daquela para vigas protendidas, pelo fato da força normal de protensão NP , numa área A_c , ser diferente do valor da força de protensão P , nessa seção. Então na análise das tensões deve ser utilizado o termo NP/A_c e não P/A_c como nas vigas protendidas. Para elucidar esse fato e algumas ocorrências, considere-se o pórtico bi-articulado da figura 1.20, com protensão centrada na viga e com atrito desprezível.



Quando o pórtico recebe a protensão P_v , a viga se encurta e surge nos apoios uma reação horizontal R_H . É fácil computar que a força normal na peça horizontal NP_v , é dada por $NP_v = P_v - R_H$.

Particularmente, se existe um apoio móvel num pilar, então o pórtico é isostático e o NP_v é o próprio P_v , já que R_H é nulo. No valor de R_H , influem, é claro, as dimensões das peças. PINTO JR. [23], analisou o valor de R_H desprezando a influência da força normal no cálculo do deslocamento do apoio móvel δ_{11} , para uma força unitária aplicada nesse apoio, conforme figura 1.21.b. Seguindo o mesmo raciocínio, porém com a inclusão da força normal no cálculo de δ_{11} e tendo por base as solicitações da figura 1.21 o valor de R_H é calculado através do método dos esforços, como segue:



$$\delta_{11} \cdot RH + \delta_{10} = 0$$

$$RH = \frac{-\delta_{10}}{\delta_{11}}$$

$$\delta_{10} = 1 \cdot (-Pv) \cdot lv / (Av \cdot Ev)$$

$$\delta_{11} = 1 \cdot 1 \cdot lv / (Av \cdot Ev) + lp^2 \cdot lv / (Iv \cdot Ev + 2lp^3 / (3IpEp))$$

$$RH = \frac{\frac{Pv \cdot lv}{Av}}{\frac{lv}{Av} + \frac{lp^2}{Iv} \cdot lv + \frac{2lp}{3} \cdot \frac{lp^2}{Ip} \cdot \frac{Ev}{Ep}}$$

Considerando um mesmo concreto para o pilar e para a viga e dividindo tudo por ℓ_v , vem:

$$RH = \frac{\frac{Pv}{Av}}{\frac{1}{Av} + \frac{\ell_p^2}{Iv} + \frac{2}{3} \cdot \frac{\ell_p^2}{Ip} \cdot \frac{\ell_p}{\ell_v}} =$$

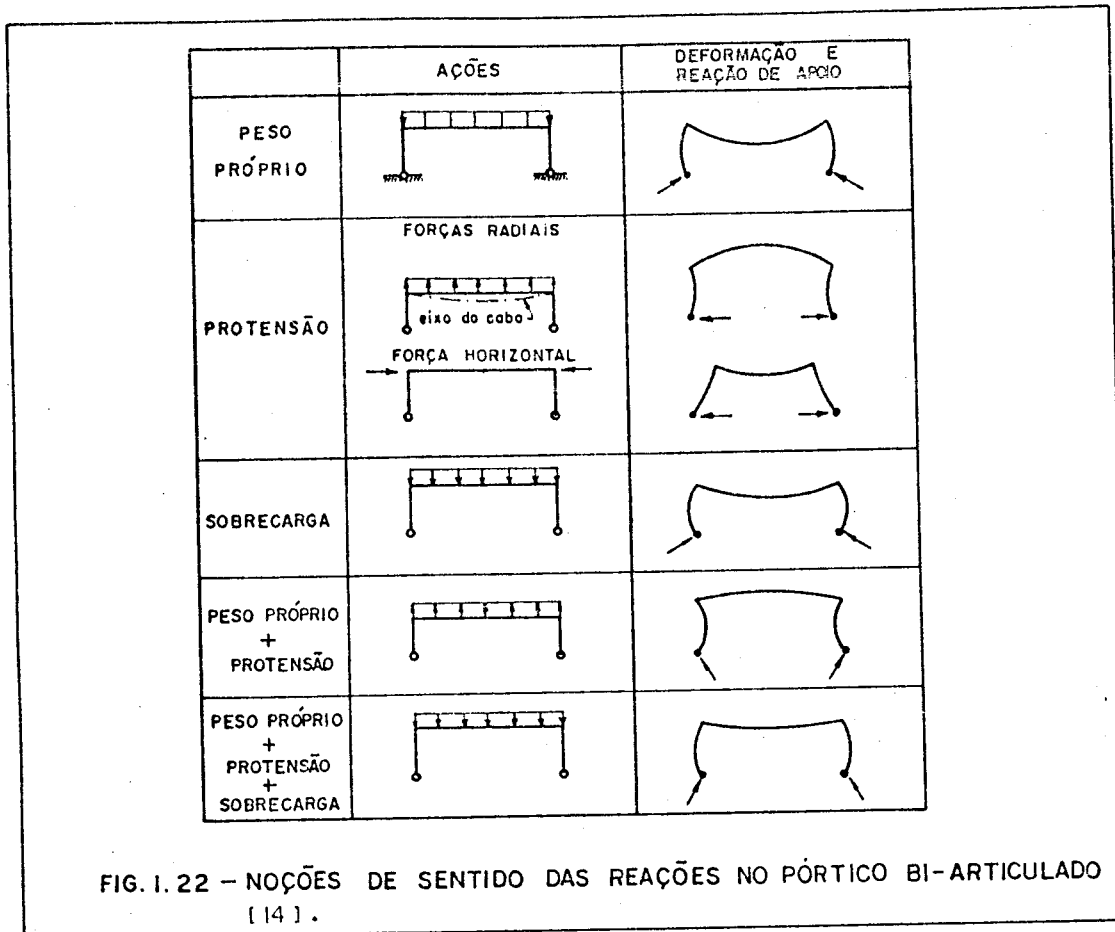
$$= \frac{Pv}{1 + \ell_p^2 \cdot Av \left(\frac{1}{Iv} + \frac{2}{3} \frac{\ell_p}{Ip} \cdot \frac{1}{\ell_v} \right)}$$

$$RH = \frac{Pv}{1 + \ell_p^2 \cdot \frac{Av}{Iv} \left(1 + \frac{2}{3} \cdot \frac{\ell_p}{Ip} \cdot \frac{Iv}{\ell_v} \right)}$$

Fazendo $iv = Iv/Av$ e $\rho = \frac{Iv}{\ell_v} \cdot \frac{\ell_p}{Ip}$, vem:

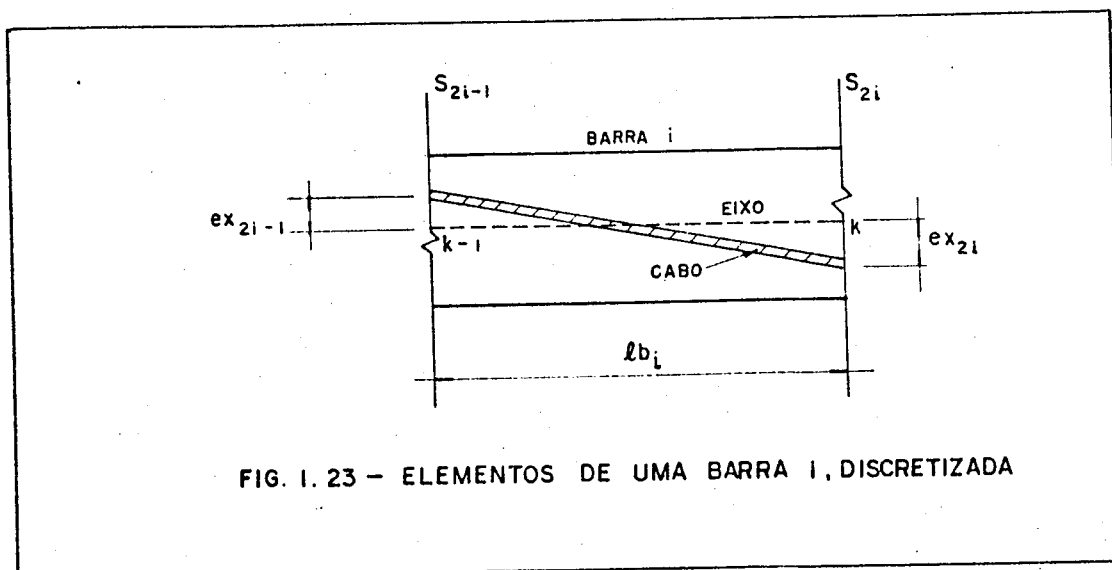
$$RH = \frac{Pv}{1 + \ell_p^2 \cdot \frac{1}{iv^2} \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \rho \right)} \quad (1.1)$$

Da expressão (1.1), conclui-se que quanto maior for o comprimento do pilar, menor será a reação horizontal. Se $\ell_p = 0$, então $RH = Pv$. Quanto maior for o raio de giração da viga iv , maior será a reação horizontal. Na figura 1.22 encontram-se os sentidos das reações do pórtico bi-articulado para vários carregamentos.



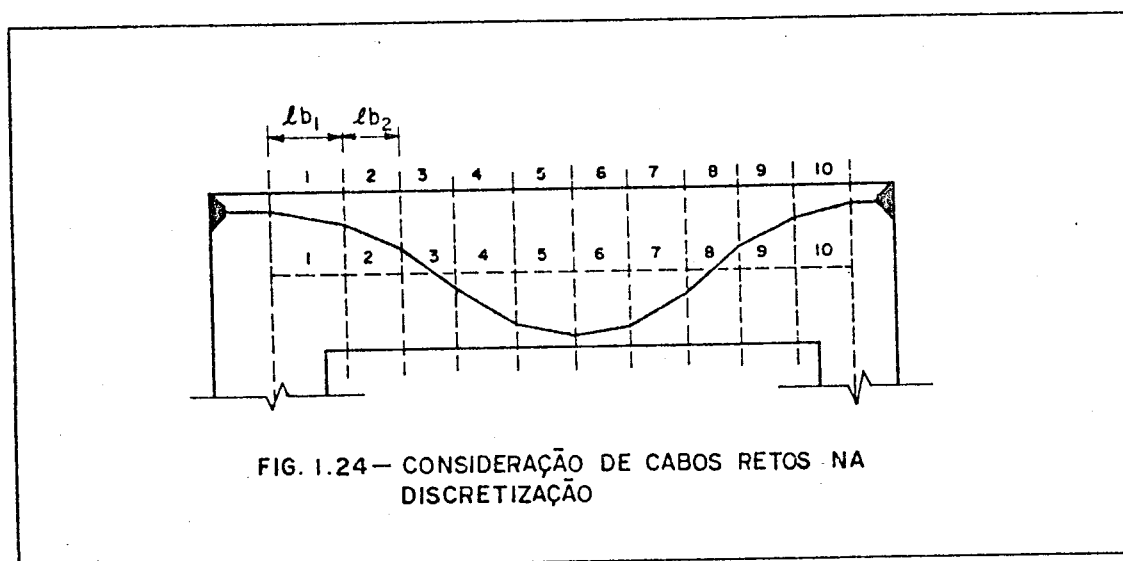
1.5 - MODELO DE CÁLCULO

Trata-se de um modelo discreto, pois divide-se a estrutura em um número adequado de barras, conforme discretização exposta no item 1.7. Considera-se o cabo reto desde a seção inicial até a seção final de uma barra i .



Cada barra i possui uma seção inicial S_{2i-1} e uma seção final S_{2i} . Na barra i da fig. 1.23, o nó inicial é $k-1$ e o nó final é k . A excentricidade do cabo é ex_{2i-1} no início e ex_{2i} no fim da barra.

Os cabos introduzem forças, nos extremos de cada barra, que são computadas como forças nodais aplicadas nas coordenadas globais da estrutura, caracterizadas no item 3.3 da Parte III.

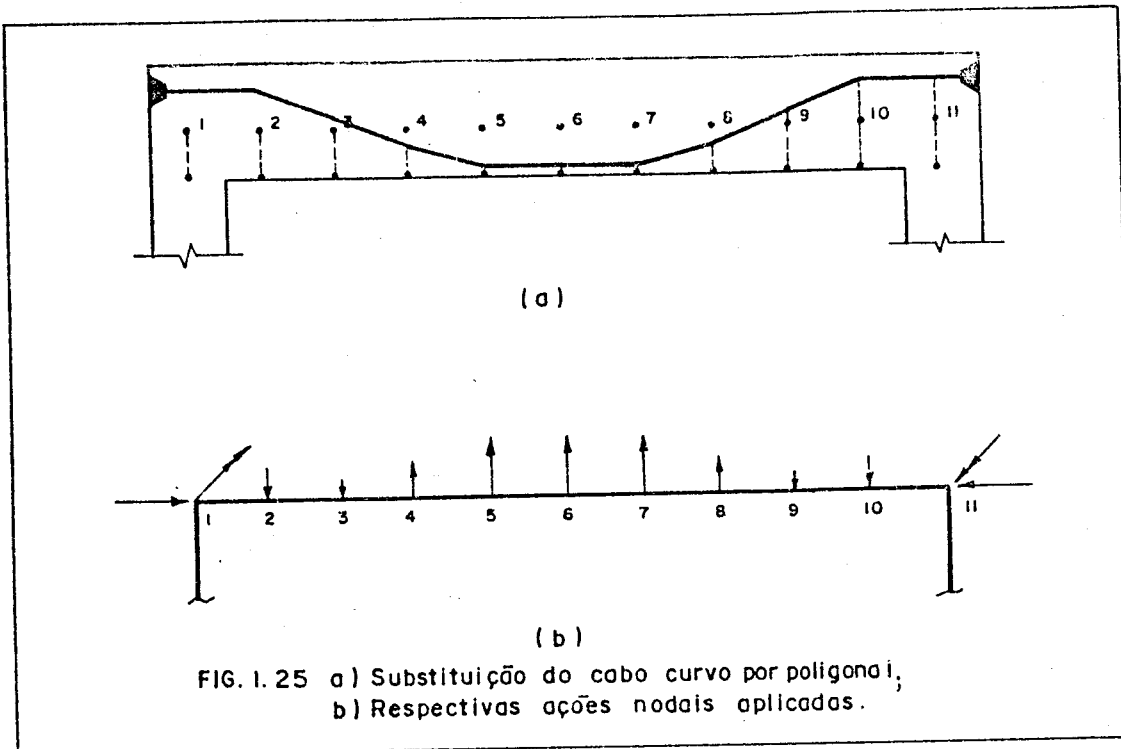


1.6 - SIMPLIFICAÇÕES UTILIZADAS NO MODELO DE CÁLCULO

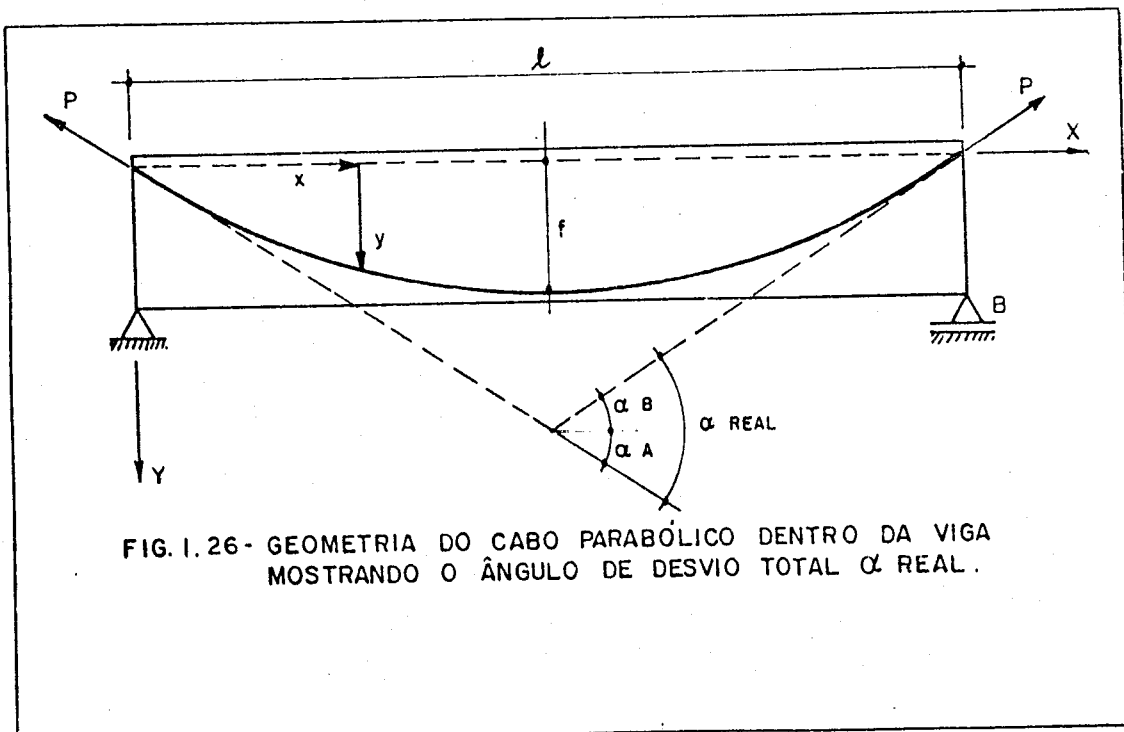
Devido à esbelteza das peças do pórtico, principalmente da superestrutura, numa relação de altura/vão da ordem de $1/15$ a $1/35$, as simplificações aqui introduzidas são semelhantes as utilizadas por CEOTTO [5], com exceção da trajetória dos cabos, que poderá ter qualquer inclinação.

1.6.1 - Substituição da trajetória curva dos cabos por trajetória poligonal

Entre dois nós vizinhos, portanto numa barra, o cabo é considerado retilíneo. Disso decorre que quanto maior for o número de barras em um tramo, obtidas pela discretização, o erro cometido é menor.



Para se ter uma idéia do erro cometido quando é admitida uma forma poligonal para cabos parabólicos segundo uma equação do 2º grau, elaborou-se várias tabelas com relações de f/l iguais a $1/15$, $1/25$ e $1/35$ onde f é a flecha do cabo e l é o comprimento projetado.



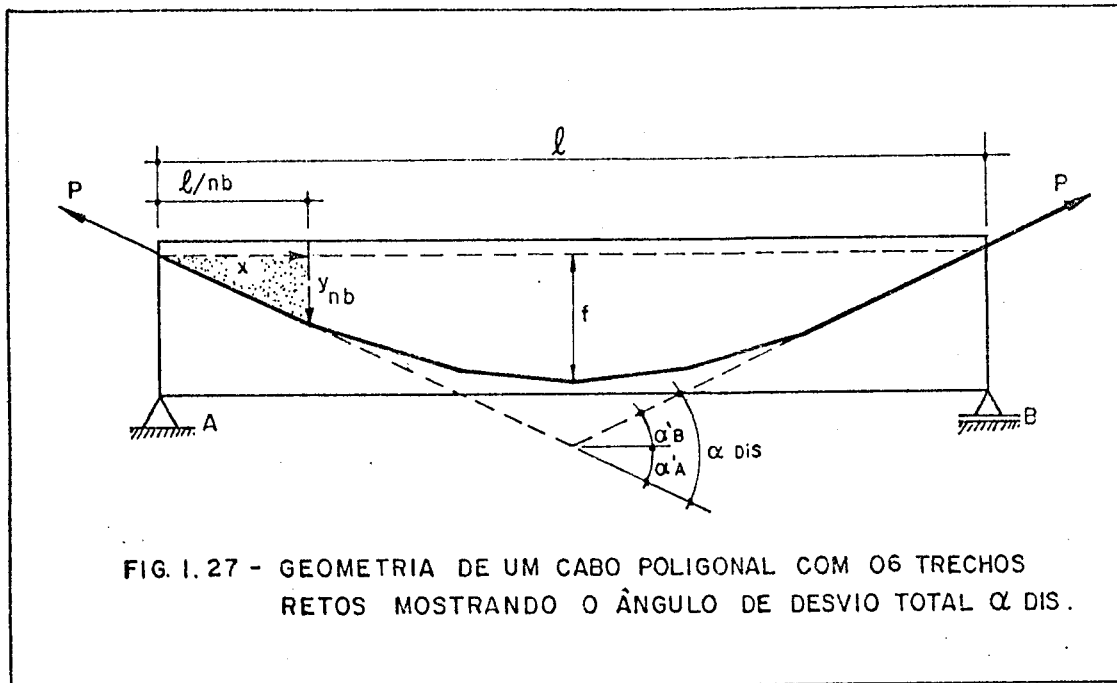


FIG. I.27 - GEOMETRIA DE UM CABO POLIGONAL COM 06 TRECHOS RETOS MOSTRANDO O ÂNGULO DE DESVIO TOTAL α_{DIS} .

Calculou-se o α_{real} , o α_{dis} e o erro percentual cometido na hipótese de utilizar o α_{dis} . Fazendo uso da substituição das forças aplicadas pelo cabo, por forças radiais, foi calculado o momento fletor no centro de uma viga bi-apoiada utilizando os vetores $P \cdot \alpha_i$ e comparado com o momento fletor oriundo da carga distribuída aplicada pelo cabo. Com as mesmas considerações foi calculado o momento fletor no apoio de uma viga bi-engastada de inércia constante.

Chamando de nb o número de barras discretizadas com mesmo comprimento e de nv o número de desvios na trajetória do cabo poligonal, ter-se-á $nv = nb - 1$. Admitindo que em cada desvio o ângulo α_i tenha o mesmo valor, então $\alpha_i = \alpha_{dis}/nv$.

Cálculo do α_{real} :

Admitindo a equação do cabo parabólico $y = Ax^2 + Bx + c$, a qual, impondo as condições de passagem resulta:

$$y = \frac{-4f}{l^2} x^2 + \frac{4f}{l} x, \text{ e sua derivada primeira } y' = \frac{-8f}{l^2} x + \frac{4f}{l}$$

o ângulo no início $\alpha_A = \text{arc tg}(4f/l)$ e,

o ângulo no fim $\alpha_B = \text{arc tg}(-4f/l)$

$$\alpha_{real} = \alpha_A - \alpha_B$$

Cálculo do α_{dis} :

$\alpha_{dis} = 2 \cdot \alpha'A$, devido a simetria. Da figura 1.27, o triângulo pontilhado fornece: $\alpha'A = \text{arc tg } \frac{y_{nb}}{\ell/nb}$. Da equação do arco $y_{nb} = \frac{-4f}{\ell^2} \frac{\ell^2}{nb^2} + \frac{4f}{\ell} \cdot \frac{\ell}{nb} \therefore y_{nb} = 4f \left(\frac{nb-1}{nb^2} \right) = 4f \cdot \frac{nv}{nb^2}$

Assim $\alpha'A = \text{arc tg } \frac{4f \cdot \frac{nv}{nb^2}}{\ell/nb} = \text{arc tg } \left(\frac{4f}{\ell} \cdot \frac{nv}{nb} \right)$

e $\alpha_i = \frac{\alpha_{dis}}{nv} = \frac{2}{nv} \cdot \text{arc tg } \left(4 \frac{f}{\ell} \cdot \frac{nv}{nb} \right)$

O erro percentual: $ERRO\alpha = \left(\frac{\alpha_{REAL} - \alpha_{DIS}}{\alpha_{REAL}} \right) 100$.

Cálculo dos momentos fletores de comparação oriundos da força distribuída:

Para a viga bi-apoiada, a força distribuída aplicada pelo cabo é $u = 8Pf/\ell^2$ e o momento fletor central para comparação é $M_{comp} = u\ell^2/8 = \frac{8Pf}{\ell^2} \cdot \frac{\ell^2}{8} = Pf$, conforme figura 1.28.

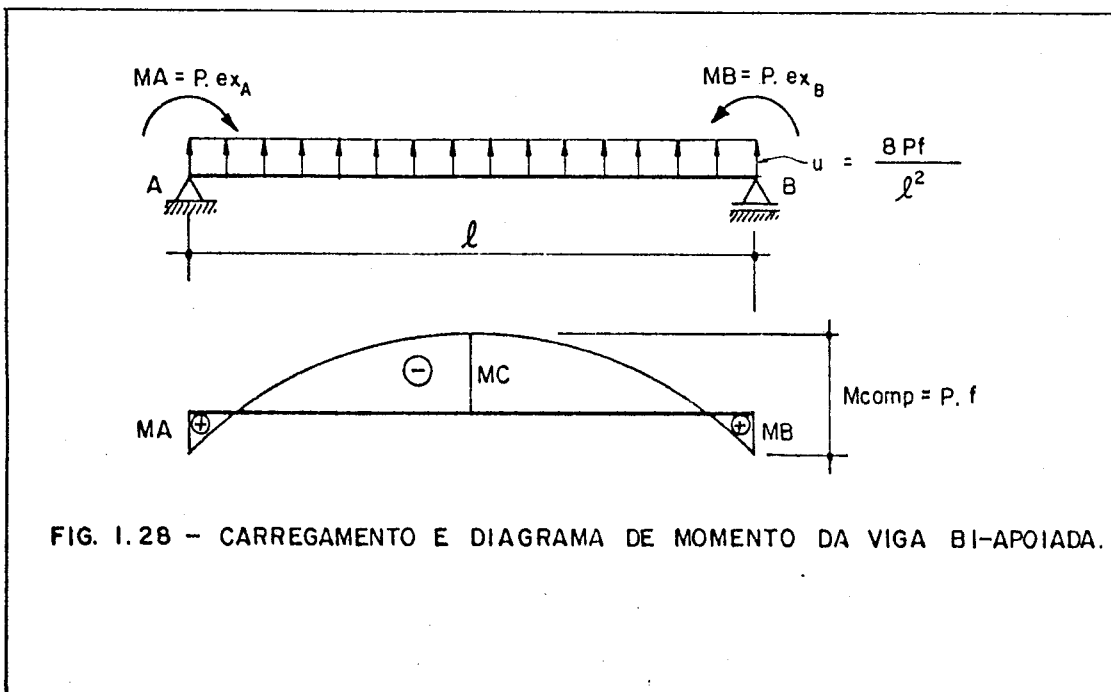


FIG. 1.28 - CARREGAMENTO E DIAGRAMA DE MOMENTO DA VIGA BI-APOIADA.

Para a viga bi-engastada o momento fletor de comparação, no engaste é $M_{comp} = u \frac{\ell^2}{12} = \frac{8Pf}{\ell^2} \cdot \frac{\ell^2}{12} = \frac{2Pf}{3}$

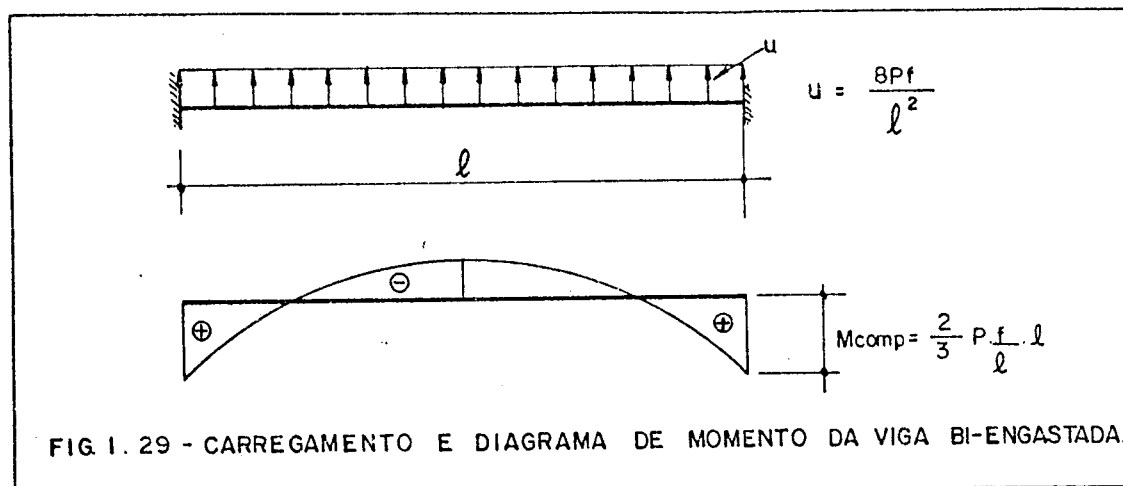


TABELA 1 - $f/\ell = 1/15$ e $\alpha_{REAL} = 0,521204rad$
 viga bi-apoiada: $M_{comp} = 0,066666P\ell$
 viga bi-engastada: $M_{comp} = 0,044444P\ell$

NB	NV	COORD.		ÂNGULO α_{DIS}	ERRO %	ÂNG.DES VIO α_i		VIGA BI-APOIADA		VIGA BI-ENGASTADA	
		x	y			MCOMP/P ℓ	ERRO %	MCOMP/P ℓ	ERRO %		
2	1	$\ell/2$	f	0,26510	49,13	0,26510	0,066279	0,58	0,033137	25,44	
3	2	$\ell/3$	0,889f	0,35187	32,49	0,17593	0,058643	12,03	0,039095	12,03	
5	4	$\ell/5$	0,640f	0,42036	19,34	0,10509	0,063054	5,41	0,042036	5,40	
10	9	$\ell/10$	0,360f	0,47109	9,61	0,05234	0,065425	1,86	0,043180	2,84	
15	14	$\ell/15$	0,249f	0,48786	6,39	0,03488	0,065109	2,33	0,043425	2,29	
20	19	$\ell/20$	0,190f	0,49622	4,79	0,02611	0,065292	2,06	0,043983	1,03	

TABELA 2 - $f/\ell = 1/25$ e $\alpha_{REAL} = 0,317310rad$
 viga bi-apoiada: $M_{comp} = 0,040000P\ell$
 viga bi-engastada: $M_{comp} = 0,026666P\ell$

NB	NV	COORD.		ÂNGULO α_{DIS}	ERRO %	ÂNG.DES VIO α_i		VIGA BI-APOIADA		VIGA BI-ENGASTADA	
		x	y			MCOMP/P ℓ	ERRO %	MCOMP/P ℓ	ERRO %		
2	1	$\ell/2$	f	0,15965	49,10	0,15965	0,039910	0,22	0,019956	25,16	
3	2	$\ell/3$	0,889f	0,21333	33,02	0,10666	0,035550	11,11	0,023703	11,11	
5	4	$\ell/5$	0,640f	0,25461	19,75	0,06365	0,038190	4,73	0,025460	4,52	
10	9	$\ell/10$	0,360f	0,28603	9,85	0,03178	0,039725	0,68	0,026218	1,68	
15	14	$\ell/15$	0,249f	0,29647	6,56	0,02117	0,039529	1,17	0,026356	1,16	
20	19	$\ell/20$	0,190f	0,30169	4,92	0,01588	0,039700	0,75	0,026740	0,30	

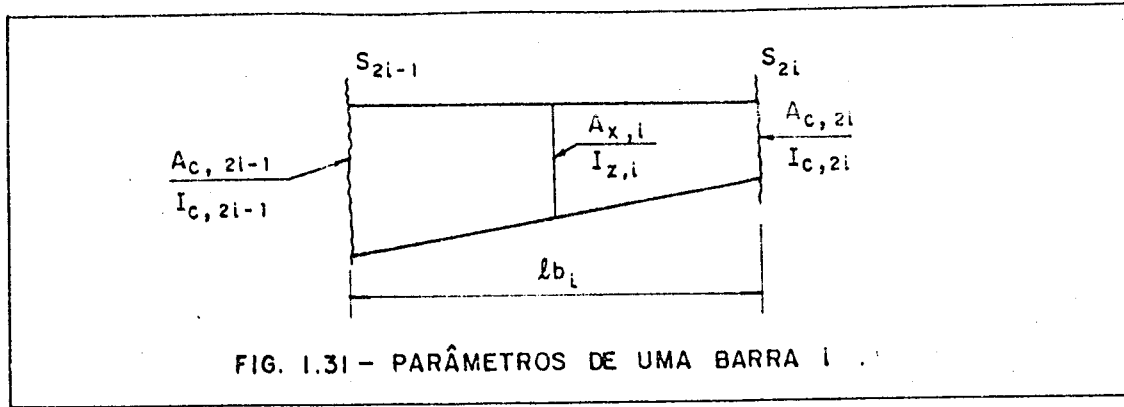
TABELA 3 - $f/l = 1/35$ e $\alpha_{REAL} = 0,227584\text{rad}$
 viga-bi-apoiada: $M_{comp} = 0,028570P\ell$
 viga bi-engastada: $M_{comp} = 0,019047P\ell$

NB	NV	COORD.		ÂNGULO α_{DIS}	ERRO %	ÂNG.DES VIO α_i	VIGA BI-APOIADA		VIGA BI-ENGASTADA	
		x	y				MCOMP/P ℓ	ERRO %	MCOMP/P ℓ	ERRO %
2	1	$\ell/2$	f	0,11416	49,83	0,11416	0,028540	0,10	0,014270	25,08
3	2	$\ell/3$	0,889f	0,15238	33,04	0,07619	0,025396	11,11	0,016931	11,11
5	4	$\ell/5$	0,640f	0,18235	19,87	0,04559	0,027354	4,25	0,018236	4,26
10	9	$\ell/10$	0,360f	0,20499	9,93	0,02277	0,028462	0,03	0,018785	1,37
15	14	$\ell/15$	0,249f	0,21252	6,62	0,01518	0,028326	0,81	0,018899	0,78
20	19	$\ell/20$	0,190f	0,21629	4,96	0,01138	0,028450	0,42	0,019171	0,62

Embora a comparação do momento fletor central para a viga bi-apoiada tenha dado um erro percentual de apenas 0,58% quando se toma $n_b = 2$ e $n_v = 1$, esta simplificação não é adequada pois incorre em um erro considerável quanto às forças cortantes. Na viga com carga distribuída a força cortante é nula no centro do vão, porém, com essa simplificação ele vale $\alpha_1 \cdot P/2$. Pela análise das tabelas, observa-se que um tramo com 10 barras discretas acarreta baixos percentuais de erros cometidos na comparação do momentos fletores. Com 10 barras, o momento central para vigas bi-apoiadas deu uma divergência de 0,03%, quando a relação f/l é 1/35. Com 10 barras, o momento no apoio para vigas bi-engastadas deu uma divergência de 1,37%, quando a relação f/l é 1/35.

1.6.2 - Substituição de barras de inércia variável por barras de inércia constante

Cada barra, mesmo possuindo inércia variável entre a seção inicial e a seção final, será considerada com uma área e um momento de inércia calculados na metade do comprimento. Este procedimento é para efeito da montagem da matriz de rigidez e por consequência, matrizes de influência explicadas na Parte III.



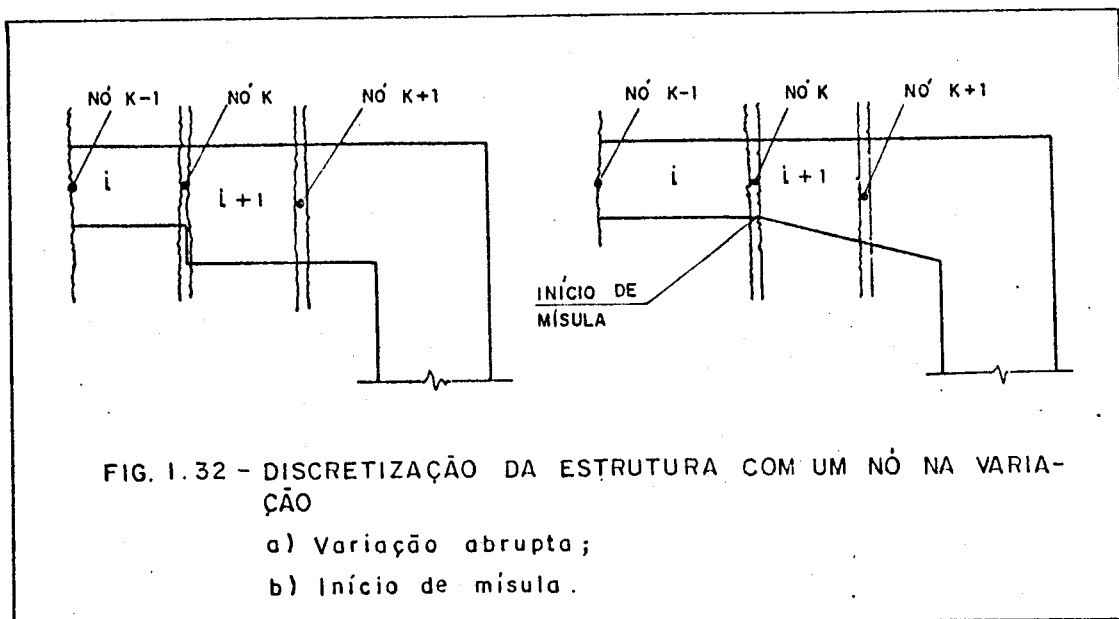
Na verificação das tensões não ocorre nenhuma simplificação, pois também são fornecidas as áreas e inércias das seções inicial e final de cada barra, conforme fig. 1.31.

1.7 - DISCRETIZAÇÃO DA ESTRUTURA

Os pórticos protendidos possuem pilares com cabos de protensão geralmente contínuos e retos. Em alguns casos não há necessidade de protender os "pilares". Salvo pilares de grande altura sujeitos a ação de ventos e pilares que suportam obras de contensão, a envoltória de momentos fletores é linear da base ao topo, acarretando cabos de protensão, retos. Disso decorre que cada pilar, poderá ser discretizado como uma única peça desde o apoio até o nó com a viga.

Quanto a superestrutura ou "viga", a discretização deve ser tal que atenda aos seguintes requisitos:

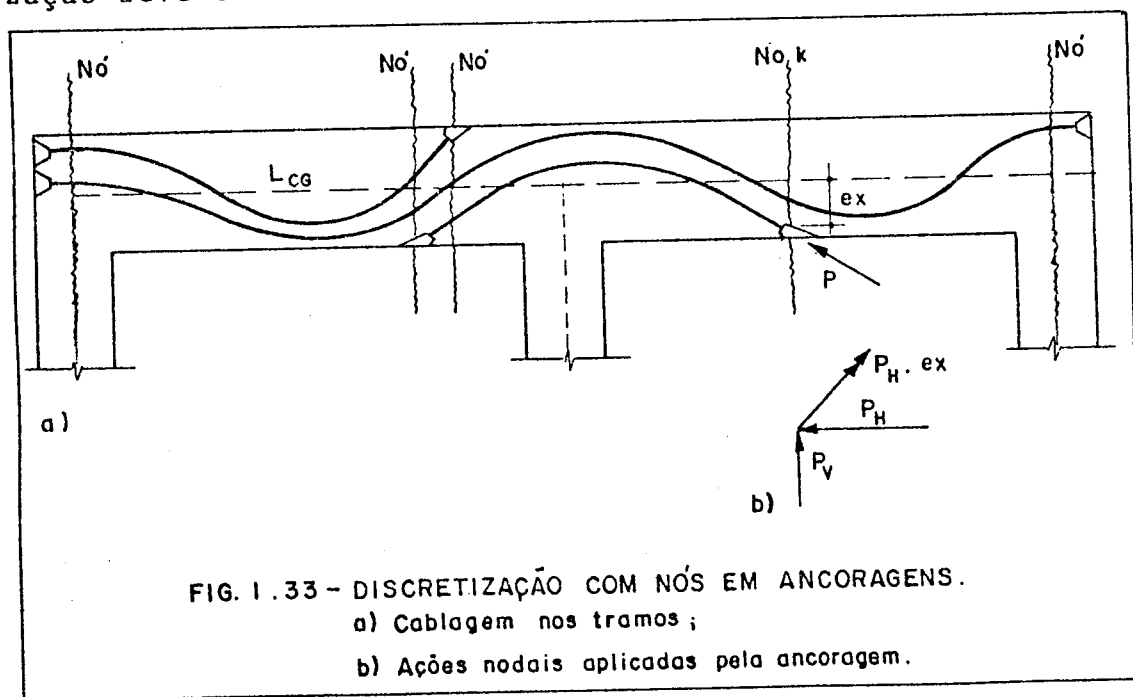
1.7.1 - Variação abrupta da seção ou início de mísula



Neste caso, obrigatoriamente, a discretização deve conter um nó k , exatamente na variação abrupta da seção ou no início da variação, pois estará discretizada a seção final da barra $i \rightarrow s_{2.i}$ e a seção inicial da barra $i + 1 \rightarrow s_{2(i+1)-1}$.

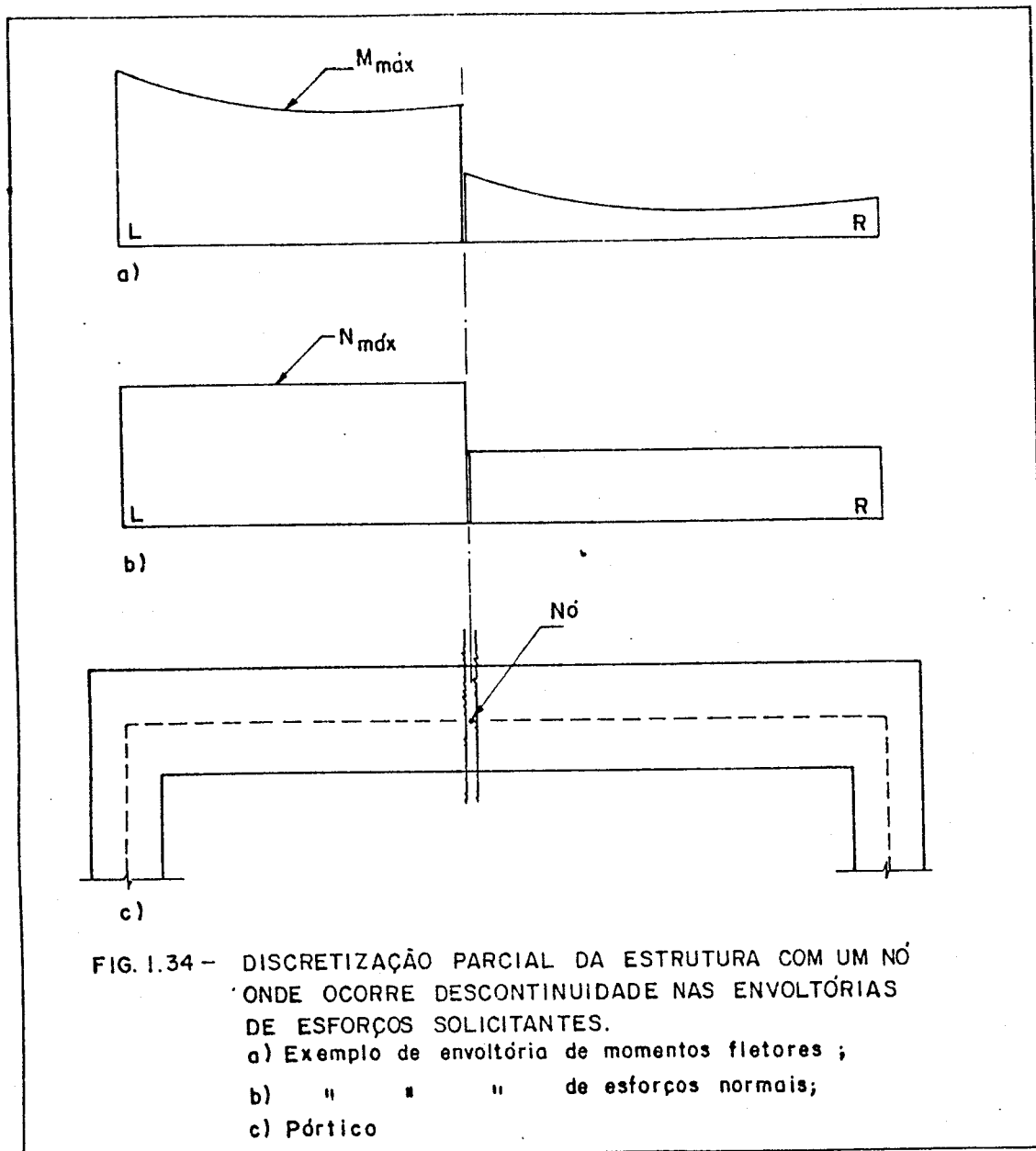
1.7.2 - Ancoragem de cabos

Pelo fato do carregamento aplicado ser nodal, e cada ancoragem ativa ou passiva aplicar carregamentos concentrados para efeito de uma análise global, toda discretização deve ter nós onde existirem extremidades de cabos.

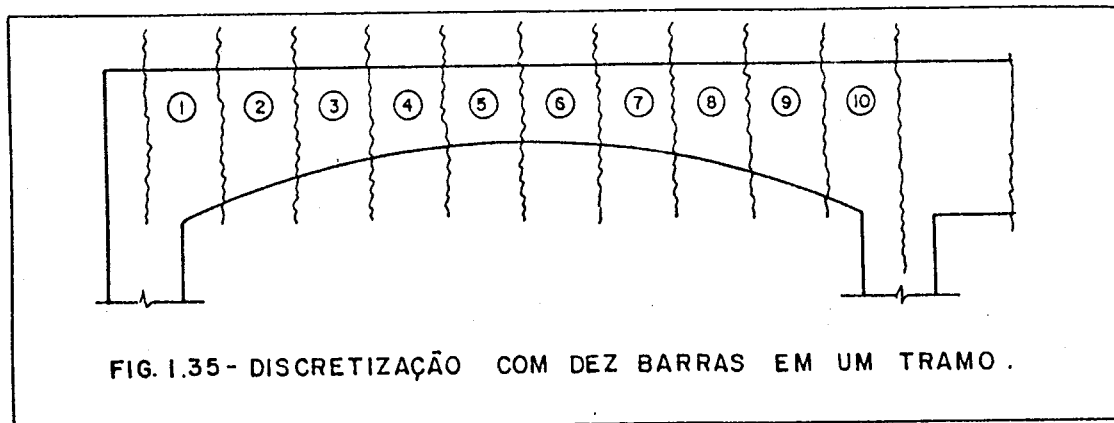


1.7.3 - Variações bruscas nos diagramas de esforços solicitantes.

A discretização da estrutura deve conter um nó, como indica a figura 1.34, na posição onde ocorrer uma descontinuidade na envoltória de momentos fletores ou de esforços normais. Assim os valores desses esforços antes e depois do "salto" serão fornecidos para a análise.



1.7.4 - Um número mínimo de 10 barras por tramo



Este valor do número mínimo de barras pode ser aumentado, dependendo não só das considerações anteriores, mas também da capacidade de memória central do computador utilizado e das seções interessadas na análise. Dependendo também da envergadura da obra (grandes vãos), a discretização com dez barras por tramo não é prudente. Por exemplo, num tramo de 220m, a divisão em dez barras acarreta barras com 22m de comprimento e a análise dar-se-ia a cada 22m, o que é desinteressante, pois o cabo provavelmente não será reto nessa extensão, além de interrupção de cabos nesse trecho e a variação da seção transversal da barra.

1.7.5 - Trechos com concretos de diferentes características de resistência

O algoritmo de cálculo adotado, considera, para cada barra, a resistência característica (f_{ck}) do concreto que a constitui. Então, na transição de concretos com diferentes resistência característica, deve ser discretizado um no. Isto, embora não ocorra com frequência nos projetos, tem particular utilização nos seguintes casos:

- a) Pórticos formados por blocos (barras) com concretos diferentes;
- b) Na análise de tensões quando um trecho da obra tenha sido efetuado com um concreto de resistência diferente da prevista, evidenciada pela esclerometria ou pelo rompimento dos corpos de prova do trecho.

PARTE II

ANÁLISE DAS TENSÕES RESISTENTES
COM PRÉ-DETERMINAÇÃO DO FUSO LIMITE

2.1 - CONVENÇÃO DE SINAIS

a) Para momentos fletores

A convenção de sinais para as envoltórias de momentos fletores é conforme a figura 2.1. Os momentos assinalados do lado tracejado são positivos.

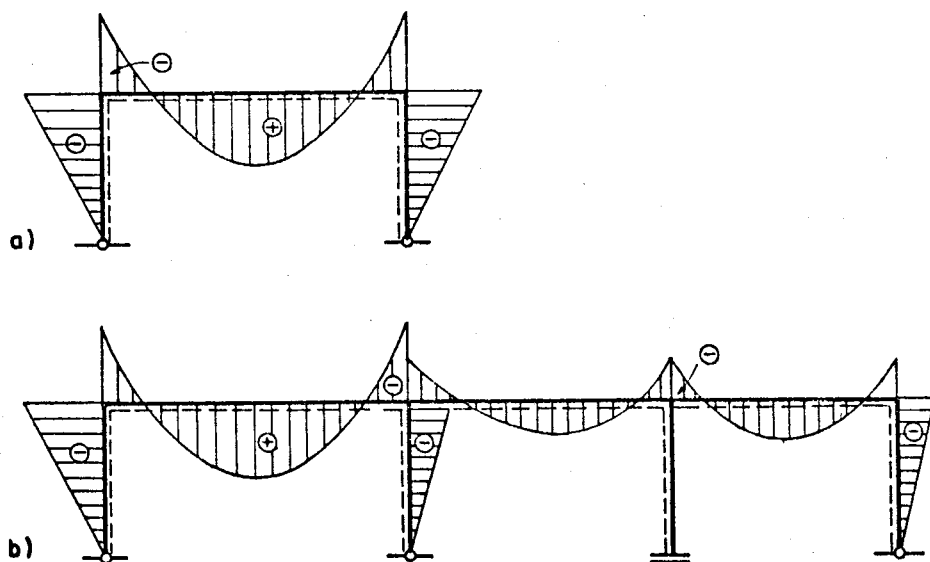


FIG. 2.1 - CONVENÇÃO DE SINAIS PARA MOMENTOS FLETORES .

a) Quadros simples ;

b) Quadros associados .

b) Para esforços normais

- é compressão;
- + é tração.

2.2 - EQUACIONAMENTO RESPEITANDO AS TENSÕES MÁXIMAS NO CONCRETO

Para a determinação do "fuso-limite" será atendido o que prescreve a NBR-7197/87 - PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO PROTENDIDO, item 9.2 - "ESTADOS LIMITES ÚLTIMOS DEVIDOS A SOLICITAÇÕES NORMAIS e o sub-item 9.2.2.2 "Verificação Simplificada", que diz nos três primeiros parágrafos o seguinte:

"Admite-se que a segurança em relação ao estado limite último no ato da protensão fique garantida, desde que com as solicitações determinadas com $\gamma_p = 1,1$ e $\gamma_f = 1,0$ ficam satisfeitas as seguintes condições:

- A tensão máxima de compressão na seção de concreto simples, calculada em regime elástico linear, não ultrapassa 70% da resistência característica f_{ckj} , prevista para a idade de aplicação da protensão como indicado em 9.2.2.1. A resistência f_{ckj} deve ser claramente especificada no projeto.
- A tensão máxima de tração do concreto, nas seções transversais, não ultrapassa 1,2 vezes a resistência f_{tk} correspondente ao valor f_{ckj} especificado".

Disso tem-se: $|\sigma_{cadm}| \leq 0,70 \cdot f_{ckj}$ e

$$\sigma_{tadm} \leq 1,2 \cdot f_{tk} .$$

Como os valores 0,70 e 1,2 que multiplicam f_{ckj} e f_{tk} , ainda são objetos de discussão pela Comissão da NBR-7197, é prudente adotar dois coeficientes que poderão ser definidos pe

lo projetista, dependendo dos critérios que o projeto requer. Esses coeficientes serão:

- c_c - para multiplicar f_{ck} , e
- c_t - para multiplicar f_{tk} .

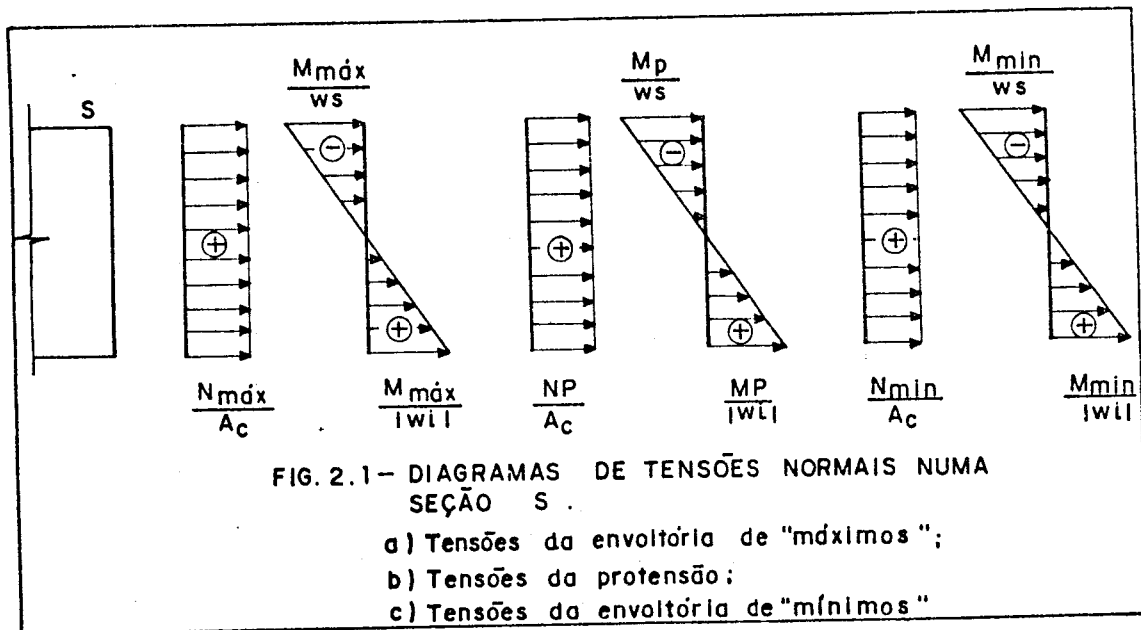
Assim tem-se: $|\sigma_{c adm}| \leq c_c \cdot f_{ck}$ e

$$\sigma_{t adm} \leq c_t \cdot f_{tk}$$

cujos valores serão utilizados para comparação com as tensões normais encontradas na análise.

Nas seções transversais dos pórticos, deve-se levar em conta a ação normal da protensão NP, ao invés da força de protensão P, que o cabo aplica na seção, para equacionar as tensões normais.

Sendo $\sigma_{c adm}$ um valor negativo, $\sigma_{t adm}$ um valor positivo, w_s positivo, w_i negativo e considerando o esquema de tensões abaixo, tem-se:



- Verificação à compressão na borda superior:

$$\frac{N_{m \acute{a}x} + NP}{A_c} - \frac{N_{m \acute{a}x} + MP}{w_s} \geq \sigma_{c adm} \quad (2.1)$$

Verificação à tração na borda superior:

$$\frac{N_{\min} + NP}{A_c} - \frac{M_{\min} + MP}{ws} \leq \sigma_{tadm} \quad (2.2)$$

Verificação à compressão na borda inferior:

$$\frac{N_{\min} + NP}{A_c} - \frac{M_{\min} + MP}{wi} \geq \sigma_{cadm} \quad (2.3)$$

Verificação à tração na borda inferior:

$$\frac{N_{\max} + NP}{A_c} - \frac{M_{\max} + MP}{wi} \leq \sigma_{tadm} \quad (2.4)$$

isolando-se MP nas inequações (2.1), (2.2), (2.3) e (2.4) vem:

$$MP \leq \frac{ws}{A_c} (NP + N_{\max}) - ws \sigma_{cadm} - M_{\max} \quad (2.5)$$

$$MP \geq \frac{ws}{A_c} (NP + N_{\min}) - ws \sigma_{tadm} - M_{\min} \quad (2.6)$$

$$MP \geq \frac{wi}{A_c} (NP + N_{\min}) - wi \sigma_{cadm} - M_{\min} \quad (2.7)$$

$$MP \leq \frac{wi}{A_c} (NP + N_{\max}) - wi \sigma_{tadm} - M_{\max} \quad (2.8)$$

Representando graficamente as inequações (2.5), (2.6), (2.7) e (2.8) em eixos cartesianos NP e MP, observa-se que as inequações (2.5) e (2.6) possuem declividade $\frac{ws}{A_c}$ positiva e que são paralelas. Ainda, as inequações (2.7) e (2.8) possuem declividade negativa wi/A_c , pois wi é negativo, e também são paralelas.

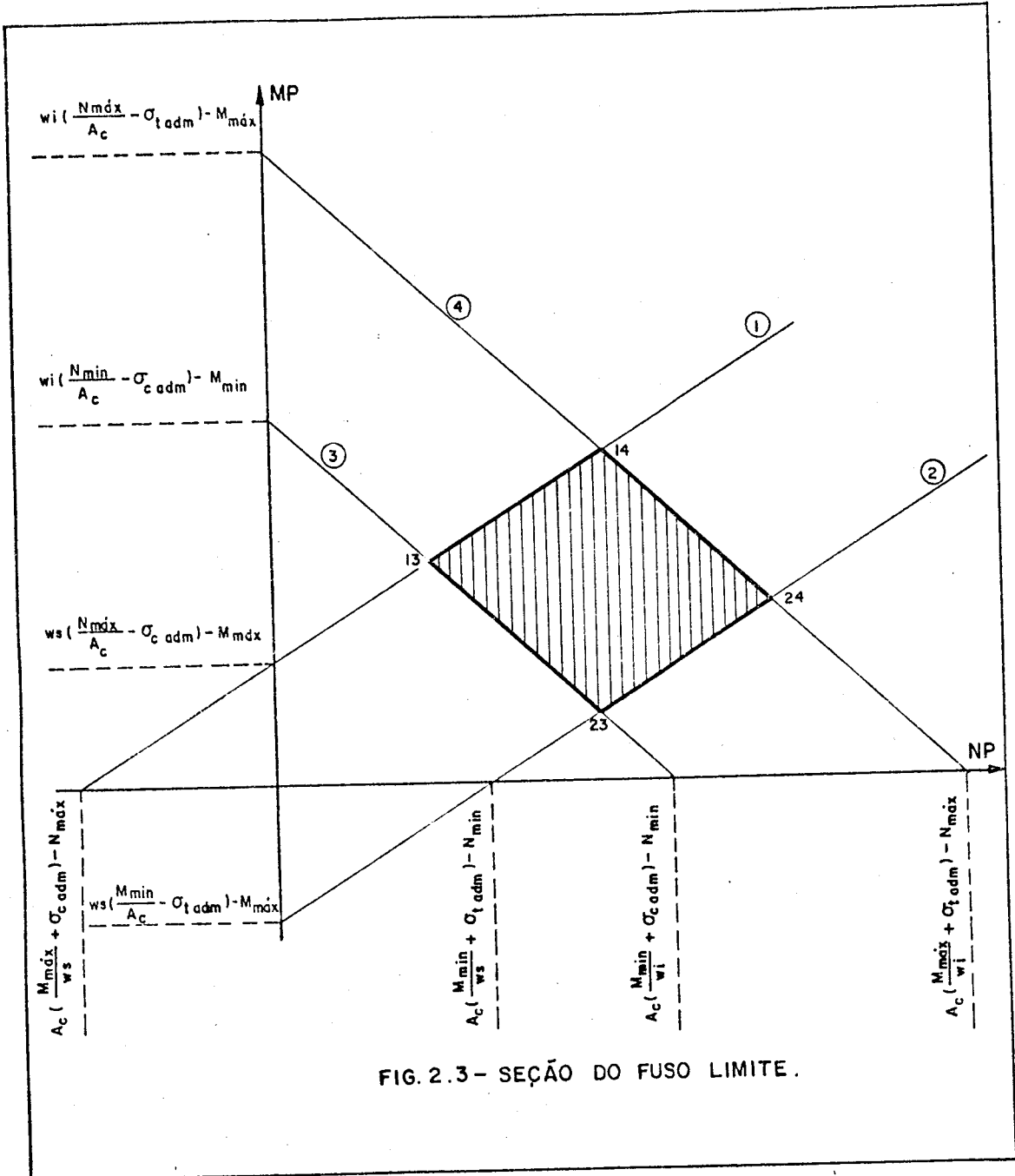
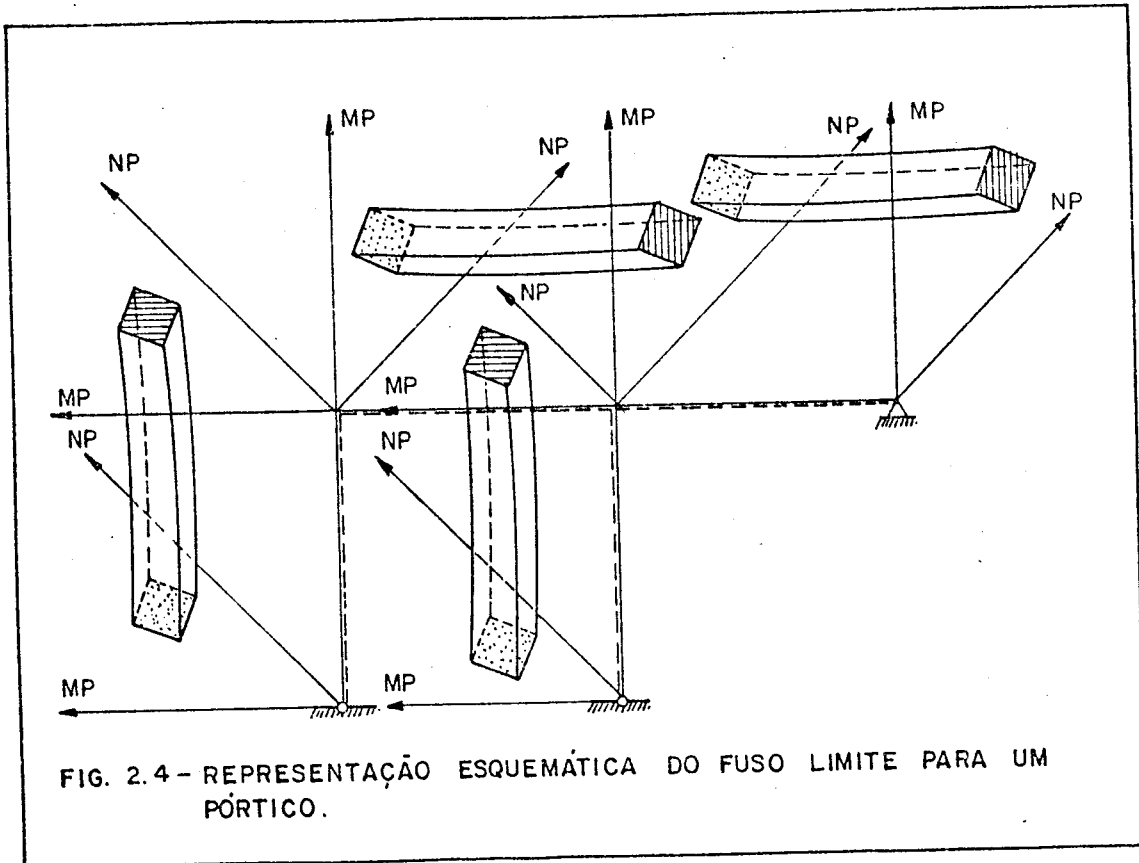


FIG. 2.3 - SEÇÃO DO FUSO LIMITE.

Como as inequações valem para todas as NS seções do pórtico, sendo $NS = 2.NB$, tem-se para cada tramo, regiões tridimensionais cujas seções transversais são em forma de paralelogramo. Essa região tridimensional chama-se fuso limite.



Qualquer solução para o pórtico deverão ser pares (MP; NP), cujo ponto representativo estará contido dentro do fusão limite da respectiva seção. Observe-se que nos pórticos é comum a descontinuidade do fusão limite em seções vizinhas devido à descontinuidade de esforços seccionais, notadamente na junção de barras não alinhadas.

2.3 - COORDENADAS DOS VÉRTICES DO FUSO LIMITE

Para a otimização do problema há que determinar, para cada seção, as coordenadas (MP; NP) dos vértices do paralelogramo e assim determina-se o próprio fusão limite.

Vértice 13 - canto esquerdo

Da inequação (2.5) $MP13 \leq \frac{ws}{A_c} (NP13 + N_{\max}^-) - ws \cdot \sigma_{\text{cadm}} - M_{\max}^-$,

da inequação (2.7) $MP13 \geq \frac{wi}{A_c} (NP13 + N_{\min}^-) - wi \cdot \sigma_{\text{cadm}} - M_{\min}^-$

igualando as duas, tem-se:

$$NP13 = \frac{A_c (M_{\max}^- - M_{\min}^-) - ws N_{\max}^- + wi N_{\min}^-}{ws - wi} + A_c \cdot \sigma_{\text{cadm}} \quad (2.9)$$

das mesmas inequações isolando NP13, tem-se:

$$NP13 \geq \frac{MP13 \cdot A_c + ws \cdot \sigma_{\text{cadm}} \cdot A_c + M_{\max}^- \cdot A_c - ws \cdot N_{\max}^-}{ws} \quad e$$

$$NP13 \geq \frac{MP13 \cdot A_c + wi \cdot \sigma_{\text{cadm}} \cdot A_c + M_{\min}^- \cdot A_c - wi \cdot N_{\min}^-}{wi} \quad ,$$

que igualadas, tem-se:

$$MP13 = \frac{wi \cdot M_{\max}^- - ws \cdot M_{\min}^- - \frac{wi \cdot ws}{A_c} (N_{\max}^- - N_{\min}^-)}{ws - wi} \quad (2.10)$$

Vértice 14 - canto superior

Da inequação (2.5) $MP14 \leq \frac{ws}{A_c} NP14 + \frac{ws}{A_c} N_{\max}^- - ws \cdot \sigma_{\text{cadm}} - M_{\max}^-$,

da inequação (2.8) $MP14 \leq \frac{wi}{A_c} NP14 + \frac{wi}{A_c} N_{\max}^- - wi \cdot \sigma_{\text{tadm}} - M_{\max}^-$

igualando as duas, tem-se:

$$NP14 = \frac{(ws \cdot \sigma_{\text{cadm}} - wi \cdot \sigma_{\text{tadm}}) \cdot A_c}{ws - wi} - N_{\max}^- \quad (2.11)$$

das mesmas inequações, isolando NP14, tem-se:

$$NP14 \geq \frac{MP14 \cdot A_c - ws \cdot N_{\max}^- + ws \cdot A_c \cdot \sigma_{\text{cadm}} + M_{\max}^- \cdot A_c}{ws} \quad e$$

$$NP14 \leq \frac{MP14 \cdot A_c - w_i \cdot N_{\max} + w_i \cdot A_c \cdot \sigma_{tadm} + M_{\max} \cdot A_c}{w_i},$$

que igualadas dão:

$$MP14 = - \frac{w_i \cdot w_s (\sigma_{tadm} - \sigma_{cadm})}{w_s - w_i} - M_{\max} \quad (2.12)$$

Vértice 23 - canto inferior

$$\text{Da inequação (2.3), } MP23 \geq \frac{w_s}{A_c} NP23 + \frac{w_s}{A_c} \cdot N_{\min} - w_s \cdot \sigma_{tadm} - M_{\min}$$

$$\text{e da inequação (2.7), } MP23 \geq \frac{w_i}{A_c} NP23 + \frac{w_i}{A_c} \cdot N_{\min} - w_i \cdot \sigma_{cadm} - M_{\min}$$

igualando as duas, tem-se:

$$NP23 = \frac{(w_s \cdot \sigma_{tadm} - w_i \cdot \sigma_{cadm}) A_c}{w_s - w_i} - N_{\min} \quad (2.13)$$

Das mesmas inequações, isolando NP23 em ambas, vem

$$NP23 \leq \frac{MP23 \cdot A_c + w_s \cdot A_c \cdot \sigma_{tadm} + A_c \cdot M_{\min} - w_s \cdot N_{\min}}{w_s} \quad e$$

$$NP23 \geq \frac{MP23 \cdot A_c + w_i \cdot A_c \cdot \sigma_{cadm} + A_c \cdot M_{\min} - w_i \cdot N_{\min}}{w_i}$$

que igualadas dão:

$$MP23 = \frac{w_i \cdot w_s (\sigma_{tadm} - \sigma_{cadm})}{w_s - w_i} - M_{\min} \quad (2.14)$$

Vértice 24 - canto direito

$$\text{Da inequação (2.6), } MP24 \geq \frac{w_s \cdot NP24}{A_c} + \frac{w_s \cdot N_{\min}}{A_c} - w_s \cdot \sigma_{tadm} - M_{\min}$$

e da inequação (2.8), $MP24 \leq \frac{wiNP24}{A_c} + \frac{wi.N_{\max}}{A_c} - wi\sigma_{tadm} - M_{\max}$

igualando as duas, tem-se:

$$NP24 = \frac{wiN_{\max} - ws.N_{\min} - (M_{\max} - M_{\min})A_c}{ws - wi} + \sigma_{tadm}.A_c \quad (2.15)$$

Das mesmas inequações isolando NP24 em ambas, vem

$$NP24 \leq \frac{MP24.A_c + ws.\sigma_{tadm}.A_c + M_{\min}.A_c - ws.N_{\min}}{ws} \quad e$$

$$NP24 \leq \frac{MP24.A_c + wi.\sigma_{tadm}.A_c + M_{\max}.A_c - wi.N_{\max}}{wi} \quad ,$$

que igualadas dão:

$$MP24 = \frac{wi.M_{\min} - ws.M_{\max} + \frac{wiws}{A_c}(N_{\max} - N_{\min})}{ws - wi} \quad (2.16)$$

2.4 - INTERSECÇÃO DAS RETAS DO FUSO LIMITE COM OS EIXOS MP E NP

Na figura 2.2 foram indicados os valores literais dos pontos onde as retas cortam os eixos, calculados como segue:

Da inequação (2.1)

$$MP \leq \frac{ws}{A_c}.NP + \frac{ws}{A_c}.N_{\max} - ws.\sigma_{cadm} - M_{\max}$$

fazendo NP = 0, sai: $MP \leq ws\left(\frac{N_{\max}}{A_c} - \sigma_{cadm}\right) - M_{\max}$,

fazendo $MP = 0$, sai: $NP \geq A_c \left(\frac{M_{\max}}{ws} + \sigma_{\text{cadm}} \right) - N_{\max}$

Da inequação (2.2):

$$MP \geq \frac{ws}{A_c} (NP + N_{\min}) - ws \cdot \sigma_{\text{tadm}} - M_{\min}$$

fazendo $NP = 0$, sai: $MP \geq ws \left(\frac{N_{\min}}{A_c} - \sigma_{\text{tadm}} \right) - M_{\min}$,

fazendo $MP = 0$, sai: $NP \geq A_c \left(\frac{M_{\min}}{ws} + \sigma_{\text{tadm}} \right) - N_{\min}$

Da inequação (2.3):

$$MP \geq \frac{wi}{A_c} (NP + N_{\min}) - wi \sigma_{\text{cadm}} - M_{\min}$$

fazendo $NP = 0$, sai $MP \geq wi \left(\frac{N_{\min}}{A_c} - \sigma_{\text{cadm}} \right) - M_{\min}$,

fazendo $MP = 0$, sai $NP \leq A_c \left(\frac{M_{\min}}{wi} + \sigma_{\text{cadm}} \right) - N_{\min}$

Da inequação (2.4)

$$MP \leq \frac{wi}{A_c} (NP + N_{\max}) - wi \sigma_{\text{tadm}} - M_{\max}$$

fazendo $NP = 0$, sai: $MP \leq wi \left(\frac{N_{\max}}{A_c} - \sigma_{\text{tadm}} \right) - M_{\max}$

fazendo $MP = 0$, sai: $NP \geq A_c \left(\frac{M_{\max}}{wi} + \sigma_{\text{tadm}} \right) - N_{\max}$

Esses valores foram assinalados na fig.2.2.

2.5 - DISTÂNCIA HORIZONTAL ENTRE AS RETAS PARALELAS DO FUSO LIMITE

Seja a figura abaixo:

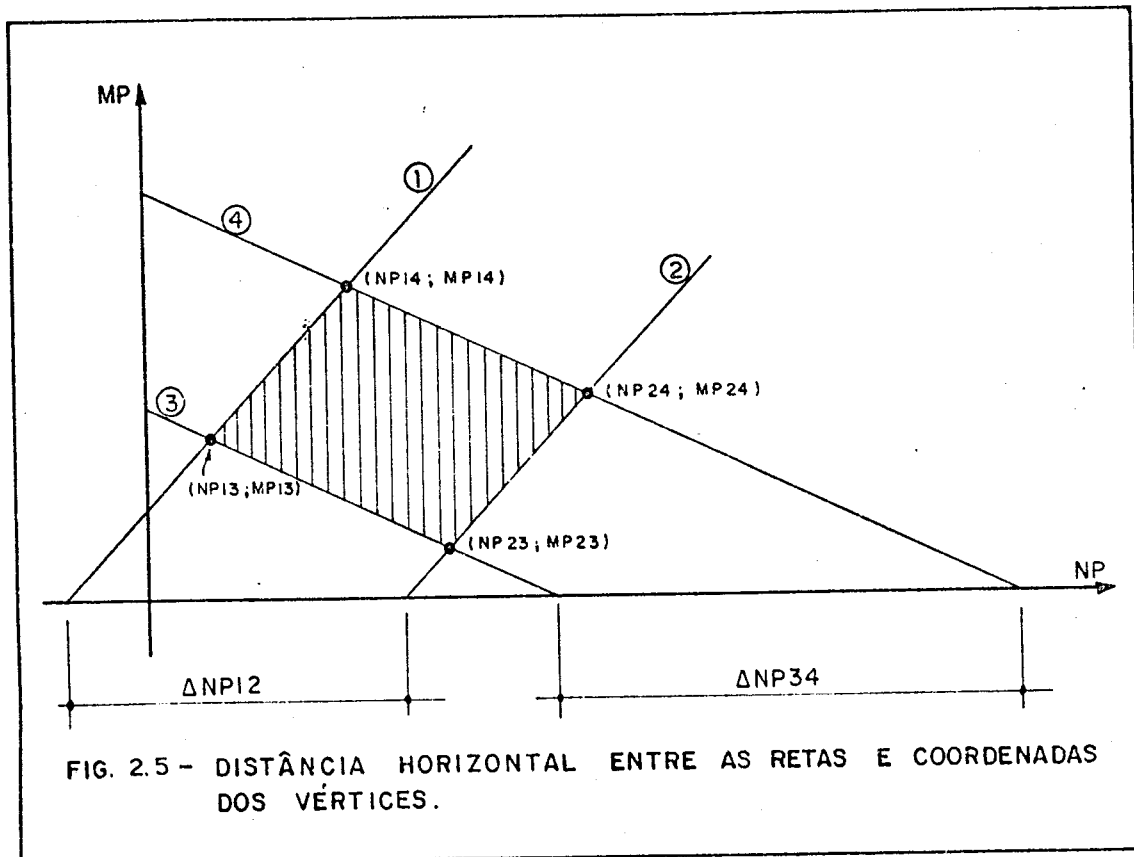


FIG. 2.5 - DISTÂNCIA HORIZONTAL ENTRE AS RETAS E COORDENADAS DOS VÉRTICES.

- cálculo de $\Delta NP12$:

Subtraindo-se o valor onde a reta 1 corta o eixo NP, do respectivo valor da reta 2, tem-se:

$$\Delta NP12 = \frac{A_c}{ws} (M_{\min} + ws \cdot \sigma_{tadm}) - N_{\min} - \frac{A_c}{ws} (M_{\max} + ws \cdot \sigma_{cadm}) + N_{\max}$$

$$\Delta NP12 = A_c \left(\frac{M_{\min} - M_{\max}}{ws} + \sigma_{tadm} - \sigma_{cadm} \right) + (N_{\max} - N_{\min})$$

(2.17)

- cálculo de $\Delta NP34$:

Subtraindo-se o valor onde a reta 3 corta o eixo NP, do respectivo valor da reta 4, tem-se:

$$\Delta NP34 = \frac{A_c}{w_i} (M_{\max} + w_i \cdot \sigma_{tadm}) - N_{\max} - \frac{A_c}{w_i} (M_{\min} + w_i \cdot \sigma_{cadm}) + N_{\min}$$

$$\Delta NP34 = A_c \left(\frac{M_{\max} - M_{\min}}{w_i} + \sigma_{tadm} - \sigma_{cadm} \right) - (N_{\max} - N_{\min}) \quad (2.18)$$

- Se houver simetria na seção $w_s = |w_i|$ e ainda $\Delta N = N_{\max} - N_{\min} = 0$, tem-se $\Delta NP12 = \Delta NP34$. Daí a figura torna-se um losângo com $NP14 = NP23$ (vértices 14 e 23 na mesma vertical) e $MP13 = MP24$ (vértices 13 e 24 na mesma horizontal).

2.6 - POSSIBILIDADES DE PROTENSÃO

- Para que haja possibilidade de protensão em um determinado pórtico, os pares (MP; NP) nas seções devem estar contidos dentro do fuso limite. Porém, o paralelogramo da figura 2.2 poderá, para determinados valores de w_s , w_i , A_c , N_{\max} , N_{\min} , M_{\max} , M_{\min} , σ_{tadm} e σ_{cadm} , se reduzir em uma das três situações extremas:

- Situação em que as retas (1) e (2) coincidem e as retas (3) e (4) são paralelas. Para este caso o paralelogramo se reduz a um segmento de reta conforme ilustra a figura 2.6.a);
- Situação em que as retas (3) e (4) coincidem e as retas (1) e (2) são paralelas. Para este caso o paralelogramo se reduz a um segmento de reta conforme ilustra a figura 2.6.b);
- Situação em que as retas (1) e (2) coincidem e as retas (3) e (4) também coincidem. Para este caso o paralelogramo se reduz a um ponto conforme ilustra a figura 2.6.c);

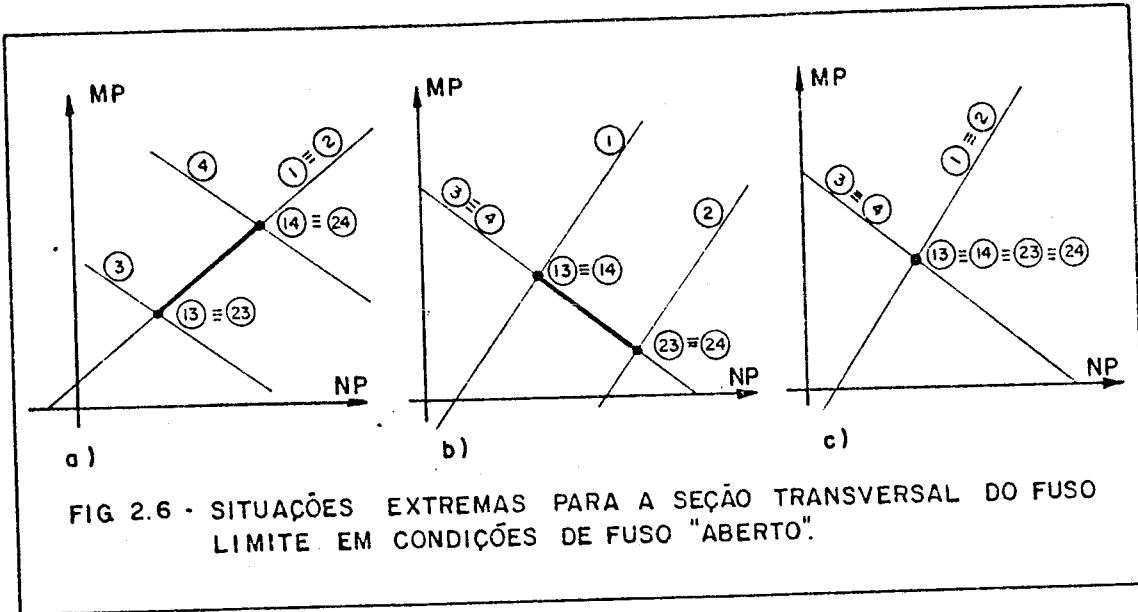


FIG 2.6 - SITUAÇÕES EXTREMAS PARA A SEÇÃO TRANSVERSAL DO FUSO LIMITE EM CONDIÇÕES DE FUSO "ABERTO".

Para a situação a) é possível relacionar os parâmetros envolvidos nas inequações (2.5) e (2.6) da seguinte maneira:

$$\text{Inequação (2.5)} \rightarrow MP \leq \frac{ws}{A_c} \cdot (NP + N_{\max}) - ws \cdot \sigma_{cadm} - M_{\max};$$

$$\text{Inequação (2.6)} \rightarrow MP \geq \frac{ws}{A_c} \cdot (NP + N_{\min}) - ws \cdot \sigma_{tadm} - M_{\min},$$

ou:

$$\frac{ws}{A_c} (NP + N_{\max}) - ws \cdot \sigma_{cadm} - M_{\max} > MP > \frac{ws}{A_c} (NP + N_{\min}) - ws \cdot \sigma_{tadm} - M_{\min}$$

então:

$$\frac{ws}{A_c} (NP + N_{\max}) - ws \cdot \sigma_{cadm} - M_{\max} > \frac{ws}{A_c} (NP + N_{\min}) - ws \cdot \sigma_{tadm} - M_{\min}$$

Simplificando $\frac{ws}{A_c} \cdot NP$, comum nos dois membros e

agrupando parâmetros de mesma dimensional, tem-se:

$$\frac{ws}{A_c}(N_{\max} - N_{\min}) + ws \cdot (\sigma_{\text{tadm}} - \sigma_{\text{cadm}}) \geq M_{\max} - M_{\min}, \quad \text{ou:}$$

$$M_{\max} - M_{\min} \leq ws \cdot (\sigma_{\text{tadm}} - \sigma_{\text{cadm}}) + \frac{ws}{A_c}(N_{\max} - N_{\min}) \quad (2.19)$$

Para a situação b) é possível relacionar os parâmetros envolvidos nas inequações (2.3) e (2.4) da seguinte maneira:

$$\text{Inequação (2.3)} \rightarrow MP \geq \frac{wi}{A_c}(NP + N_{\min}) - wi \cdot \sigma_{\text{cadm}} - M_{\min};$$

$$\text{Inequação (2.4)} \rightarrow MP \leq \frac{wi}{A_c}(NP + N_{\max}) - wi \cdot \sigma_{\text{tadm}} - M_{\max}, \quad \text{ou:}$$

$$\frac{wi}{A_c} \cdot (NP + N_{\max}) - wi \cdot \sigma_{\text{tadm}} - M_{\max} \geq MP \geq \frac{wi}{A_c} \cdot (NP + N_{\min}) - wi \cdot \sigma_{\text{cadm}} - M_{\min}$$

$$\text{então: } \frac{wi}{A_c} \cdot (NP + N_{\max}) - wi \cdot \sigma_{\text{tadm}} - M_{\max} \geq \frac{wi}{A_c} \cdot (NP + N_{\min}) - wi \cdot \sigma_{\text{cadm}} - M_{\min}$$

Simplificando $\frac{wi}{A_c} \cdot NP$, comum nos dois membros e agrupando parâmetros de mesma dimensional, tem-se:

$$\frac{wi}{A_c}(N_{\max} - N_{\min}) - wi(\sigma_{\text{tadm}} - \sigma_{\text{cadm}}) \geq M_{\max} - M_{\min}, \quad \text{ou:}$$

$$M_{\max} - M_{\min} \leq wi \cdot (\sigma_{\text{cadm}} - \sigma_{\text{tadm}}) + \frac{wi}{A_c}(N_{\max} - N_{\min}) \quad (2.20)$$

$$\text{Fazendo: } \Delta M = M_{\max} - M_{\min}; \quad \Delta N = N_{\max} - N_{\min} \quad \text{e}$$

$$\Delta \sigma = \sigma_{\text{tadm}} - \sigma_{\text{cadm}}, \quad \text{as duas inequações 2.19 e}$$

2.20 ficam:

$$\Delta M \leq ws (\Delta \sigma + \Delta N/A_c) \quad (2.21)$$

$$\Delta M \leq wi (-\Delta \sigma + \Delta N/A_c) \quad (2.22)$$

2.7 - PROGRAMA FUSO.FOR

Para automatizar os cálculos desta parte, foi elaborado o programa FUSO.FOR que efetua leituras do arquivo de dados A:PROENV.DAT, mostra resultados em vídeo ou impressora e armazena dados, necessários aos programas seguintes, nos arquivos C:PROPRIE.DAT, C:PROTENS.DAT e C:VERTICE.DAT.

A execução do programa FUSO.FOR prossegue quando as inequações 2.21 e 2.22 estiverem satisfeitas, caso contrário a análise é interrompida, quando então o computador emite uma mensagem que há seções insuficientes e quais as seções que deverão ser alteradas.

2.7.1 - Algoritmo do programa FUSO.FOR

- Leitura no vídeo, das unidades de saída dos resultados que podem ser vídeo, ou impressora, ou arquivo;
- Leitura no arquivo de dados A:PROENV.DAT do nome da obra, das propriedades geométricas e físicas do pórtico, e respectivas listagens;
- Gravação de dados necessários à sequência do processamento nos arquivos c:PROPRIE.DAT e C:PROTENS.DAT localizados no disco WINCHESTER;
- Leitura, no arquivo de dados A:PROENV.DAT, das características das seções analisadas e das envoltórias de esforços normais e momentos fletores, e respectivas listagens;
- Cálculo para cada seção das tensões máximas de tração e de compressão;
- Verificação da suficiência das seções, interrompendo o processamento se houver seção(ões) insuficiente(s) e indicando-a(s) no vídeo, ou no arquivo, ou na listagem;

- Cálculo para cada seção, dos vértices do fuso limite (NP; MP) a partir das envoltórias, tensões máximas no concreto e geometria.
- Armazenagem dos vértices do fuso-limite no arquivo C:VERTICE.DAT;
- Cálculo e impressão do intervalo de variação do esforço normal.

2.7.2 - Entrada de dados para o programa FUSO.FOR

Com exceção das variáveis inteiras $v1$ e $v2$ que definem as unidades de saída de resultados e são informadas através do vídeo, os dados serão lidos do arquivo formatado A:PROENV.DAT. A apresentação seguinte mostra as variáveis na parte superior da linha tracejada e as respectivas formatações na parte inferior.

a) No vídeo:

Unidades de saída

```

V1      V2
'.....'.....'
I1      I1

```

b) No arquivo A:PROENV.DAT

- Nome da obra:

```

                                TIT
'.....'.....'
                                A40

```

- Dados da estrutura:

```

NB   NNOS  NAP   NBP   NS   CC   CT
'.....'.....'.....'.....'.....'.....'.....'.....'
I5   I5   I5   I5   I5   F5.3 F5.3

```

- Coordenadas dos nós:

```

k      x(k)      y(k)
'.....'.....'.....'.....'.....'.....'.....'
I5      F10.2    F10.2

```

- Incidência das barras:

```

    I   NI(I) NF(I)
'.....'.....'.....'
    I5   I5   I5
  
```

- Propriedades das barras:

```

    I           Ax(I)           IZ(I)
'.....'.....'.....'.....'.....'
    I5           F20.4           F20.4

    FCK(I)
'.....'
    F20.4
  
```

- Apoios e respectivas restrições de movimentos:

```

    k   RD(3k-2)RD(3k-1)RD(3k)
'.....'.....'.....'.....'
    I5   I5   I5   I5
  
```

- Propriedades das seções:

```

    S           HS(S)           HI(S)           AC(S)
'.....'.....'.....'.....'.....'
    I5           F15.2           F15.2           F15.2

    IC(S)
'.....'
    F15.2
  
```

- Envoltória dos esforços solicitantes:

```

    S   MMAX(S)   MMIN(S)   MG(S)
'.....'.....'.....'.....'
    I5   F10.2   F10.2   F10.2

    NMAX(S)   NMIN(S)   NG(S)
'.....'.....'.....'
    F10.2   F10.2   F10.2
  
```

2.7.3 - Listagem do programa FUSO.FOR

```

PROGRAM FUSO
*****
C *          DISSERTACAO DE MESTRADO          *
C *          *          *          *          *
C *  CURSO : MESTRADO EM ENGENHARIA DE ESTRUTURAS  *
C *  TITULO: ANALISE DE PORTICOS PLANOS PROTENDIDOS *
C *  AUTOR : ENG. JOAO AMILTON MENDES UEPG-PONTA GROSSA-PR *
C *  ORIENTADOR: PROF. DR. ILIO MONTANARI          *
C *  INICIO: JULHO DE 1986          DEFESA: JANEIRO DE 1988 *
C *          ESCOLA DE ENGENHARIA DE SAO CARLOS - USP    *
C *****
C *          COMENTARIOS          *
C *  ESTE PROGRAMA EFETUA:          *
C *    - LEITURA DE PROPRIEDADES DO PORTICO NO ARQUIVO A:PROENV. *
C *      DAT          *
C *    - LEITURA E IMPRESSAO DAS ENVOLTORIAS DE ESFORÇOS NORMAIS *
C *      E DE MOMENTOS FLETORES DO PORTICO          *
C *    - CALCULO DA REGIAO DE FACTIBILIDADE (MP;NP) PARA CADA SE-- *
C *      CAO A PARTIR DAS ENVOLTORIAS, RESISTENCIA DO CONCRETO E *
C *      GEOMETRIA DAS SECOES          *
C *    - GRAVACAO DOS RESULTADOS NO ARQUIVO C:FUSO.RES    *
C *          *
C *  DIMENSIONAMENTO:          *
C *    -LB(NB),NI(NB),NF(LB),SENAL(LB),COSAL(LB),HI(2NB),HS(2NB) *
C *      MMAX(2NB),MMIN(2NB),MG(2NB),MMAX(2NB),MMIN(2NB),NG(2NB), *
C *      TC(2NB),TT(2NB),IC(2NB),WS(2NB),WI(2NB),MP13(2NB), *
C *      MP14(2NB),MP23(2NB),MP24(2NB),NP13(2NB),NP14(2NB), *
C *      NP23(2NB),NP24(2NB),AC(2NB),FCK(NB),FTK(NB)          *
C *          *
C *    -NUMERO DE BYTES= 51*NB*4=204*NB=6936=7KB (PARA 34 BARRAS)*
C *          *
C *  OBSERVACOES:          *
C *    -UNIDADES KN E CM, TENSOES EM MPa.          *
C *****
C *          DADOS DE ENTRADA          *
C *    - ARQUIVO 5 - A:PROENV.DAT          *
C *          *
C *  NB      =NUMERO DE BARRAS DO PORTICO          *
C *  NNOS    =NUMERO DE NOS          *
C *  NAP     =NUMERO DE APOIOS DO PORTICO          *
C *  NBP     =NUMERO DE BARRAS PROTENDIDAS          *
C *  CC      =COEFICIENTE DE COMPRESSAO (RAZAO TC/FCK)          *
C *  CT      =COEFICIENTE DE TRACAO      (RAZAO TT/FTK)          *
C *  X(K)    =ABCISSA DO NO' K          *
C *  Y(K)    =ORDENADA DO NO' K          *
C *  NI(I)   =NO' INICIAL DA BARRA I          *
C *  NF(I)   =NO' FINAL DA BARRA I          *
C *  AX(I)   =AREA DA SECAO TRANSVERSAL DA BARRA I          *
C *  IZ(I)   =MOMENTO DE INERCIA DA SECAO TRANSVERSAL MEDIA EM *
C *          RELACAO A Z DA BARRA I          *
C *  FCK(I)  =RESISTENCIA CARACTERISTICA A COMPRESSAO DO CONCRETO *
C *          QUE CONSTITUI A BARRA I (EM MPA)          *

```



```

C * RD(K) =RESTRICAO AO DESLOCAMENTO DA COORDENADA GLOBAL K *
C * HS(S) =DISTANCIA DO CG DA SECAO ATE'A BORDA SUPERIOR OU ESQ. *
C * HI(S) =DISTANCIA DO CG DA SECAO ATE'A BORDA INFERIOR OU DIR. *
C * AC(S) =AREA DE CONCRETO DA SECAO S *
C * IC(S) =MOMENTO DE INERCIA A FLEXAO DA SECAO S EM RELACAO A UM*
C * EIXO BARICENTRAL NORMAL AO PLANO DO PORTICO *
C * MMAX(S)=MAIOR MOMENTO QUE SOLICITA A SECAO S *
C * MMIN(S)=MENOR MOMENTO QUE SOLICITA A SECAO S *
C * MG(S) =MOMENTO CORRESPONDENTE A CARGA PERMANENTE NA PROTENSAO*
C * NMAX(S)=NORMAL CORRESPONDENTE AO MAIOR MOMENTO NA SECAO S *
C * NMIN(S)=NORMAL CORRESPONDENTE AO MENOR MOMENTO NA SECAO S *
C * NG(S) =NORMAL CORRESPONDENTE A CARGA PERMANENTE NA PROTENSAO *
C *****
C * DADOS DE SAIDA *
C * FTK(i) =RESISTENCIA CARACTERISTICA DO CONCRETO A TRACAO DA *
C * BARRA I *
C * EC(i) =MODULO DE ELASTICIDADE LONGITUDINAL DO CONCRETO QUE *
C * CONSTITUI A BARRA I *
C * LB(i) =COMPRIMENTO DA BARRA I *
C * SENAL(i)=SENO DO ANGULO DA BARRA I *
C * COSAL(i)=COSSENO DO ANGULO DA BARRA I *
C * MP13(S) =MOMENTO DO VERTICE ESQUERDO DO FUSO LIMITE *
C * MP14(S) =MOMENTO DO VERTICE SUPERIOR DO FUSO LIMITE *
C * MP23(S) =MOMENTO DO VERTICE INFERIOR DO FUSO LIMITE *
C * MP24(S) =MOMENTO DO VERTICE DIREITO DO FUSO LIMITE *
C * NP13(S) =NORMAL DO VERTICE ESQUERDO DO FUSO LIMITE *
C * NP14(S) =NORMAL DO VERTICE SUPERIOR DO FUSO LIMITE *
C * NP23(S) =NORMAL DO VERTICE INFERIOR DO FUSO LIMITE *
C * NP24(S) =NORMAL DO VERTICE DIREITO DO FUSO LIMITE *
C *****
C
C CHARACTER TIT#40
C DIMENSION COSAL(34),SENAL(34),EC(34),X(34),Y(34),AX(34),FCK(34),
C *FTK(34),TC(68),TT(68),WS(68),WI(68),AC(68),HS(68),HI(68)
C REAL MMAX(68),MMIN(68),MG(68),NMAX(68),NMIN(68),NG(68),MP13(68),
C *MP14(68),MP23(68),MP24(68),NP13(68),NP14(68),NP23(68),NP24(68),
C *NP13MAX,NP24MIN,IC(68),LB(34),IZ(34)
C INTEGER NI(34),NF(34),V1,V2,S,RD(105),SEC13(68),SEC24(68)
C
C OPEN(1,FILE='PRN')
C OPEN(2,FILE='C:FUSO.RES',STATUS='NEW',FORM='FORMATTED')
C OPEN(5,FILE='PROENV.DAT',FORM='FORMATTED')
C OPEN(6,FILE='C:PROPRIE.DAT',STATUS='NEW',FORM='UNFORMATTED')
C OPEN(7,FILE='C:PROTENS.DAT',STATUS='NEW',FORM='UNFORMATTED')
C OPEN(8,FILE='C:VERTICE.DAT',STATUS='NEW',FORM='UNFORMATTED')
C Colocar o valor de s conforme se quer o dispositivo de saida (v1=0
C e v2=0 e'video, v1=1 e v2=1 e'imprensa, v1=2 e v2=2 e'arquivo
C FUSO.RES)
C WRITE(*,10)
C 10 FORMAT(/,1X,'DIGITE AS UNIDADES DE SAIDA V1,V2 NO FORMATO 2I1: '/')
C READ(*,20)V1,V2

```

```

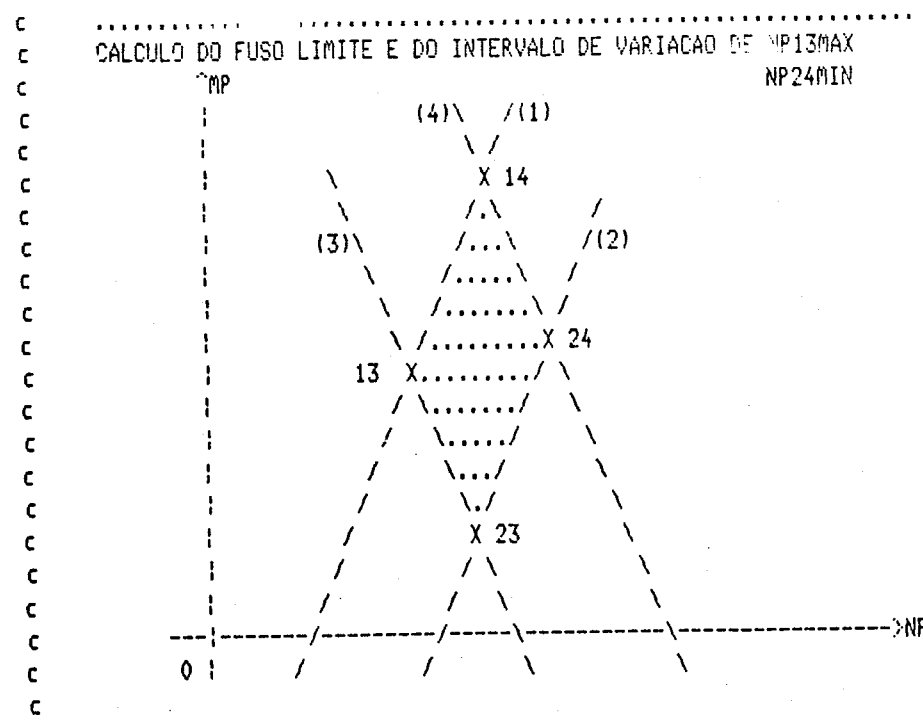
20 FORMAT(2I1)
   write(v2,30)
30 format(8x,'RESULTADOS DO PROGRAMA FUSO.FOR',/)
c  Leitura dos dados iniciais de entrada
   READ(5,35)TIT
35 FORMAT(5X,A40)
   READ(5,40)NB,NNOS,NAP,NBP,CC,CT
40 FORMAT(4I5,2F5.3)
   NS=2*NB
c  Impressao dos dados de entrada
   WRITE(V2,50)TIT,NB,NNOS,NAP,NBP,NS
50 FORMAT(5X,A40,/,5X,'DADOS DA ESTRUTURA',/,5X,
* 'NO. DE BARRAS=',I3,/,5X,
* 'NO. DE NOS=',I3,/,5X,
* 'NO. DE APOIOS=',I3,/,5X,
* 'NO. DE BARRAS PROTENDIDAS=',I3,/,5X,
* 'NO. DE SECOES ANALISADAS=',I3,/)
   write(v2,60)
60 format(5x,'COORDENADAS DOS NOS:',/,5x,'NO',12x,'X',15x,'Y',/)
c  Leitura e impressao das coordenadas dos nos
   DO 90 J=1,NNOS
   READ(5,70)K,X(K),Y(K)
70 FORMAT(15,2F10.2)
   WRITE(V2,80)K,X(K),Y(K)
80 FORMAT(17,9X,F8.2,8X,F8.2)
90 CONTINUE
   write(v2,100)
100 format(//,5x,'INCIDENCIA DAS BARRAS:',/,5x,'BARRA      NO INICIAL
* NO FINAL',/)
c  Leitura e impressao das incidencias das barras
   do 130 j=1,nb
   read(5,110)i,ni(i),nf(i)
110 format(3i5)
   write(v2,120)i,ni(i),nf(i)
120 format(i7,2i12)
130 continue
   write(v2,140)
140 format(//,5x,'PROPRIEDADES DAS BARRAS:',/,5x,'BARRA COMPRIMENTO
* AREA      MOM.INERCIA      COS.ALFA      SEN.ALFA      FCK      FTK
* EC',/)
c  Leitura, calculo e impressao de algumas propriedades das barras
   do 170 j=1,nb
   read(5,150)i,ax(i),iz(i),fck(i)
150 format(i5,3f20.4)
   aux1=x(nf(i))-x(ni(i))
   aux2=y(nf(i))-y(ni(i))
   lb(i)=sqrt(aux1**2+aux2**2)
   cosal(i)=aux1/lb(i)
   senal(i)=aux2/lb(i)
   ftk(i)=.06*fck(i)+.7
   IF(fck(i).LE.18.) ftk(i)=fck(i)/10

```

```

ec(i)=6600*sqrt(fck(i)+3.5)
write(v2,160)i,lb(i),ax(i),iz(i),cosal(i),senal(i),fck(i),ftk(i),e
*c(i)
160 format(i8,6x,f7.2,2x,f9.2,1x,f15.4,2x,f9.6,3x,f9.6,2f8.2,2x,f9.2)
170 CONTINUE
c   Calculo do numero de coordenadas globais
    ncoord=3*nnos
c   Geracao do vetor das restricoes dos deslocamentos nodais
    do 180 j=1,ncoord
      rd(j)=0
c   Se deslocamento livre ----- rd=0
c   Se deslocamento impedido-----rd=1
180 continue
c   Leitura de cada apoio e respectivas restricoes de movimento
    do 200 j=1,nap
      read(5,190)k,rd(3*k-2),rd(3*k-1),rd(3*k)
190 format(4i5)
200 continue
      write(v2,210)
210 format(//,5x,'VINCULOS NODAIS:',/,5x,'NO',6x,'VINCULO X',5x,'VINC
*ULO Y',5x,'VINCULO Z',/)
c   Impressao de todos os nos e respectivas restricoes de movimento
    do 230 j=1,nnos
      write(v2,220)j,rd(3*j-2),rd(3*j-1),rd(3*j)
220 format(i7,8x,i3,11x,i3,11x,i3)
230 continue
      WRITE(6)V1,V2,NB,NNOS,NI,NF,SENAL,COSAL,LB,EC,AX,IZ,RD
      WRITE(7)V1,V2,NB,NNOS,NAP,NBP,NS,NI,NF,SENAL,COSAL,LB

```



DO 235 I=1,NS

```

235 READ(5,240)S,HS(S),HI(S),AC(S),IC(S)
240 FORMAT(I5,4F15.2)
    DO 250 I=1,NS
250 READ(5,260)S,MMAX(S),MMIN(S),MG(S),NMAX(S),NMIN(S),NG(S)
260 FORMAT(I5,6F10.2)
    WRITE(V2,270)
270 FORMAT(/,5X,'CARACTERISTICAS DAS SECOES ANALISADAS:',/,5X,
    *'SECAO      HS(S)      HI(S)      AC(S)      IC(S)',/)
    DO 280 I=1,NS
280 WRITE(V2,290)I,HS(I),HI(I),AC(I),IC(I)
290 FORMAT(I8,3X,3F12.2,4X,F12.2)
    WRITE(V2,300)
300 FORMAT(/,5X,'ENVOLTORIA DOS ESFORÇOS SOLICITANTES:',/,5X,
    *'SECAO      MMAX(S)      MMIN(S)      MG(S)      NMAX(S)      NMI
    *N(S)      NG(S)',/)
    DO 310 I=1,NS
310 WRITE(V2,320)I,MMAX(I),MMIN(I),MG(I),NMAX(I),NMIN(I),NG(I)
320 FORMAT(I8,3F13.0,3F13.2)
    DO 330 S=1,NS
    TT(S)=0.
    TC(S)=0.
    WS(S)=0.
    WI(S)=0.
    WS(S)=IC(S)/HS(S)
    WI(S)=-IC(S)/HI(S)
330 CONTINUE
    DO 340 I=1,NB
    TT(2*I-1)=CT*FTK(I)
    TT(2*I)=TT(2*I-1)
    TC(2*I-1)=-CC*FCK(I)
    TC(2*I)=TC(2*I-1)
340 CONTINUE
    WRITE(V2,350)
350 FORMAT(/,5X,'SECAO      TC(S)      TT(S)      WI(S)      WS(S)',/)
    DO 360 S=1,NS
360 WRITE(V2,370)S,TC(S),TT(S),WI(S),WS(S)
370 FORMAT(I8,4X,2F10.2,2F12.2)

c
c   VERIFICACOES DAS SUFICIENCIAS DAS SECOES
c
    L=0
    DO 390 S=1,NS
    DELTT=(TT(S)-TC(S))/10
    DELTN=NMAX(S)-NMIN(S)
    DELTM=MMAX(S)-MMIN(S)
    PARS=WS(S)*(DELTT+DELTN/AC(S))
    PARI=WI(S)*(-DELTT+DELTN/AC(S))
    IF(DELTM.LE.PARS .AND. DELTM.LE.PARI) GOTO 390
    L=L+1
    WRITE(V2,380)S
380 FORMAT(/,5X,'SECAO INSUFICIENTE =',I3)

```

```

GO TO 390
390 CONTINUE
    IF(L.EQ.0) GOTO 410
    WRITE(V2,400)
400 FORMAT(/,5X,'AUMENTE AS SECOES INSUFICIENTES NO ARQUIVO A:PROENV.D
    *AT')
    STOP
410 WRITE(V2,420)
420 FORMAT(/,5X,'A ANALISE CONTINUA - SECOES SUFICIENTES!')
C .....
C CALCULO DOS VERTICES DO FUSO LIMITE
C
DO 430 S=1,NS
    TT(S)=TT(S)/10
    TC(S)=TC(S)/10
    PRODW=WI(S)*WS(S)
    DELTW=WS(S)-WI(S)
    DELTT=TT(S)-TC(S)
    DELTM=MMAX(S)-MMIN(S)
    DELTN=NMAX(S)-NMIN(S)
C
C VERTICES DOS MOMENTOS DE PROTENSAD
MP13(S)=(WI(S)*MMAX(S)-WS(S)*MMIN(S)-PRODW*DELTN/AC(S))/DELTW
MP14(S)=-PRODW*DELTT/DELTW-MMAX(S)
MP23(S)=-MP14(S)-MMAX(S)-MMIN(S)
MP24(S)=(WI(S)*MMIN(S)-WS(S)*MMAX(S)+PRODW*DELTN/AC(S))/DELTW
C
C VERTICES DOS NORMAIS DA PROTENSAD
NP13(S)=(AC(S)*DELTW-WS(S)*NMAX(S)+WI(S)*NMIN(S))/DELTW+AC(S)*TC(S)
*)
NP14(S)=(WS(S)*TC(S)-WI(S)*TT(S))*AC(S)/DELTW-NMAX(S)
NP23(S)=(WS(S)*TT(S)-WI(S)*TC(S))*AC(S)/DELTW-NMIN(S)
NP24(S)=(WI(S)*NMAX(S)-WS(S)*NMIN(S)-DELTW*AC(S))/DELTW+TT(S)*AC(S)
*)
430 CONTINUE
    WRITE(V2,440)
440 FORMAT(/,5X,'VERTICES DO FUSO LIMITE:',/,5X,
    *'SECAO    MP13    NP13    MP14    NP14    MP23    NP23
    *    MP24    NP24'//)
DO 450 S=1,NS
450 WRITE(V2,460)S,MP13(S),NP13(S),MP14(S),NP14(S),MP23(S),NP23(S),
    *MP24(S),NP24(S)
460 FORMAT(I8,1X,8(F10.1))
    WRITE(8)MP13,NP13,MP14,NP14,MP23,NP23,MP24,NP24
C CALCULO DE NP13MAX
SEC13(1)=1
L=1
NP13MAX=NP13(1)
DO 490 S=2,NS
    IF(NP13MAX-NP13(S))470,480,490
470 NP13MAX=NP13(S)

```

```

SEC13(L)=S
GO TO 490
480 L=L+1
SEC13(L)=S
490 CONTINUE
c CALCULO DE NP24MIN
SEC24(1)=1
L=1
NP24MIN=NP24(1)
DO 520 S=2,NS
IF(NP24(S)-NP24MIN)500,510,520
500 NP24MIN=NP24(S)
SEC24(L)=S
GO TO 520
510 L=L+1
SEC24(L)=S
520 CONTINUE
c .....
c CALCULO DO INTERVALO DE VARIACAO DE NP
DELTNP=NP24MIN-NP13MAX
WRITE(V2,530)
530 FORMAT(//,5X,'INTERVALO DE VARIACAO DE NP:',/,6X,'NP13MAX      NP2
*4MIN      DELTNP',/)
WRITE(V2,540)NP13MAX,NP24MIN,DELTNP
540 FORMAT(3F13.3)
c .....
WRITE(7)AC,WS,WI,NMAX,NMIN,MMAX,MMIN,NG,MG
CLOSE(2)
CLOSE(6)
CLOSE(7)
CLOSE(8)
STOP
END

```

PARTE III

OBTENÇÃO DOS ESFORÇOS SOLICITANTES DE
PROTENSÃO POR PROCESSO DISCRETO

3.1 - PRELIMINARES

Quando um pórtico plano é submetido à protensão, surgem em suas seções, esforços solicitantes {E} decorrentes desta protensão. Esses esforços são:

MP - momentos fletores;

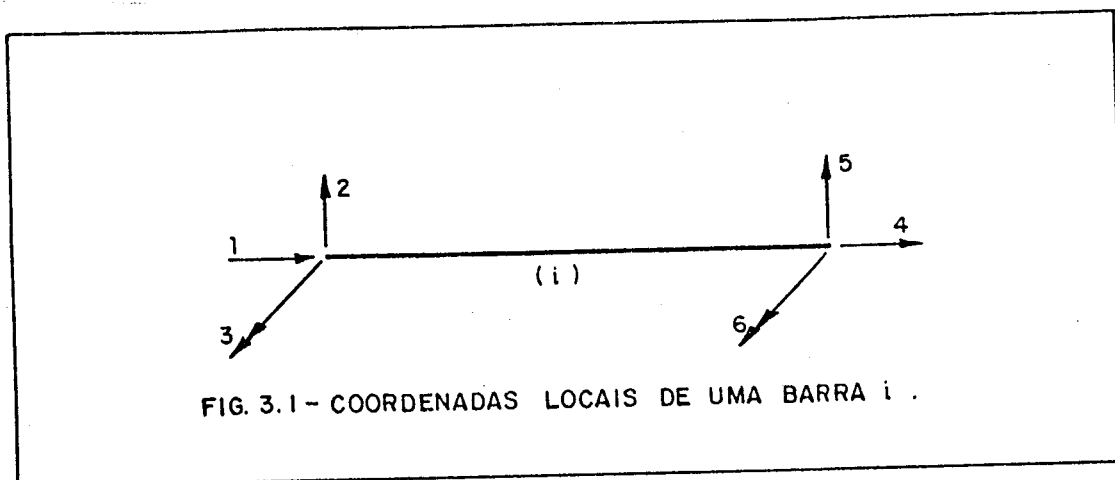
NP - forças normais e

VP - forças cortantes

Tais esforços, bem como aqueles oriundos de carregamentos permanentes e acidentais, são utilizados na verificação das tensões nas seções do pórtico, pré-dimensionamento, dimensionamento e redimensionamento das seções de aço e concreto.

3.2 - COORDENADAS LOCAIS

Para toda barra do pórtico atribuem-se 6 (seis) coordenadas locais, segundo as quais estarão os esforços seccionais de extremidades das barras, MP, NP e VP.



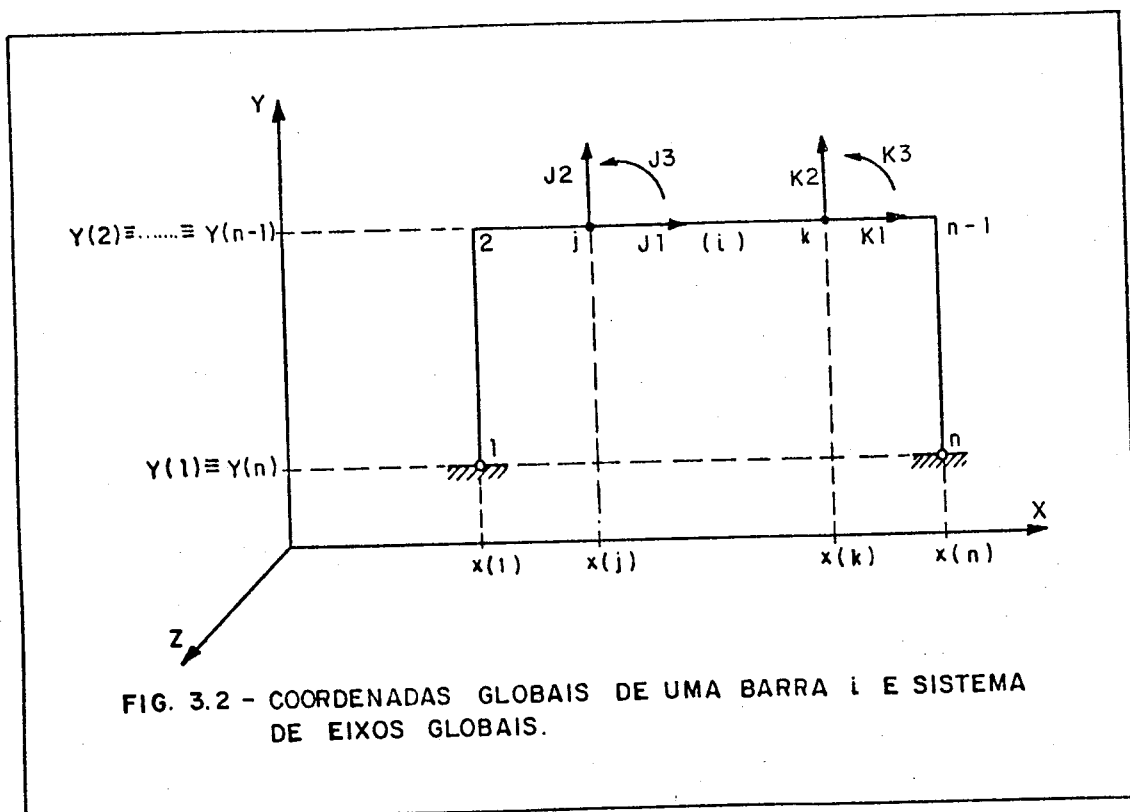
3.3 - COORDENADAS GLOBAIS

Para uma barra i, de um pórtico, situado no plano XY, tal como na figura 3.2, com extremidades j e k, as coordenadas globais nos nós serão:

J1 e K1 segundo a direção X (\longrightarrow);

J2 e K2 segundo a direção Y (\uparrow) e

J3 e K3 segundo a direção Z (\swarrow).



Em função dos números inteiros das seções j e k (extremidades da barra i), tem-se o valor das coordenadas globais:

$$J1 = 3j - 2$$

$$J2 = 3j - 1$$

$$J3 = 3j$$

$$K1 = 3k - 2$$

$$K2 = 3k - 1$$

$$K3 = 3k$$

Então, para um pórtico, cuja discretização forneça um número de nós igual a NNOS, tem-se um número de coordenadas globais $NCORD = 3 \cdot NNOS$.

3.4 - TRATAMENTO MATRICIAL

Do Processo dos Deslocamentos, tem-se:

$$\{F\} = [RE] \cdot \{U\} \quad (3.1)$$

onde $\{F\}$ - vetor das ações externas atuantes nos nós da estrutura, de ordem $NCORD \times 1$;

$[RE]$ - matriz de rigidez da estrutura, de ordem $NCORD \times NCORD$ e

$\{U\}$ - vetor dos deslocamentos nodais segundo o sistema global de coordenadas, de ordem $NCORD \times 1$.

Chamando de $[REI]$, a inversa da matriz de rigidez da estrutura, ou seja $[REI] = [RE]^{-1}$, tem-se:

$$\{U\} = [REI] \cdot \{F\} \quad (3.2)$$

Para uma barra i , compreendida entre os nós j e k , conhecidos os deslocamentos nodais $U(J1)$, $U(J2)$, $U(J3)$,

$U(K1)$, $U(K2)$ e $U(K3)$, conforme a figura 3.3.a), calculam-se os deslocamentos nas coordenadas locais, conforme a figura 3.3.b), através da fórmula:

$$[D] = [\beta] \cdot [U] \tag{3.3}$$

onde $[\beta]$ é chamada matriz de incidência cinemática e para uma barra i é dada por:

$$[\beta] = \begin{bmatrix} \cos \alpha_i & \text{sen } \alpha_i & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\text{sen } \alpha_i & \cos \alpha_i & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \cos \alpha_i & \text{sen } \alpha_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\text{sen } \alpha_i & \cos \alpha_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

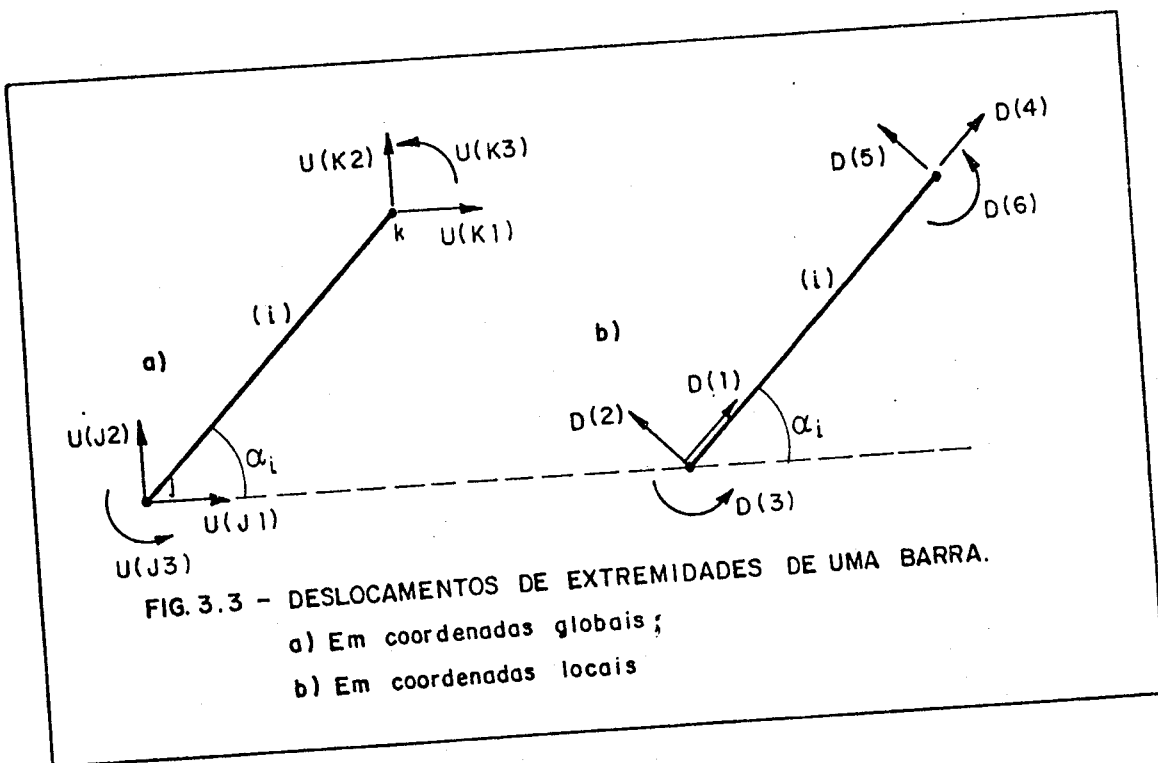


FIG. 3.3 - DESLOCAMENTOS DE EXTREMIDADES DE UMA BARRA.
 a) Em coordenadas globais;
 b) Em coordenadas locais

Então, da expressão (3.3), para a barra i , tem-

$$\begin{array}{l}
 \text{-se:} \\
 \left. \begin{array}{l} D(1) \\ D(2) \\ D(3) \\ D(4) \\ D(5) \\ D(6) \end{array} \right\} = \begin{bmatrix} \cos \alpha_i & \text{sen } \alpha_i & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\text{sen } \alpha_i & \cos \alpha_i & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos \alpha_i & \text{sen } \alpha_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\text{sen } \alpha_i & \cos \alpha_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{array}{l} U(J1) \\ U(J2) \\ U(J3) \\ U(K1) \\ U(K2) \\ U(K3) \end{array}
 \end{array}$$

e efetuando-se a multiplicação:

$$D(1) = U(J1) \cdot \cos \alpha_i + U(J2) \cdot \text{sen } \alpha_i$$

$$D(2) = -U(J1) \cdot \text{sen } \alpha_i + U(J2) \cdot \cos \alpha_i$$

$$D(3) = U(J3)$$

$$D(4) = U(K2) \cdot \cos \alpha_i + U(K3) \cdot \text{sen } \alpha_i$$

$$D(5) = -U(K2) \cdot \text{sen } \alpha_i + U(K3) \cdot \cos \alpha_i$$

$$D(6) = U(K3)$$

Com os deslocamentos $\{D\}$ e com a matriz de rigidez de cada barra $[RB]$, tem-se o vetor dos esforços seccionais nas extremidades das barras

$$\{E\} = [RB] \cdot \{D\} \quad (3.4)$$

dos:

E_c = módulo de elasticidade longitudinal do concreto;

A_x = área da seção transversal da barra, na metade do seu comprimento;

ℓb = comprimento da barra;

I_z = momento de inércia da seção transversal da barra, em relação ao eixo z;

e expressa por:

$$[RB] = \begin{bmatrix} E_c \cdot A_x / \ell b & 0 & 0 & -E_c \cdot A_x / \ell b & 0 & 0 \\ 0 & 12 \cdot E_c \cdot I_z / \ell b^3 & 6E_c \cdot I_z / \ell b^2 & 0 & -12 \cdot E_c \cdot I_z / \ell b^3 & 6E_c \cdot I_z / \ell b^2 \\ 0 & 6 \cdot E_c \cdot I_z / \ell b^2 & 4E_c \cdot I_z / \ell b & 0 & -6 \cdot E_c \cdot I_z / \ell b^2 & 2E_c \cdot I_z / \ell b \\ -E_c \cdot A_x / \ell b & 0 & 0 & E_c \cdot A_x / \ell b & 0 & 0 \\ 0 & -12 \cdot E_c \cdot I_z / \ell b^3 & -6E_c \cdot I_z / \ell b^2 & 0 & 12E_c \cdot I_z / \ell b^3 & -6E_c \cdot I_z / \ell b^2 \\ 0 & 6 \cdot E_c \cdot I_z / \ell b^2 & 2E_c \cdot I_z / \ell b & 0 & -6E_c \cdot I_z / \ell b^2 & 4E_c \cdot I_z / \ell b \end{bmatrix}$$

Substituindo-se a expressão 3.2 em 3.3, tem-se:

$$[D] = [\beta] \cdot [REI] \cdot [F] \text{ e levando-se esta em 3.4,}$$

vem:

$$[E] = [RB] \cdot [\beta] \cdot [REI] \cdot [F] = [B] \cdot [F], \quad \text{onde}$$

$[B]$ é chamada matriz de incidência estática, que CEOTTO [5] chamou de matriz de influência. Sendo NB, o número de barras, esta matriz será da ordem $6NB \times NCORD$. Ela possui a propriedade de transformar as ações aplicadas segundo as coordenadas globais em esforços solicitantes nas seções de extremidades das barras, segundo coordenadas locais. Esses esforços são: momentos fletores, esforços normais e esforços cortantes. A matriz $[B]$ será dividida em três matrizes de influência, para separar os esforços e facilitar a análise das tensões, como segue:

$[MI]$ - matriz de incidência estática para momentos fletores, de ordem $2NB \times NCORD$:

- [ANI] - matriz de incidência estática para esforços nor
mais, de ordem $2NB \times NCORD$;
- [VI] - matriz de incidência estática para esforços cor
tantes, de ordem $2NB \times NCORD$.

Estas matrizes serão úteis, na transformação das ações F ,
aplicadas pelos cabos, em esforços de protensão $\{MP\}$, $\{NP\}$
e $\{VP\}$ através das expressões:

$$\{MP\} = [MI] \cdot \{F\} \quad (3.5)$$

$$\{NP\} = [ANI] \cdot \{F\} \quad (3.6)$$

$$\{VP\} = [VI] \cdot \{F\} \quad (3.7)$$

3.5 - AS MATRIZES $[MI]$, $[ANI]$ e $[VI]$

Para a obtenção dessas matrizes elaborou-se um programa em linguagem FORTRAN, utilizando-se um micro-computador XT-2002, 16 bites, da MICROTEC, com 256 kbytes de memória central. Este programa, denominado LINPORT.FOR, possui um algoritmo, cuja matriz de rigidez, cálculos de deslocamentos nas coordenadas globais e nas coordenadas locais, e cálculos dos esforços nas barras, são baseados no fluxograma para análise de pórticos planos, fornecido por ANTUNES [2].

Aplicam-se forças unitárias, segundo as coordenadas globais, uma de cada vez, da coordenada 1 até $n = NCORD$ e obtém-se através das expressões 3.2, 3.3 e 3.4, os respectivos esforços solicitantes.

Quando a força unitária atua numa coordenada l , os deslocamentos são:

$$\begin{array}{c}
 \left. \begin{array}{l} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \\ \vdots \\ U_j \\ \vdots \\ U_n \end{array} \right\} \ell = \begin{array}{cccccc}
 & 1 & 2 & \dots & \ell & \dots & n \\
 \begin{array}{l} \text{REI}_{11} \\ \text{REI}_{21} \\ \text{REI}_{31} \\ \text{REI}_{41} \\ \vdots \\ \text{REI}_{\ell 1} \\ \vdots \\ \text{REI}_{n1} \end{array} & \begin{array}{l} \text{REI}_{12} \\ \text{REI}_{22} \\ \text{REI}_{32} \\ \text{REI}_{42} \\ \vdots \\ \text{REI}_{\ell 2} \\ \vdots \\ \text{REI}_{n2} \end{array} & \dots & \begin{array}{l} \text{REI}_{1\ell} \\ \text{REI}_{2\ell} \\ \text{REI}_{3\ell} \\ \text{REI}_{4\ell} \\ \vdots \\ \text{REI}_{\ell\ell} \\ \vdots \\ \text{REI}_{n\ell} \end{array} & \dots & \begin{array}{l} \text{REI}_{1n} \\ \text{REI}_{2n} \\ \text{REI}_{3n} \\ \text{REI}_{4n} \\ \vdots \\ \text{REI}_{\ell n} \\ \vdots \\ \text{REI}_{nn} \end{array} & \left. \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 1 \dots \text{linha } \ell \\ \vdots \\ 0 \end{array} \right\}
 \end{array}$$

O vetor $\{U\}$, quando a carga é aplicada na coordenada ℓ é então a própria coluna ℓ da matriz de rigidez invertida.

$$\left. \begin{array}{l} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \\ \vdots \\ U_\ell \\ \vdots \\ U_n \end{array} \right\} \ell = \begin{array}{l} \text{REI}_{1\ell} \\ \text{REI}_{2\ell} \\ \text{REI}_{3\ell} \\ \text{REI}_{4\ell} \\ \vdots \\ \text{REI}_{\ell\ell} \\ \vdots \\ \text{REI}_{n\ell} \end{array} \tag{3.8}$$

Substituindo-se estes deslocamentos em (3.3) obtém-se para uma barra i , seis deslocamentos de extremidades, que pré-multiplicados pela matriz de rigidez da respectiva barra $[RB]_i$ fornecem esforços seccionais $\{E\}_i$.

$$\{E_i\} = \begin{Bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ E_3 \\ E_4 \\ E_5 \\ E_6 \end{Bmatrix}$$

Assim os coeficientes das matrizes de incidência estática $[ANI]$, $[VI]$ e $[MI]$ serão para a seção inicial:

$$ANI_{2.i-1,\ell} = -E_1,$$

$$VI_{2.i-1,\ell} = E_2,$$

$$MI_{2.i-1,\ell} = -E_3$$

e para a seção final:

$$ANI_{2.i,\ell} = E_4,$$

$$VI_{2.i,\ell} = -E_5,$$

$$MI_{2.i,\ell} = E_6$$

Então após efetuar-se o carregamento unitário desde a coordenada 1 até a coordenada NCORD, ter-se-á:

		Seção	Coord.
$[MI] =$	$MI_{1,1}$	$MI_{1,2}$	$\dots MI_{1,\ell} \dots MI_{1,NCORD}$
	$MI_{2,1}$	$MI_{2,2}$	$\dots MI_{2,\ell} \dots MI_{2,NCORD}$
	$MI_{3,1}$	$MI_{3,2}$	$\dots MI_{3,\ell} \dots MI_{3,NCORD}$
	$MI_{4,1}$	$MI_{4,2}$	$\dots MI_{4,\ell} \dots MI_{4,NCORD}$
	\vdots	\vdots	\vdots
	$MI_{2i-1,1}$	$MI_{2i-1,2}$	$\dots MI_{2i-1,\ell} \dots MI_{2i-1,NCORD}$
	$MI_{2i,1}$	$MI_{2i,2}$	$\dots MI_{2i,\ell} \dots MI_{2i,NCORD}$
	\vdots	\vdots	\vdots
	$MI_{2NB-1,1}$	$MI_{2NB-1,2}$	$\dots MI_{2NB-1,\ell} \dots MI_{2NB-1,NCORD}$
	$MI_{2NB,1}$	$MI_{2NB,2}$	$\dots MI_{2NB,\ell} \dots MI_{2NB,NCORD}$

de ordem $2NB \times NCORD$.

Da mesma forma,

$$[ANI] = \begin{bmatrix} ANI_{1,1} & ANI_{1,2} & \dots & ANI_{1,\ell} & \dots & ANI_{1,NCORD} \\ ANI_{2,1} & ANI_{2,2} & \dots & ANI_{2,\ell} & \dots & ANI_{2,NCORD} \\ ANI_{3,1} & ANI_{3,2} & \dots & ANI_{3,\ell} & \dots & ANI_{3,NCORD} \\ ANI_{4,1} & ANI_{4,2} & \dots & ANI_{4,\ell} & \dots & ANI_{4,NCORD} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ ANI_{2i-1,1} & ANI_{2i-1,2} & \dots & ANI_{2i-1,\ell} & \dots & ANI_{2i-1,NCORD} \\ ANI_{2i,1} & ANI_{2i,2} & \dots & ANI_{2i,\ell} & \dots & ANI_{2i,NCORD} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ ANI_{2NB-1,1} & ANI_{2NB-1,2} & \dots & ANI_{2NB-1,\ell} & \dots & ANI_{2NB-1,NCORD} \\ ANI_{2NB,1} & ANI_{2NB,2} & \dots & ANI_{2NB,\ell} & \dots & ANI_{2NB,NCORD} \end{bmatrix}$$

e

$$[VI] = \begin{bmatrix} VI_{1,1} & VI_{1,2} & \dots & VI_{1,\ell} & \dots & VI_{1,NCORD} \\ VI_{2,1} & VI_{2,2} & \dots & VI_{2,\ell} & \dots & VI_{2,NCORD} \\ VI_{3,1} & VI_{3,2} & \dots & VI_{3,\ell} & \dots & VI_{3,NCORD} \\ VI_{4,1} & VI_{4,2} & \dots & VI_{4,\ell} & \dots & VI_{4,NCORD} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ VI_{2i-1,1} & VI_{2i-1,2} & \dots & VI_{2i-1,\ell} & \dots & VI_{2i-1,NCORD} \\ VI_{2i,1} & VI_{2i,2} & \dots & VI_{2i,\ell} & \dots & VI_{2i,NCORD} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ VI_{2NB-1,1} & VI_{2NB-1,2} & \dots & VI_{2NB-1,\ell} & \dots & VI_{2NB-1,NCORD} \\ VI_{2NB,1} & VI_{2NB,2} & \dots & VI_{2NB,\ell} & \dots & VI_{2NB,NCORD} \end{bmatrix}$$

Após a obtenção dessas matrizes através do programa LINPORT.FOR, elas são gravadas em um arquivo auxiliar chamado

LINPORT.DAT para serem utilizadas posteriormente no programa VERIS.FOR.

3.6 - OBTENÇÃO LITERAL DE {MP}, {NP} e {VP}

Obtidas as matrizes de influência [MI], [ANI] e [VI] e com o vetor dos carregamentos nodais {F}, basta proceder as multiplicações 3.5, 3.6 e 3.7 para se obter os esforços internos solicitantes, pois vale o princípio das superposição dos efeitos.

Assim a expressão 3.5 ficará:

$$\begin{array}{c}
 \left[\begin{array}{c}
 MP_1 \\
 MP_2 \\
 MP_3 \\
 MP_4 \\
 MP_5 \\
 MP_6 \\
 \vdots \\
 MP_{2i-1} \\
 MP_{2i} \\
 \vdots \\
 MP_{2NB-1} \\
 MP_{2NB}
 \end{array} \right] = \begin{array}{c}
 \left[\begin{array}{cccc}
 MI_{1,1} & MI_{1,2} & \dots & MI_{1,j} & \dots & MI_{1,NCORD} \\
 MI_{2,1} & MI_{2,2} & \dots & MI_{2,j} & \dots & MI_{2,NCORD} \\
 MI_{3,1} & MI_{3,2} & \dots & MI_{3,j} & \dots & MI_{3,NCORD} \\
 \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\
 \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\
 MI_{2i-1,1} & MI_{2i-1,2} & \dots & MI_{2i-1,j} & \dots & MI_{2i-1,NCORD} \\
 MI_{2i,1} & MI_{2i,2} & \dots & MI_{2i,j} & & MI_{2i,NCORD} \\
 \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\
 MI_{2NB-1,1} & MI_{2NB-1,2} & & MI_{2NB-1,j} & & MI_{2NB-1,NCORD} \\
 MI_{2NB,1} & MI_{2NB,2} & \dots & MI_{2NB,j} & \dots & MI_{2NB,NCORD}
 \end{array} \right] \left[\begin{array}{c}
 F_1 \\
 F_2 \\
 F_3 \\
 \vdots \\
 \vdots \\
 F_j \\
 \vdots \\
 F_{NCORD}
 \end{array} \right]
 \end{array}$$

(NCORD x 1)
(2NB x NCORD)
(NCORD x 1)

onde: MP_{2i-1} - momento fletor da protensão no nó inicial da barra i;
 MP_{2i} - momento fletor da protensão no nó final da barra i.

Da mesma forma, para esforços normais, a expressão 3.6 ficará:

$$\begin{array}{c}
 \left. \begin{array}{l}
 NP_1 \\
 NP_2 \\
 NP_3 \\
 NP_4 \\
 NP_5 \\
 NP_6 \\
 \vdots \\
 NP_{2i-1} \\
 NP_{2i} \\
 \vdots \\
 NP_{2NB-1} \\
 NP_{2NB}
 \end{array} \right\} = \begin{array}{cccc}
 ANI_{1,1} & ANI_{1,2} & \dots & ANI_{1,j} & \dots & ANI_{1,NCORD} \\
 ANI_{2,1} & ANI_{2,2} & \dots & ANI_{2,j} & \dots & ANI_{2,NCORD} \\
 ANI_{3,1} & ANI_{3,2} & \dots & ANI_{3,j} & \dots & ANI_{3,NCORD} \\
 \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\
 ANI_{2i-1,1} & ANI_{2i-1,2} & \dots & ANI_{2i-1,j} & \dots & ANI_{2i-1,NCORD} \\
 ANI_{2i,1} & ANI_{2i,2} & & ANI_{2i,j} & & ANI_{2i,NCORD} \\
 \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\
 ANI_{2NB-1,1} & ANI_{2NB-1,j} & & ANI_{2NB-1,j} & & ANI_{2NB-1,NCORD} \\
 ANI_{2NB,1} & ANI_{2NB,j} & \dots & ANI_{2NB,j} & \dots & ANI_{2NB,NCORD}
 \end{array} \begin{array}{c}
 F_1 \\
 F_2 \\
 F_3 \\
 \vdots \\
 F_j \\
 \vdots \\
 F_{NCORD}
 \end{array}
 \end{array}$$

(NCORD x 1)
(2NB x NCORD)
(NCORD x 1)

Os esforços cortantes, conforme expressão 3.7 fica

rã:

$$\begin{array}{c}
 \left. \begin{array}{l}
 VP_1 \\
 VP_2 \\
 VP_3 \\
 VP_4 \\
 VP_5 \\
 VP_6 \\
 \vdots \\
 VP_{2i-1} \\
 VP_{2i} \\
 \vdots \\
 VP_{2NB-1} \\
 VP_{2NB}
 \end{array} \right\} = \begin{array}{cccc}
 VP_{1,1} & VP_{1,2} & \dots & VP_{1,j} & \dots & VP_{1,NCORD} \\
 VP_{2,1} & VP_{2,2} & \dots & VP_{2,j} & \dots & VP_{2,NCORD} \\
 VP_{3,1} & VP_{3,2} & \dots & VP_{3,j} & \dots & VP_{3,NCORD} \\
 VP_{4,1} & VP_{4,2} & \dots & VP_{4,j} & \dots & VP_{4,NCORD} \\
 VP_{5,1} & VP_{5,2} & \dots & VP_{5,j} & \dots & VP_{5,NCORD} \\
 VP_{6,1} & VP_{6,2} & \dots & VP_{6,j} & \dots & VP_{6,NCORD} \\
 \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\
 VP_{2i-1,1} & VP_{2i-1,2} & \dots & VP_{2i-1,j} & \dots & VP_{2i-1,NCORD} \\
 VP_{2i,1} & VP_{2i,2} & \dots & VP_{2i,j} & \dots & VP_{2i,NCORD} \\
 \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\
 VP_{2NB-1,1} & VP_{2NB-1,2} & \dots & VP_{2NB-1,j} & \dots & VP_{2NB-1,NCORD} \\
 VP_{2NB,1} & VP_{2NB,2} & \dots & VP_{2NB,j} & \dots & VP_{2NB,NCORD}
 \end{array} \begin{array}{c}
 F_1 \\
 F_2 \\
 F_3 \\
 F_4 \\
 F_5 \\
 F_6 \\
 \vdots \\
 F_j \\
 \vdots \\
 F_{NCORD}
 \end{array}
 \end{array}$$

(NCORD x 1)
(2NB x NCORD)
(NCORD x 1)

3.7 - PROGRAMA LINPORT.FOR

3.7.1 - Algoritmo do programa LINPORT.FOR

- Leitura de dados iniciais de entrada no arquivo 6, C:PROPRIE.DAT;
- Cálculo da matriz de rigidez de cada barra, em coordenadas locais, utilizando-se a sub-rotina mrb;
- Cálculo da matriz de rigidez de cada barra, em coordenadas globais, utilizando-se a sub-rotina mrbs;
- Cálculo da matriz de rigidez da estrutura [RE] ;
- Alteração nos coeficientes da matriz de rigidez devido as condições de apoio;
- Inversão da matriz de rigidez da estrutura através da sub-rotina invm, baseada no método de GAUSS;
- Cálculo, para cada barra, dos deslocamentos em coordenadas locais;
- Cálculo, para cada barra, dos esforços de extremidade;
- Formação das matrizes de influência [MI] , [ANI] e [VI] , associando-se seus coeficientes aos valores dos esforços de extremidade de cada barra;
- Listagem em vídeo ou impressora das matrizes [MI] , [ANI] e [VI] , se houver necessidade;
- Gravação das matrizes [ANI] , [MI] e [VI] em arquivo auxiliar, não formatado, de acesso sequencial, chamado C:LINPORT.DAT.

3.7.2 - Entrada de dados para o programa LINPORT.FOR

Os dados necessários ao processamento deste programa são lidos do arquivo 6, C:PROPRIE.DAT, através do comando: READ(6) V1,V2, NB, NNOS, NI, NF, SENAL, COSAL, LB, EC, AX, IZ, RD, cujos significados das variáveis estão situados em páginas que antecedem a PARTE I.

3.7.3 - Listagem do programa LINPORT.FOR

```

PROGRAM LINPORT
C *****
C *                                COMENTARIOS                                *
C * ESTE PROGRAMA CALCULA AS MATRIZES MI,NI E VI - SOLICITACOES*
C * QUE OCORREM NAS COORDENADAS LOCAIS PARA ACOES UNITARIAS NAS CO-*
C * ORDENADAS GLOBAIS (3 POR NO-X,Y,Z) DOS NO'S ESTABELECIDOS PARA *
C * UM PORTICO PLANO.                                                    *
C * PROGRAMA DIMENSIONADO PARA 34 BARRAS E 35 NO'S.                      *
C * UNIDADES: KN,CM                                                       *
C *.....*
C *                                DADOS DE ENTRADA                          *
C * NB =NUMERO DE BARRAS DO PORTICO                                       *
C * NNOS =NUMERO DE NO'S                                                  *
C * NI(I) =NO' INICIAL DA BARRA I                                         *
C * NF(I) =NO' FINAL DA BARRA I                                           *
C * AX(I) =AREA DA SECAO TRANSVERSAL DA BARRA I                          *
C * IZ(I) =MOMENTO DE INERCIA DA SECAO TRANSVERSAL EM RELACAO A Z *
C * DA BARRA I                                                            *
C * FCK(I)=RESISTENCIA CARACTERISTICA A COMPRESSAO DO CONCRETO QUE*
C * CONSTITUI A BARRA I                                                  *
C * RD(K) =RESTRICAO AO DESLOCAMENTO DA COORDENADA GLOBAL K             *
C *.....*
C *                                DADOS DE SAIDA                            *
C * *                                                                      *
C * ANI(I,J)=ESFORCO NORMAL NA EXTREMIDADE I DE UMA BARRA PARA          *
C * APLICACAO DE UMA ACOAO UNITARIA NA COORDENADA GLOBAL                *
C * J (3 EM CADA NO)                                                      *
C * MI(I,J)= MOMENTO FLETOR, IDEM, IDEM                                   *
C * VI(I,J)= ESFORCO CORTANTE, IDEM, IDEM                                 *
C * *                                                                      *
C *****
DIMENSION RE(105,105),RBS(6,6),RB(6,6),U(105),EC(34),X(34),Y(34),
*AX(34),COSAL(34),SENAL(34),D(6),E(6)
REAL MI(68,105),LB(34),IZ(34)
DIMENSION VI(68,105)
DIMENSION ANI(68,105)
COMMON /A/MI/B/VI/C/ANI
INTEGER RD(105),NI(34),NF(34),V1,V2
OPEN(1,FILE='PRN')
OPEN(2,FILE='C:LINPORT.RES',STATUS='NEW',FORM='FORMATTED')
OPEN(6,FILE='C:PROPRIE.DAT',STATUS='OLD',FORM='UNFORMATTED')
OPEN(9,FILE='C:LINPORT.DAT',STATUS='NEW',FORM='UNFORMATTED')
C Colocar os valores de v1 e v2 conforme se quer o dispositivo de
C saida (v1=1 e v2=1 e' impressora ; v1=2 e v2=2 e' arquivo)
C WRITE(*,10)
C 10 FORMAT(/,1X,'DIGITE AS UNIDADES DE SAIDA V1,V2 NO FORMATO 311:')
C READ(*,20)V1,V2
C 20 FORMAT(2I1)
C Leitura dos dados iniciais de entrada
READ(6)V1,V2,NB,NNOS,NI,NF,SENAL,COSAL,LB,EC,AX,IZ,RD

```

```

NS=2*NB
c Impressao dos dados de entrada
write(v1,30)
30 format(8x,'RESULTADOS DO PROGRAMA LINPORT.FOR',/)
c Impressao das incidencias das barras
c DO 110 I=1,NB
c write(v1,100)i,ni(i),nf(i)
c100 format(i7,2i12)
c110 continue
c write(v1,120)
c120 format(///,5x,'PROPRIEDADES DAS BARRAS',/,5x,'BARRA COMPRIMENTO
c * AREA MOM.INERCIA COS.ALFA SEN.ALFA EC',/)
c Leitura, calculo e impressao de algumas propriedades das barras
c DO 150 I=1,NB
c write(v1,140)i,lb(i),ax(i),iz(i),cosal(i),senal(i),ec(i)
c140 format(i8,6x,f7.2,4x,f7.2,1x,f15.4,2x,f9.6,4X,f9.4,4X,F9.2)
c150 CONTINUE
c Calculo do numero de coordenadas globais
ncord=3*nnos
c Geracao do vetor das restricoes dos deslocamentos nodais
c Se deslocamento livre ----- rd=0
c Se deslocamento impedido-----rd=1
c write(v1,190)
c190 format(///,5x,'VINCULOS NODAIS',/,5x,'NO',6x,'VINCULO X',5x,'VINC
c *ULO Y',5x,'VINCULO Z',/)
c Impressao de todos os nos e respectivas restricoes de movimento
c do 210 j=1,nnos
c write(v1,200)j,rd(3*j-2),rd(3*j-1),rd(3*j)
c200 format(i7,8x,i3,11x,i3,11x,i3,)
c210 continue
c Geracao da matriz ('nula') de rigidez da estrutura
do 220 j=1,ncord
do 220 k=1,ncord
re(j,k)=0.
220 continue
c Calculo dos parametros auxiliares e da matriz de rigidez de cada
c barra - coordenadas locais.
do 230 i=1,nb
aux1=lb(i)
aux2=ax(i)
aux3=iz(i)
aux4=ec(i)
j1=3*ni(i)-2
j2=j1+1
j3=j2+1
k1=3*nf(i)-2
k2=k1+1
k3=k2+1
aux5=cosal(i)
aux6=senal(i)

```

```

call mrb(aux1,aux2,aux3,aux4,rb)
c   Calculo da matriz de rigidez de cada barra para o sistema global
call mrbs(aux5,aux6,rb,rbs)
c   Rigidez da estrutura - RE - acumula nas posicoes, matriz 3nx3n
c   *****
re(j1,j1)=re(j1,j1)+rbs(1,1)
re(j1,j2)=re(j1,j2)+rbs(1,2)
re(j1,j3)=re(j1,j3)+rbs(1,3)
re(j2,j1)=re(j2,j1)+rbs(2,1)
re(j2,j2)=re(j2,j2)+rbs(2,2)
re(j2,j3)=re(j2,j3)+rbs(2,3)
re(j3,j1)=re(j3,j1)+rbs(3,1)
re(j3,j2)=re(j3,j2)+rbs(3,2)
re(j3,j3)=re(j3,j3)+rbs(3,3)
re(j1,k1)=re(j1,k1)+rbs(1,4)
re(j1,k2)=re(j1,k2)+rbs(1,5)
re(j1,k3)=re(j1,k3)+rbs(1,6)
re(j2,k1)=re(j2,k1)+rbs(2,4)
re(j2,k2)=re(j2,k2)+rbs(2,5)
re(j2,k3)=re(j2,k3)+rbs(2,6)
re(j3,k1)=re(j3,k1)+rbs(3,4)
re(j3,k2)=re(j3,k2)+rbs(3,5)
re(j3,k3)=re(j3,k3)+rbs(3,6)
re(k1,j1)=re(k1,j1)+rbs(4,1)
re(k1,j2)=re(k1,j2)+rbs(4,2)
re(k1,j3)=re(k1,j3)+rbs(4,3)
re(k2,j1)=re(k2,j1)+rbs(5,1)
re(k2,j2)=re(k2,j2)+rbs(5,2)
re(k2,j3)=re(k2,j3)+rbs(5,3)
re(k3,j1)=re(k3,j1)+rbs(6,1)
re(k3,j2)=re(k3,j2)+rbs(6,2)
re(k3,j3)=re(k3,j3)+rbs(6,3)
re(k1,k1)=re(k1,k1)+rbs(4,4)
re(k1,k2)=re(k1,k2)+rbs(4,5)
re(k1,k3)=re(k1,k3)+rbs(4,6)
re(k2,k1)=re(k2,k1)+rbs(5,4)
re(k2,k2)=re(k2,k2)+rbs(5,5)
re(k2,k3)=re(k2,k3)+rbs(5,6)
re(k3,k1)=re(k3,k1)+rbs(6,4)
re(k3,k2)=re(k3,k2)+rbs(6,5)
re(k3,k3)=re(k3,k3)+rbs(6,6)
230 continue
c   Alteracao nos coeficientes da matriz de rigidez devido as condicoes
c   de apoio
do 250 j=1,ncord
  if(rd(j).eq.0) goto 250
do 240 k=1,ncord
  re(j,k)=0.
  re(k,j)=0.
240 continue

```

```

re(j,j)=1.
250 continue
c
call invm(ncord,re)
c
do 290 l=1,ncord
do 260 j=1,ncord
u(j)=0.
u(j)=re(j,l)
260 continue
if(rd(l).eq.1) u(l)=0.
c Calculo das deformacoes nas extremidades das barras, parametros e
c esforcos nas extremidades
do 280 i=1,nb
j1=3*ni(i)-2
j2=j1+1
j3=j2+1
k1=3*nf(i)-2
k2=k1+1
k3=k2+1
d(1)=u(j1)*cosal(i)+u(j2)*senal(i)
d(2)=-u(j1)*senal(i)+u(j2)*cosal(i)
d(3)=u(j3)
d(4)=u(k1)*cosal(i)+u(k2)*senal(i)
d(5)=-u(k1)*senal(i)+u(k2)*cosal(i)
d(6)=u(k3)
aux1=lb(i)
aux2=ax(i)
aux3=iz(i)
aux4=ec(i)
call mrb(aux1,aux2,aux3,aux4,rb)
do 270 j=1,6
e(j)=0.
do 270 k=1,6
e(j)=e(j)+rb(j,k)*d(k)
270 continue
c
ani(2*i-1,1)=-e(1)
ani(2*i,1)=e(4)
vi(2*i-1,1)=e(2)
vi(2*i,1)=-e(5)
mi(2*i-1,1)=-e(3)
mi(2*i,1)=e(6)
280 continue
290 continue
c
.....
c SAIDA DE RESULTADOS DE [ANI]
c write(v2,300)
c300 format(///,5x,'MATRIZ DE INFLUENCIA ANI:',//)
c do 310 j=1,2*nb

```

```

c310 write(v2,320)(ani(j,k),k=1,12)
c320 format(12(1x,e10.4))
c   write(v2,330)
c330 format(//,5x,'CONTINUACAO DA [ANI]:',//)
c   do 340 j=1,2*nb
c340 write(v2,350)(ani(j,k),k=13,ncord)
c350 format(3(1x,e10.4))
      WRITE(9)ANI
c
c   .....
c   SAIDA DE RESULTADOS DE [MI]
c   write(v2,360)
c360 format(///,5x,'MATRIZ DE INFLUENCIA MI:',//)
c   do 370 j=1,2*nb
c370 write(v2,380)(mi(j,k),k=1,12)
c380 format(12(1x,e10.4))
c   write(v2,390)
c390 format(//,5x,'CONTINUACAO DA [MI]:',//)
c   do 400 j=1,2*nb
c400 write(v2,410)(mi(j,k),k=13,ncord)
c410 format(3(1x,e10.4))
      WRITE(9)MI
c
c   .....
c   SAIDA DE RESULTADOS DE [VI]
c   write(v2,420)
c420 format(///,5x,'MATRIZ DE INFLUENCIA VI:',//)
c   do 430 j=1,2*nb
c430 write(v2,440)(vi(j,k),k=1,12)
c440 format(12(1x,e10.4))
c   write(v2,450)
c450 format(//,5x,'CONTINUACAO DA [VI]:',//)
c   do 460 j=1,2*nb
c460 write(v2,470)(vi(j,k),k=13,ncord)
c470 format(3(1x,e10.4))
      WRITE(9)VI
      CLOSE(2)
      CLOSE(9)
      STOP
      END
c
c   PRIMEIRA SUBROTINA
c   *****
c   *   SUBROTINA PARA CALCULO DA RIGIDEZ DE CADA BARRA -MRB   *
c   *****
c   subroutine mrb(aux1,aux2,aux3,aux4,rb)
      dimension rb(6,6)
      do 480 k=1,5
      do 480 j=k+1,6
480  rb(k,j)=0.
      rb(1,1)=aux4*aux2/aux1
      rb(1,4)=-rb(1,1)

```



```

rb(4,4)=rb(1,1)
rb(2,2)=12.*aux4*aux3/aux1**3
rb(5,5)=rb(2,2)
rb(2,5)=-rb(2,2)
rb(3,3)=4.*aux4*aux3/aux1
rb(6,6)=rb(3,3)
rb(3,6)=rb(3,3)/2
rb(2,3)=6.*aux4*aux3/aux1**2
rb(2,6)=rb(2,3)
rb(3,5)=-rb(2,6)
rb(5,6)=-rb(2,6)
do 490 j=2,6
do 490 k=1,j-1
rb(j,k)=rb(k,j)
490 continue
return
end
c SEGUNDA SUBROTINA
c *****
c * SUBROTINA PARA CALCULO DA MATRIZ DE RIGIDEZ TRANSFORMADA-MRBS *
c *****
subroutine mrbs(aux5,aux6,rb,rbs)
dimension rbs(6,6),rb(6,6)
rbs(1,1)=rb(1,1)*aux5**2+rb(2,2)*aux6**2
rbs(2,2)=rb(1,1)*aux6**2+rb(2,2)*aux5**2
rbs(3,3)=rb(3,3)
rbs(4,4)=rbs(1,1)
rbs(5,5)=rbs(2,2)
rbs(6,6)=rb(6,6)
rbs(1,2)=(rb(1,1)-rb(2,2))*aux5*aux6
rbs(1,3)=-rb(2,3)*aux6
rbs(1,4)=-rbs(1,1)
rbs(1,5)=-rbs(1,2)
rbs(1,6)=rbs(1,3)
rbs(2,3)=rb(2,3)*aux5
rbs(2,4)=-rbs(1,2)
rbs(2,5)=-rbs(2,2)
rbs(2,6)=rbs(2,3)
rbs(3,4)=-rbs(1,3)
rbs(3,5)=-rbs(2,3)
rbs(3,6)=rb(3,6)
rbs(4,5)=rbs(1,2)
rbs(4,6)=-rbs(1,3)
rbs(5,6)=-rbs(2,3)
do 500 j=2,6
do 500 k=1,j-1
rbs(j,k)=rbs(k,j)
500 continue
return
end

```

```
c  TERCEIRA SUBROTINA
c  *****
c  *      SUBROTINA PARA INVERSAO DA MATRIZ DE RIGIDEZ      *
c  *****
      subroutine invm(n,re)
      dimension re(105,105)
      do 550 i=1,n
      aux=re(i,i)
      re(i,i)=1.
      do 510 j=1,n
      re(i,j)=re(i,j)/aux
510  continue
c
      do 540 k=1,n
      if(i-k)520,540,520
520  aux=re(k,i)
      re(k,i)=0.
      do 530 m=1,n
      re(k,m)=re(k,m)-aux*re(i,m)
530  continue
540  continue
550  continue
      return
      end
```

PARTE IV

CÁLCULO DAS FORÇAS DE PROTENSÃO NO
ATO DA PROTENSÃO CONSIDERANDO AS
PERDAS POR ATRITO E ENCUNHAMENTO

4.1 - PRELIMINARES

No ato da protensão, dependendo do sistema construtivo, ocorrem as chamadas perdas imediatas de tensões nas armaduras de protensão, que são:

- perdas por atrito entre o cabo e a bainha ou entre o cabo e o concreto;
- perdas nas ancoragens;
- perdas por encurtamento elástico do concreto.

Essas perdas ocasionam uma variação na força de protensão ao longo do cabo. Para efeito desta análise, parte-se de uma força PM_j , aplicada pelo macaco na ancoragem ativa e calcula-se a força na armadura de protensão em cada seção discreta s . Daí a necessidade de definir um vetor $\{P\}_j$, do qual um coeficiente P_s , representa o valor da força de protensão do cabo j , na seção s .

4.2 - INFLUÊNCIA DAS PERDAS POR ATRITO

Como cada cabo é considerado reto ao longo de cada barra discreta i , conforme figura 4.1, as forças na armadura de protensão nas seções $2i-1$ e $2i$, respectivamente P_{2i-1} e P_{2i} , são dependentes entre si e relacionadas através das perdas por atrito desenvolvido entre o cabo e a bainha, ou entre o cabo e o concreto.

Essa dependência também ocorre entre P_{2i} , da seção final de uma barra i , e P_{2i+1} , da seção inicial de uma barra $i+1$, pois ocorre uma perda devido a mudança de direção na trajetória do cabo, conforme figura 4.2.

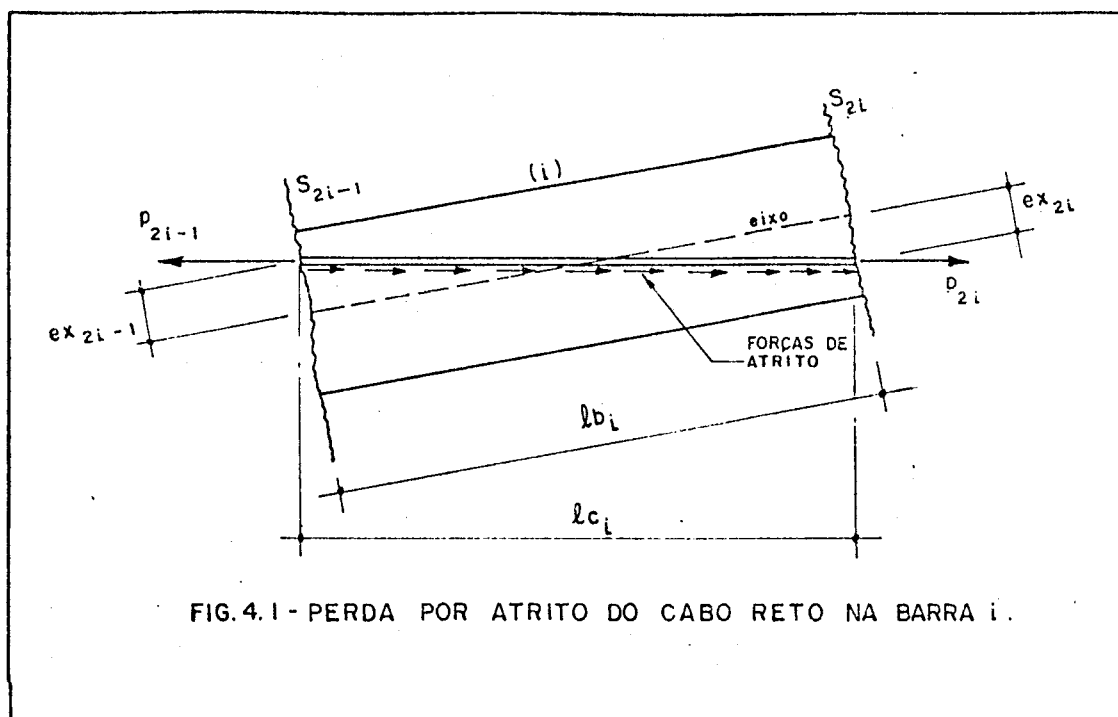
4.2.1 - Perdas por atrito no trecho reto.

Para o cabo reto, quando a protensão vem da seção $2i-1$ para a seção $2i$ a relação entre as duas forças é dada por

$$P_{2i} = P_{2i-1} \cdot e^{-\mu \cdot k \cdot l_{c_i}} \quad (4.1)$$

onde:

- μ = coeficiente de atrito entre o cabo e a bainha;
- k = coeficiente de perda por metro, provocada por curvaturas não intencionais do cabo; na falta de dados experimentais pode ser adotado o valor 0,01, conforme a NBR 7197/1987 [4];
- l_{c_i} = comprimento do cabo considerado na barra i ;
- e = (base dos logaritmos neperianos) = 2,718281



Segundo a NBR 7197/1987 [4] , o coeficiente de atrito μ pode ser estimado, na falta de dados experimentais, como segue:

$\mu = 0,50$ - entre o cabo e o concreto (sem bainha);

$\mu = 0,30$ - entre barras ou fios com mossas ou saliências e bainha metálica;

$\mu = 0,20$ - entre fios lisos paralelos ou trançados e bainha metálica;

$\mu = 0,10$ - entre fios lisos paralelos ou trançados e bainha metálica lubrificada.

A unidade de k é radianos/metro. No caso em que a unidade de comprimento do cabo é em cm, os valores de k devem ser divididos por 100.

Adotando então $k = 0,01$, e trabalhando com l_{ci} em centímetros, a expressão 4.1 fornece a relação

$$\frac{P_{2i}}{P_{2i-1}} = e^{(-\mu \cdot 0,01 \cdot l_{ci} / 100)}$$

que será chamada de RAR_i , ou se

ja relação de atrito reto na barra i . Então

$$RAR_i = e^{(-\mu \cdot l_{c_i} / 10000)}$$

O valor do comprimento do cabo l_{c_i} será calculado de maneira correta, já que as excentricidades do cabo são fornecidas, pela fórmula: $l_{c_i} = \sqrt{l b_i^2 + (ex_{2i-1} - ex_{2i})^2}$.

Das duas linhas, que contribuem para o vetor $\{P\}$, relativas a barra i , a última pode ser expressa em função da primeira por: $P_{2i} = RAR_i \cdot P_{2i-1}$

4.2.2 - Perdas por atrito na mudança de direção do cabo.

No caso de um cabo j , contínuo, em um nó $(k+1)$, sua excentricidade na seção $2i$ de uma barra i , é igual a sua excentricidade na seção $2i+1$ de uma barra $i+1$. Isto é, $ex_{2i} = ex_{2i+1}$, e a força de protensão nas seções vizinhas são relacionadas pela perda por atrito na mudança de ângulo do cabo j , da barra i para a barra $i+1$. Para montagem deste algoritmo utiliza-se o procedimento anterior com as devidas condições de continuidade nas seções.

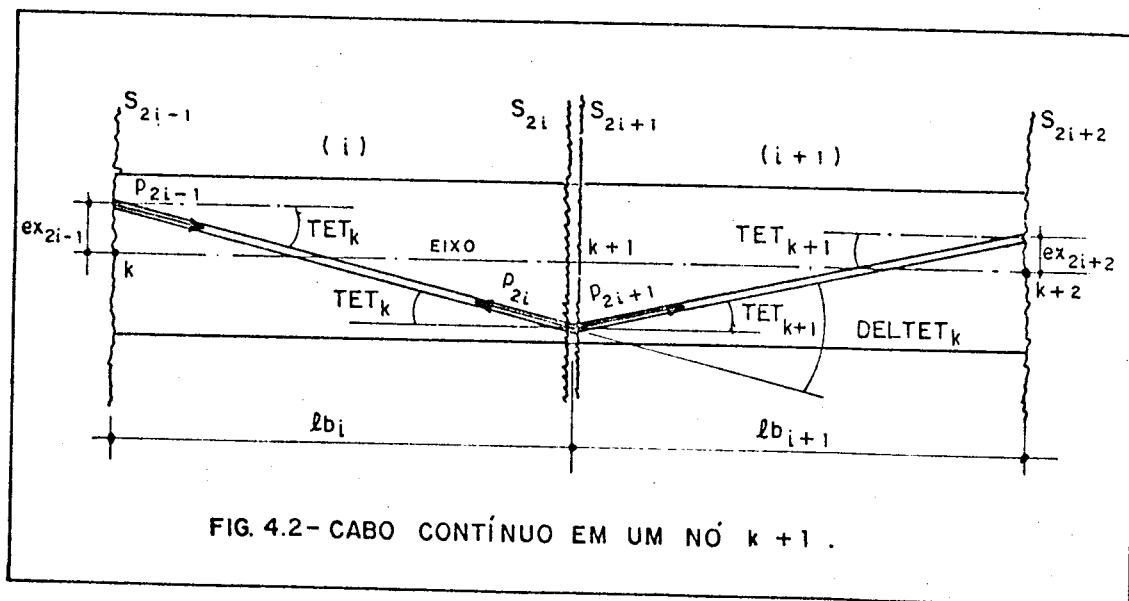


FIG. 4.2- CABO CONTÍNUO EM UM NÓ $k+1$.

Utilizando a notação da figura 4.2, os ângulos do cabo j em relação ao eixo que une os centros de gravidade das seções e a respectiva mudança de direção são expressos, por:

$$TET_{k+1} = \text{arc tg} \left[(ex_{2i+2} - ex_{2i+1}) / lb_{i+1} \right]$$

$$TET_k = \text{arc tg} \left[(ex_{2i} - ex_{2i-1}) / lb_i \right]$$

$$DELTET_k = TET_{k+1} - TET_k$$

A perda por atrito no nó $k+1$, devida a mudança de ângulo $DELTET_k$, será denominada "RELAÇÃO DE ATRITO CURVO" e na programação foi representada por um vetor RAC_k . Este vetor é calculado em função do coeficiente de atrito μ , já definido anteriormente, e do valor absoluto da mudança de direção do cabo, $DELTET_k$, por:

$$RAC_k = e^{-\mu} \cdot |DELTET_k|$$

Então, $RAC_k = \frac{P_{2i+1}}{P_{2i}}$ relaciona a força do cabo na seção $2i$ com a força na seção $2i+1$, sendo isso importante na formação do vetor $\{P\}_j$ pois evidencia a dependência entre as linhas de uma barra i e as linhas da barra $i+1$. Então as quatro linhas de $\{P\}_j$ correspondentes as barras i e $i+1$ serão:

$$P_{2i-1,j} = P_{2i-1}$$

$$P_{2i,j} = RAR_i \cdot P_{2i-1}$$

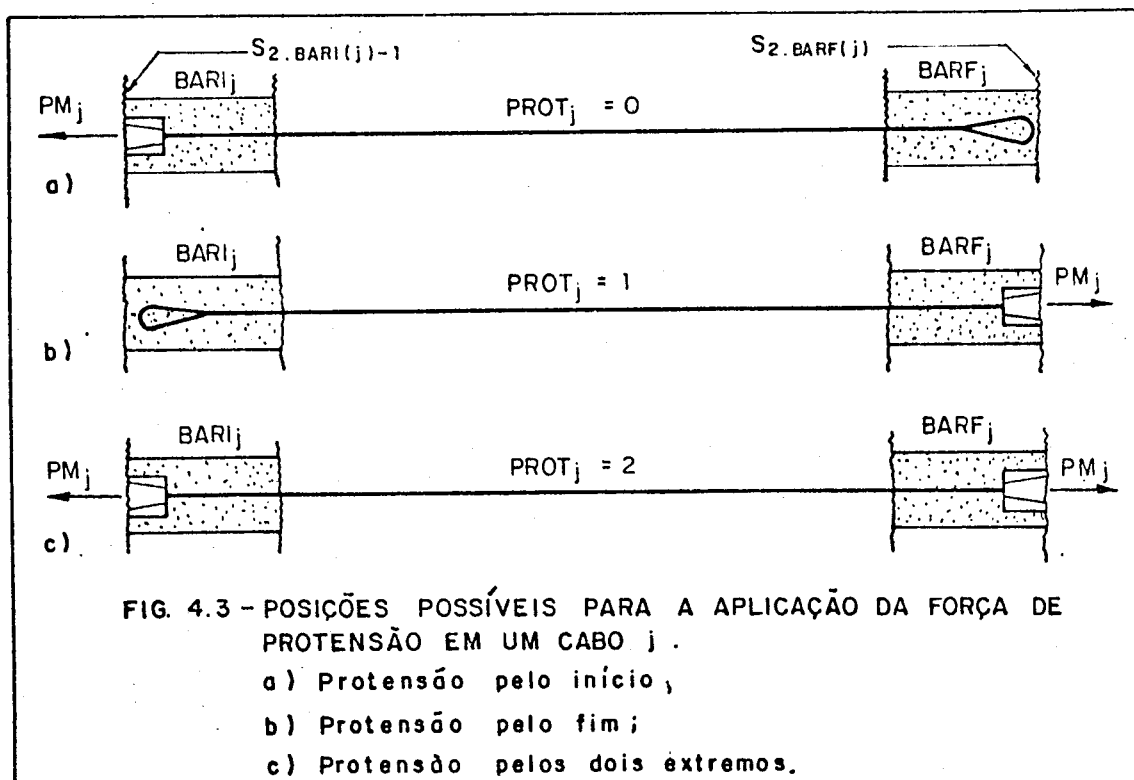
$$P_{2i+1,j} = RAC_k \cdot RAR_i \cdot P_{2i-1}$$

$$P_{2i+2,j} = RAR_{i+1} \cdot RAC_k \cdot RAR_i \cdot P_{2i-1}$$

4.2.3 - Montagem do vetor $\{P\}_j$.

A formação do vetor $\{P\}_j$ será a partir dos dados relativos a cada cabo j . Entenda-se por cabo j , uma unidade de protensão que inicia numa barra $BARI_j$ e termina numa barra $BARF_j$, ou várias unidades de mesma espécie (área, coeficiente de atrito, ancoragens, forças e excentricidades), situadas em planos paralelos ao plano do pórtico e processados de um modo agrupado. Por exemplo: 10 unidades de protensão, cada uma com força de 500kN, com iguais excentricidades, todas iniciando numa posição, com um único tipo de ancoragem, e terminando noutra posição, também com um único tipo de ancoragem, serão consideradas como uma única unidade de protensão com uma força $PM_j = 5000\text{kN}$.

Para calcular RAR e RAC é fornecida a posição da aplicação da força de protensão através de um vetor $PROT_j$ conforme a figura 4.3. Se a protensão for pelo início da barra $BARI_j$, $PROT_j = 0$; se a protensão for pelo extremo de $BARF_j$, $PROT_j = 1$; se a protensão for pelos dois extremos, então $PROT_j = 2$.



a) Protensão pelo início

Quando a protensão é pelo início de $BARI_j$, $PROT_j = 0$. A força de protensão é PM_j na seção inicial da barra $BARI_j$ e vai decrescendo até a seção final de $BARF_j$ onde possui uma ancoragem passiva. Para considerar este decréscimo, em virtude das perdas por atrito, foi criado um vetor $\{PERDA\}$ em função de RAR e RAC que assume valores conforme for a seção. Para uma barra i , genérica, compreendida entre $BARI_j$ e $BARF_j$, inclusive estas, as forças de protensão serão expressas por:

$$P_{2i-1} = PERDA_{2i-1} \cdot PM_j$$

$$P_{2i} = PERDA_{2i} \cdot PM_j$$

Se a barra i for a inicial, $i = BARI_j$, então $PERDA_{2i-1} = 1$ e $P_{2i-1} = PM_j$.

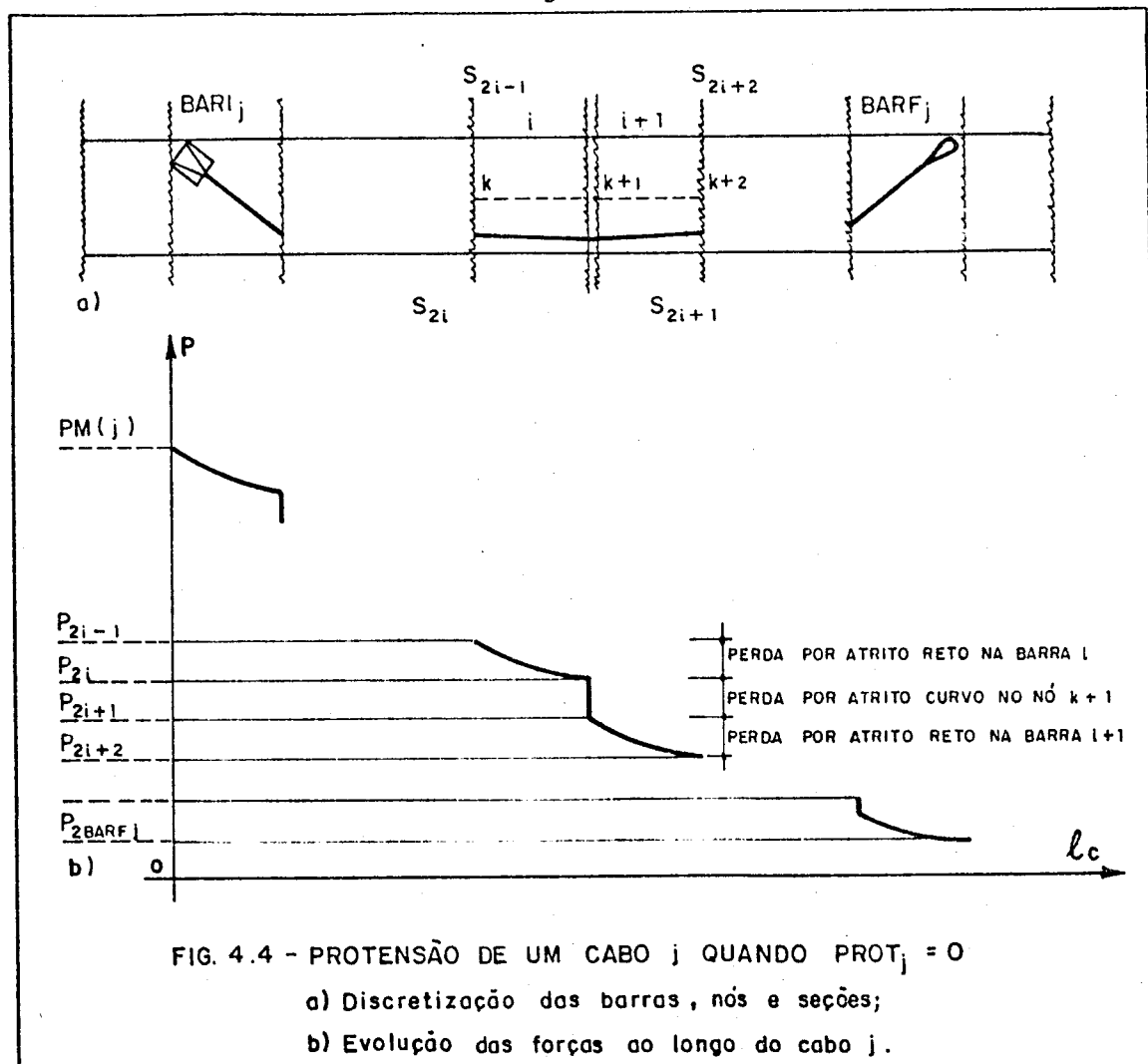


FIG. 4.4 - PROTENSÃO DE UM CABO j QUANDO $PROT_j = 0$

a) Discretização das barras, nós e seções;

b) Evolução das forças ao longo do cabo j .

Na figura 4.4.b, as descontinuidades representam as perdas por atrito curvo (RAC), ou seja, devido a mudança de direção do cabo em cada nó. Os desníveis dos trechos contínuos representam as perdas por atrito reto ao longo de cada barra. No presente caso, as forças de protensão ao longo do cabo são decrescentes e os coeficientes do vetor {PERDA} são menores ou iguais a 1.

b) Protensão pelo fim

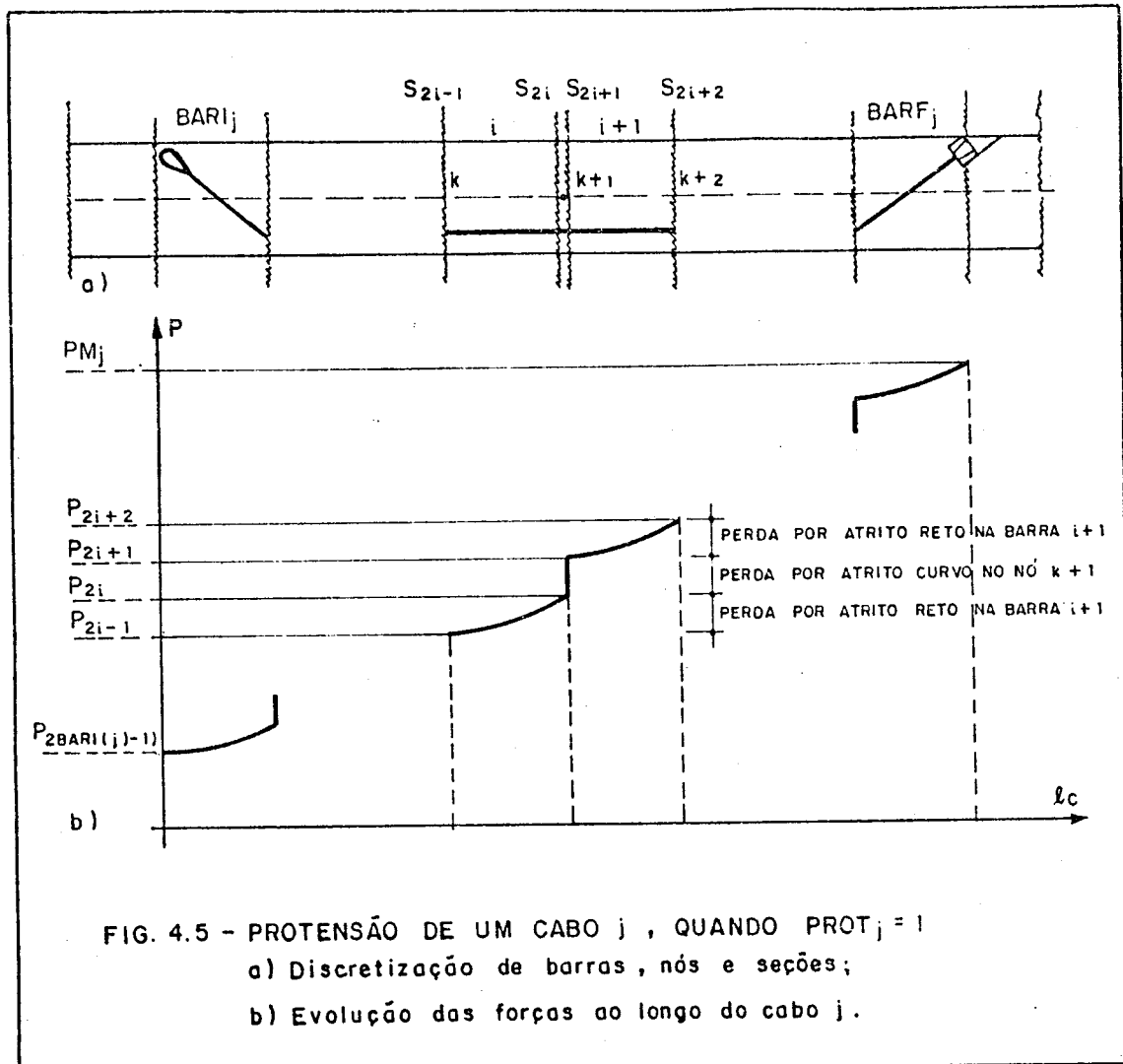
Quando a protensão é pela seção final da barra $BARF_j$, $PROT_j = 1$. A força de protensão é PM_j na seção final de $BARF_j$ e vai decrescendo até a seção inicial de $BARI_j$, onde possui uma ancoragem passiva. Para uma barra i , genérica, compreendida entre $BARI_j$ e $BARF_j$ inclusive estas, as forças de protensão nas seções inicial e final serão respectivamente:

$$P_{2i-1} = PM_j / PERDA_{2i-1}$$

$$P_{2i} = PM_j / PERDA_{2i}$$

Se a barra i for a final, $i = BARF_j$ então $PERDA_{2i} = 1$ e

$P_{2i} = PM_j$. Também $PERDA_{2i-1} = RAR_{2i-1}$ e $P_{2i-1} = PM_j / RAR_{2i-1}$

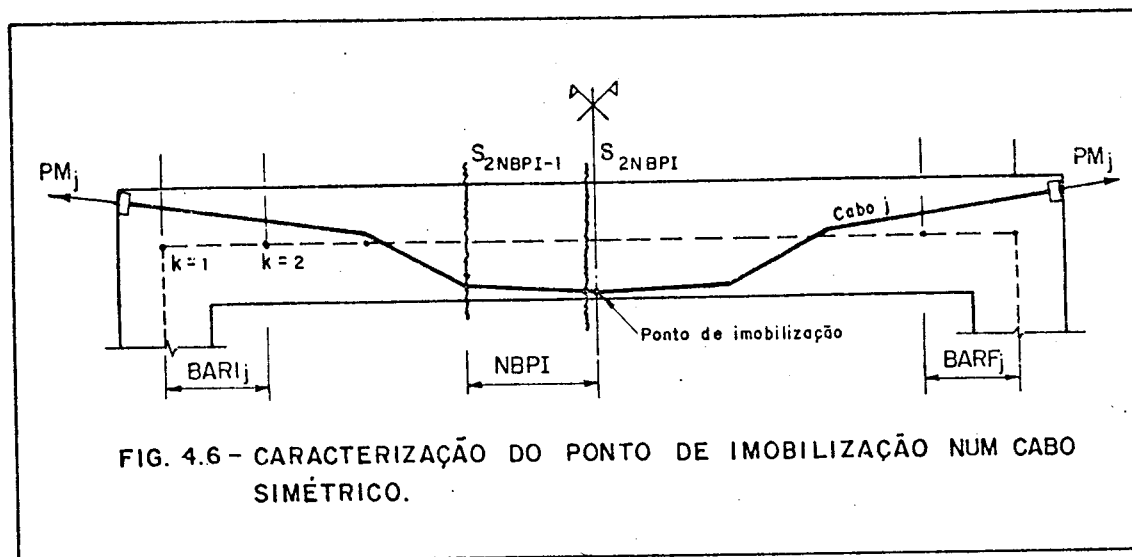


No presente caso, as forças de protensão ao longo do cabo são crescentes e os coeficientes do vetor {PERDA} são maiores ou iguais a 1.

c) Protensão pelos dois extremos

Quando a protensão é pelos dois extremos, $PROT_j = 2$, há necessidade de definir e informar ao computador em qual barra ocorre a menor força de protensão no cabo j . Isto será efetuado através de uma variável inteira NBPI, que será igual ao número da barra onde na sua seção final ocorre a menor força (ponto de imobilização).

Para cabo simétrico, como o da figura 4.6 é fácil identificar a barra NBPI, então esta deverá ser discretizada com sua seção final situada na metade do cabo.



Para cabo sem simetria, como por exemplo, o da figura 4.7, há necessidade de fazer um cálculo prévio da posição de menor força no cabo. Isto poderá ser feito considerando o cabo j , protendido primeiramente pelo início de $BARI_j$ e obtendo-se os valores da força de protensão ao longo do cabo. Da mesma forma, calcula-se a evolução das forças considerando ancoragem passiva em $BARI_j$ e ativa em $BARF_j$. Na interseção dos diagramas estará a força mínima e consequentemente a posição de NBPI.

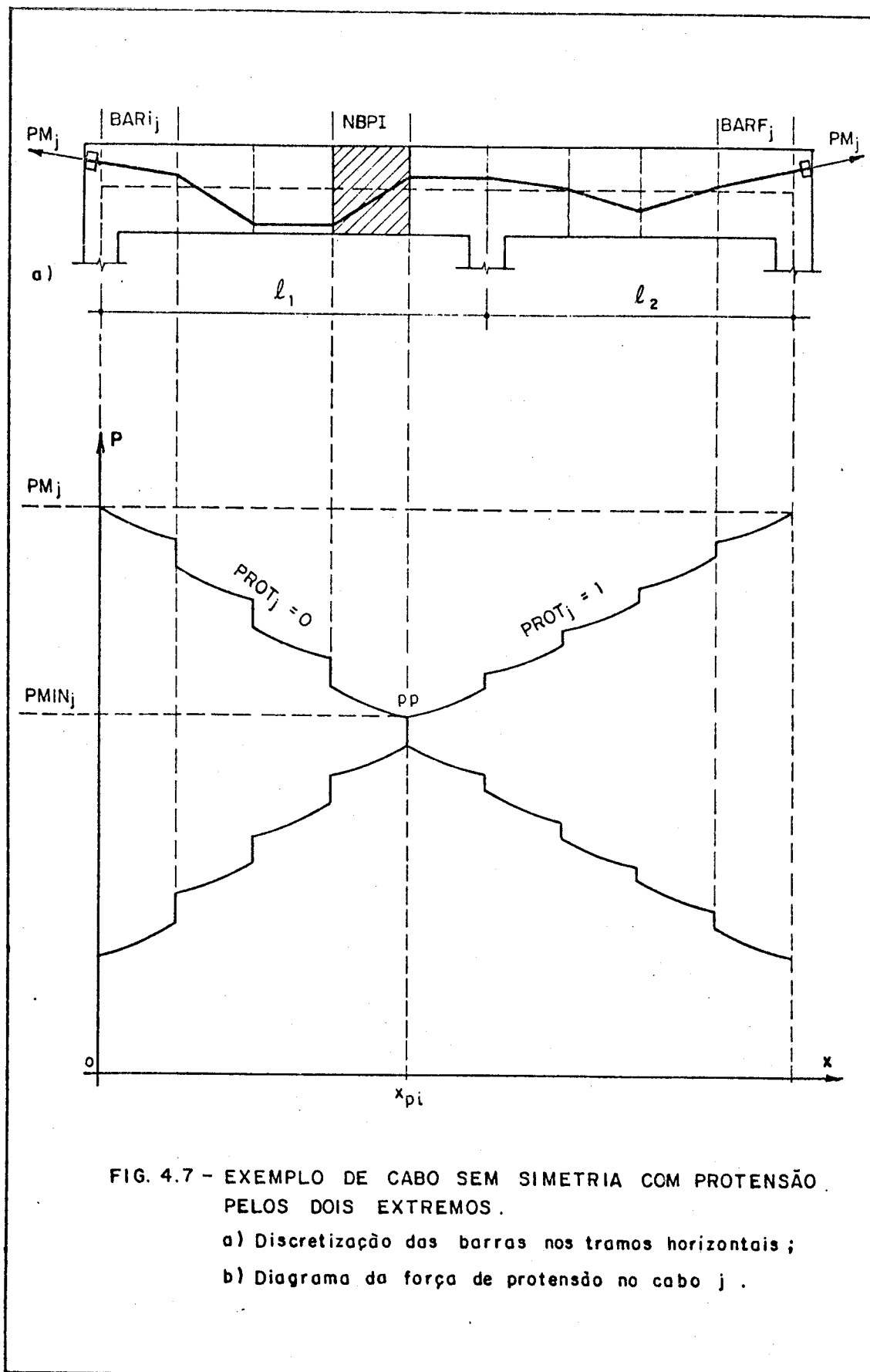


FIG. 4.7 - EXEMPLO DE CABO SEM SIMETRIA COM PROTENSÃO PELOS DOIS EXTREMOS.

- a) Discretização das barras nos tramos horizontais;
 b) Diagrama da força de protensão no cabo j .

Importante notar que o algoritmo de cálculo fica dividido em duas etapas:

- 1.^a ETAPA - cálculo semelhante ao caso em que a protensão \tilde{e} é pelo início, $PROT_j = 0$, feito desde $BARI_j$ até $NBPI$.
- 2.^a ETAPA - cálculo semelhante ao caso em que a protensão \tilde{e} é pelo fim, $PROT_j = 1$, feito desde $NBPI + 1$ até $BARF_j$.

4.3 - SIMPLIFICAÇÃO NOS VALORES DAS FORÇAS DE PROTENSÃO NAS SEÇÕES.

Como foi visto nas figuras 4.4, 4.5 e 4.7 os diagramas das forças de protensão sofrem um salto nas seções, oriundo do atrito no trecho curvo, porque ao longo de cada barra, o modelo discreto considera o cabo reto e as curvaturas são acumuladas apenas nos nós. Seja um cabo j , passando por duas barras i e $i+1$, com um nó k entre as barras, conforme a figura 4.8.

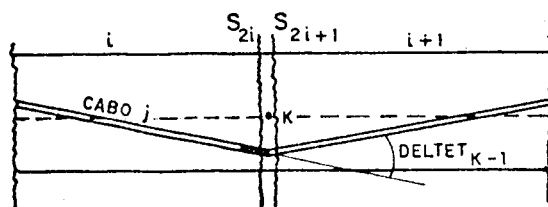


FIG. 4.8 - CABO CONTÍNUO EM UM NÓ K .

Salvo concepção de projeto, o cabo j não possui deflexão no nó k , mas sim, admite uma única tangente à esquerda e à direita, então conclui-se que $P_{2i} = P_{2i+1}$. Isso torna coerente inclusive, a determinação das tensões nas seções S_{2i} e S_{2i+1} .

Quando em um nó k , existir realmente um ângulo na concepção do cabo, é conveniente, discretizar a estrutura de tal maneira que as barras i e $i+1$ tenham comprimento bem reduzidos, mas que não prejudiquem a formação da matriz de rigidez da estrutura.

Na sequência da análise, após o cálculo das perdas por atrito, o algoritmo efetua para um mesmo cabo, a média aritmética entre as forças de protensão das seções contíguas. Para o cálculo desta média aritmética foi criada uma sub-rotina MEDIAP. A figura 4.9 ilustra o fato.

Isso facilita o cálculo das perdas devido à cravação das cunhas quando então se determina o ponto de presa X traduzido pela força do cabo no ponto X e a respectiva abscissa x_X conforme figura 4.9.

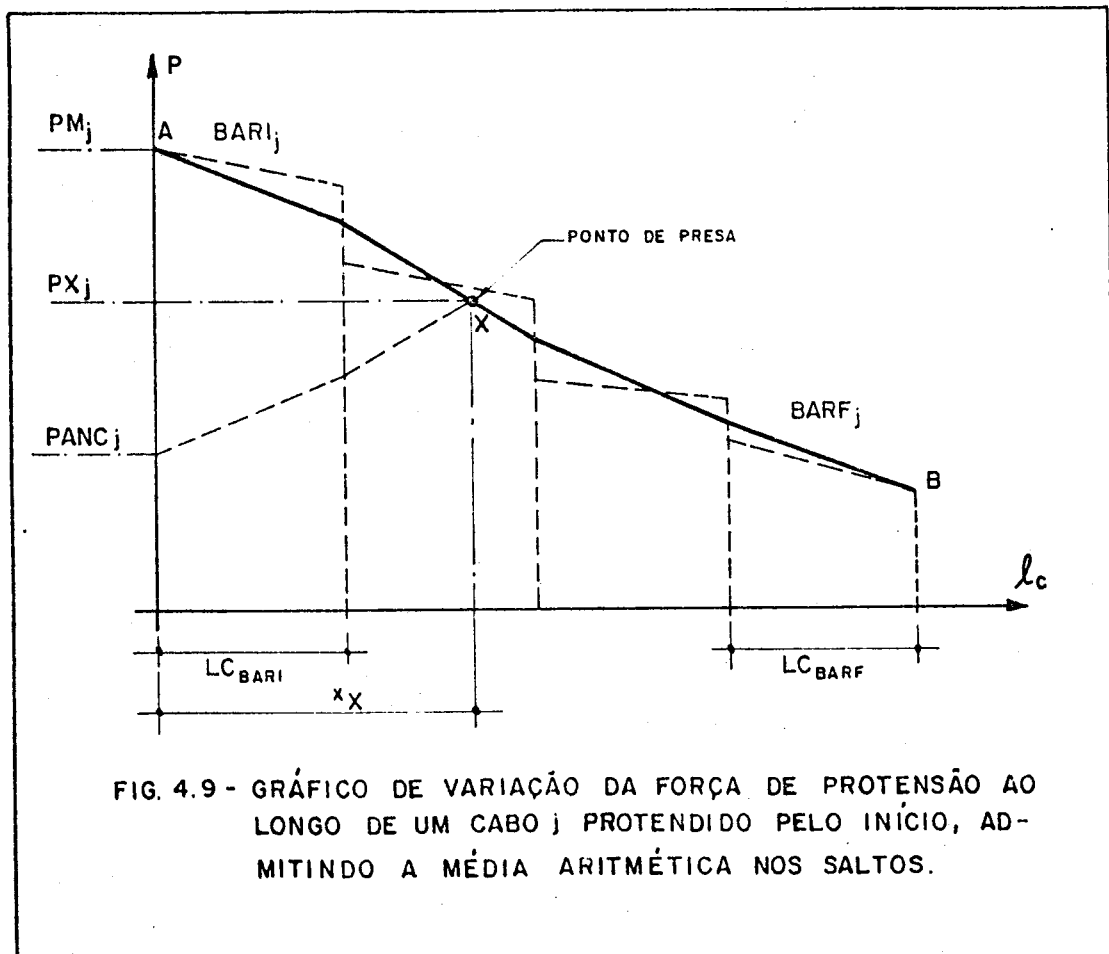


FIG. 4.9 - GRÁFICO DE VARIAÇÃO DA FORÇA DE PROTENSÃO AO LONGO DE UM CABO j PROTENDIDO PELO INÍCIO, ADMITINDO A MÉDIA ARITMÉTICA NOS SALTOS.

4.4 - PERDAS DEVIDO AO ENCUNHAMENTO

4.4.1 - Preliminares

Quando a ancoragem ativa é realizada através de cunhas, há uma diminuição do alongamento na unidade de protensão no instante em que ocorre a transferência do esforço de protensão, do macaco para a ancoragem. Tal diminuição de alongamento acarreta uma perda de tensão no aço de protensão e conseqüentemente, a força que a ancoragem aplica na peça é menor que a força de protensão utilizada no tracionamento dos cabos.

Durante a cravação das cunhas de ancoragem, o cabo j sofre um encurtamento δ_j que é função da força de protensão e do escorregamento máximo $\delta_{m\acute{a}x_j}$, obtido experimentalmente conforme o sistema de protensão e suas respectivas ancoragens ativas. Conhecida a relação entre a força de protensão e a penetração da cunha conforme a figura 4.10, obtém-se a penetração da cunha δ_j através da expressão:

$$\delta_j = \frac{PM_j}{P_{MAX_j}} \cdot \delta_{m\acute{a}x_j}$$

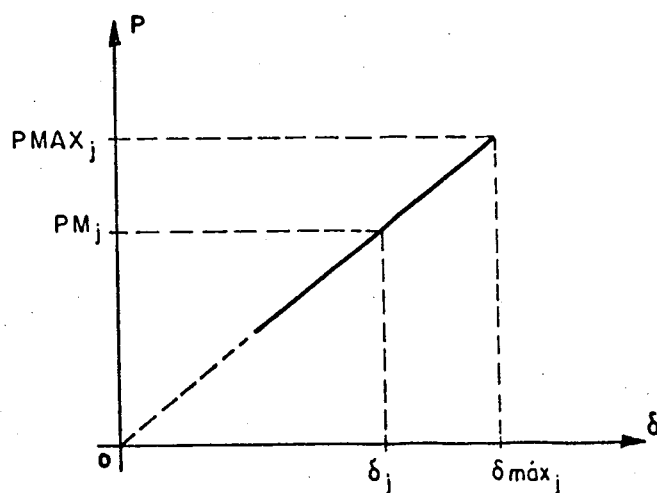
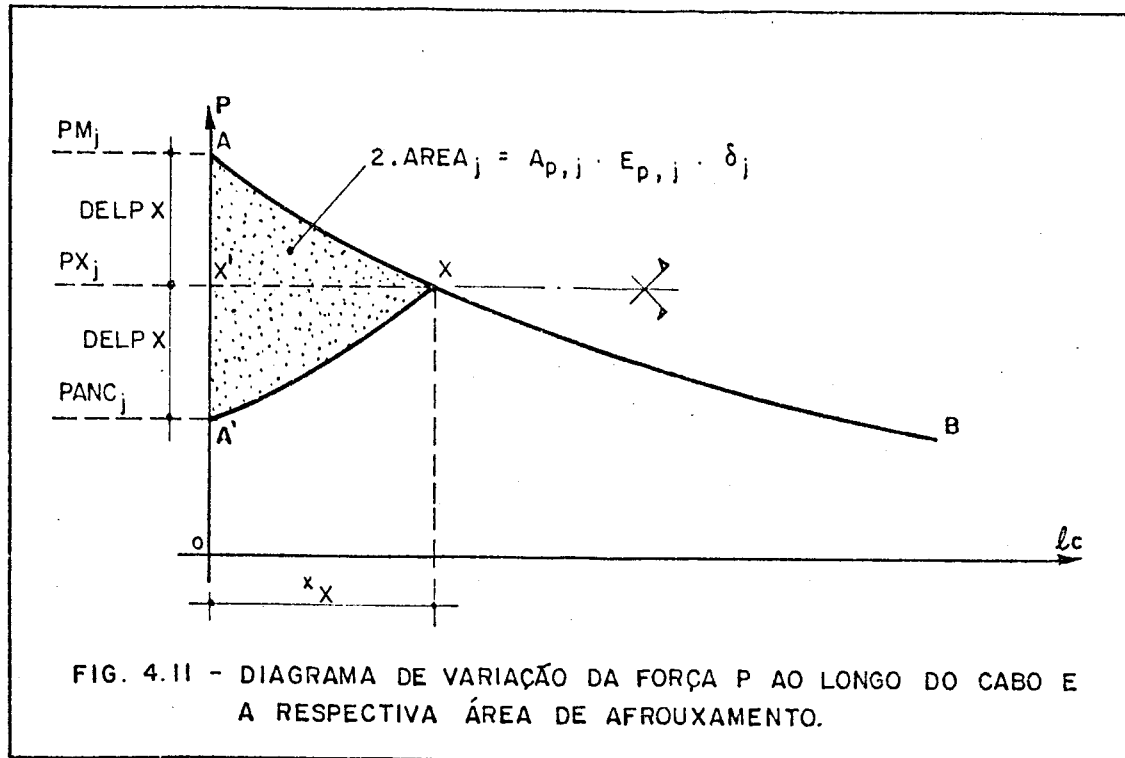


FIG. 4.10 - GRÁFICO DA PENETRAÇÃO DA CUNHA EM FUNÇÃO DA FORÇA DE PROTENSÃO.

Para um cabo genérico j , admitindo-se que o coeficiente de atrito no alongamento é igual ao coeficiente de atrito no afrouxamento, a área AXA' da figura 4.11 possui um eixo de simetria XX' , paralelo ao eixo das abscissas. Isso permite, no algoritmo, trabalhar apenas com a semi-área superior, compreendida por AXX' .



PFEIL [22] demonstra, conforme figura 4.11, que a área $2.AREA_j$, devido ao afrouxamento, quando se despreza a deformação imediata do concreto no trecho de abscissa x_X , é dada por:

$$2.AREA_j = A_{p,j} \cdot E_{p,j} \cdot \delta_j \quad (4.2)$$

A abscissa x_X e a respectiva força PX , no cabo, são determinadas através da igualdade 4.2 e da variação da força de protensão em função do atrito cabo-bainha. Uma vez, obtida PX_j , obtêm-se $PANC_j$, pois:

$$PANC_j = PM_j - 2 \cdot DELPX \quad e,$$

$$DELPX = PM_j - PX_j$$

4.4.2 - Obtenção de x_x e PX no modelo discreto

No modelo adotado, tal como no cálculo das perdas por atrito, há três casos a distinguir:

1º Caso - Quando a protensão é pelo início, $PROT_j = 0$, conforme figura 4.12.

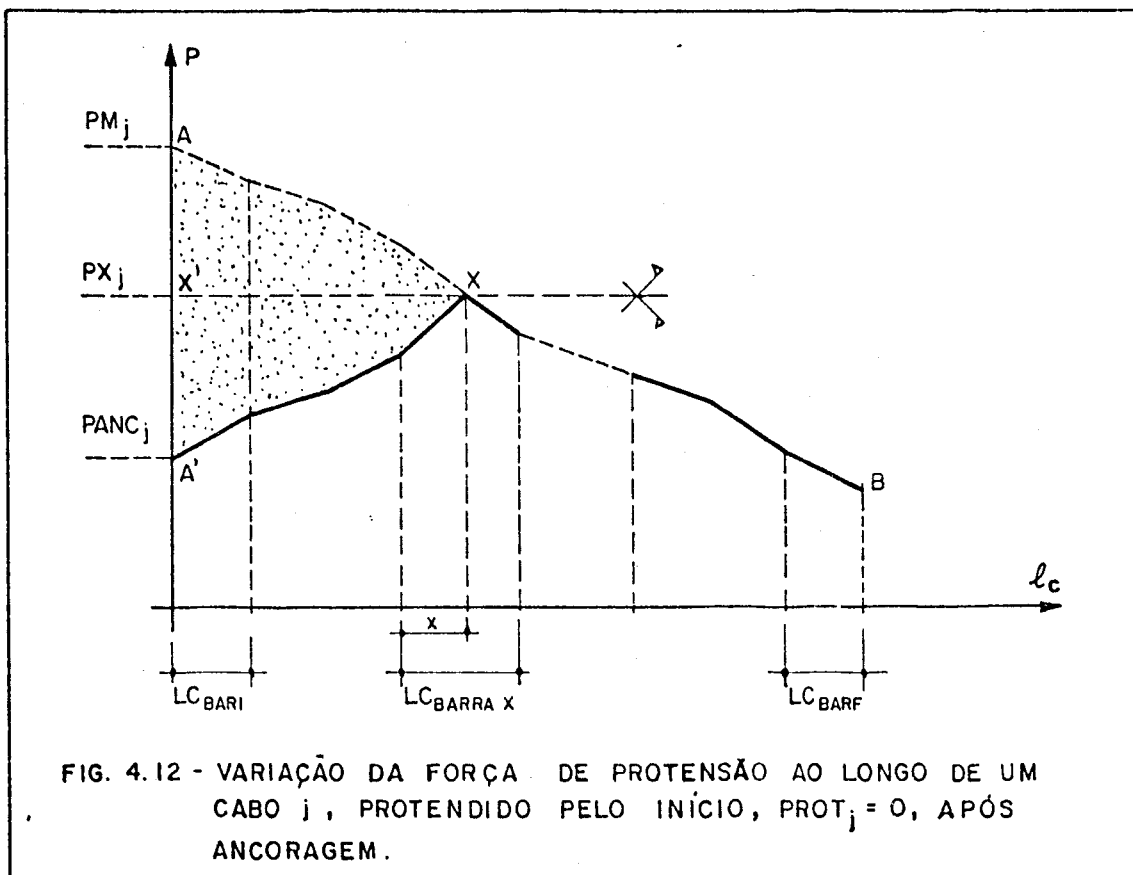
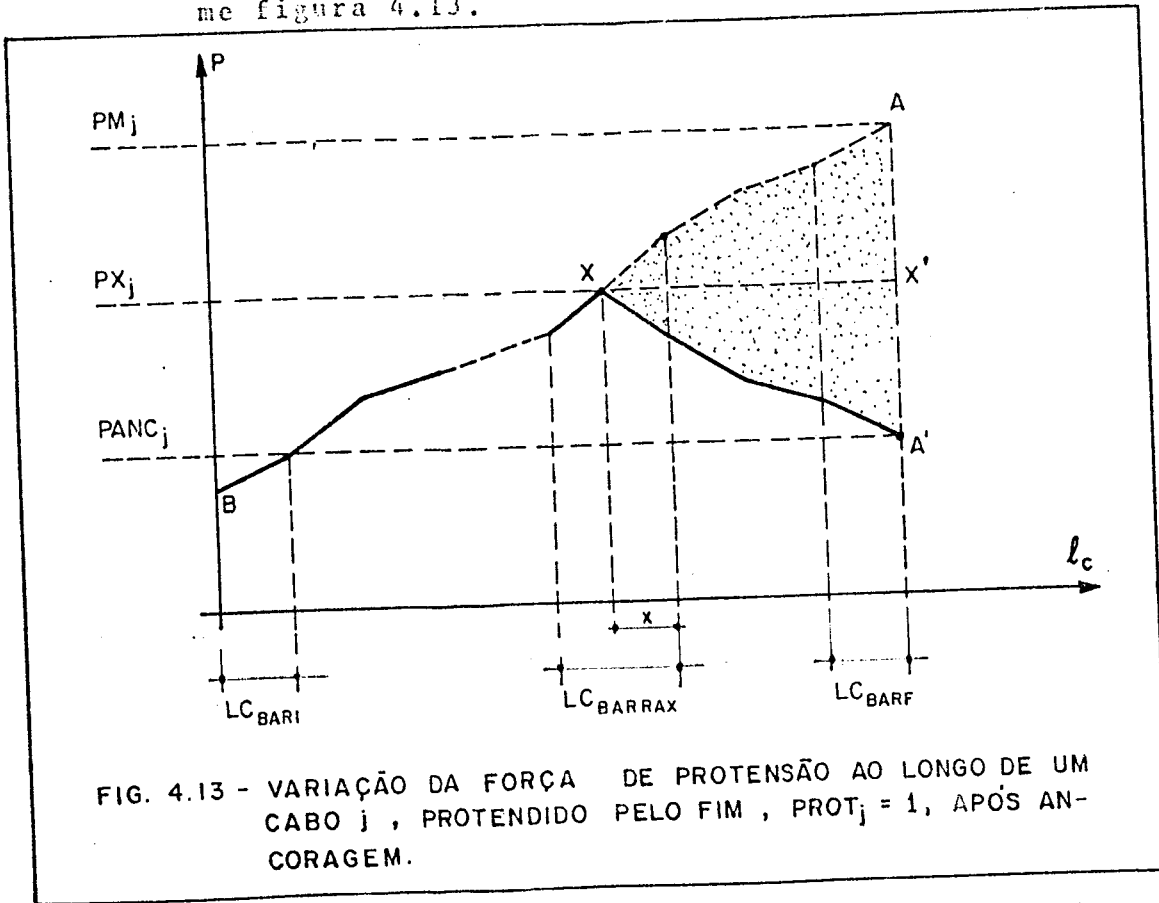
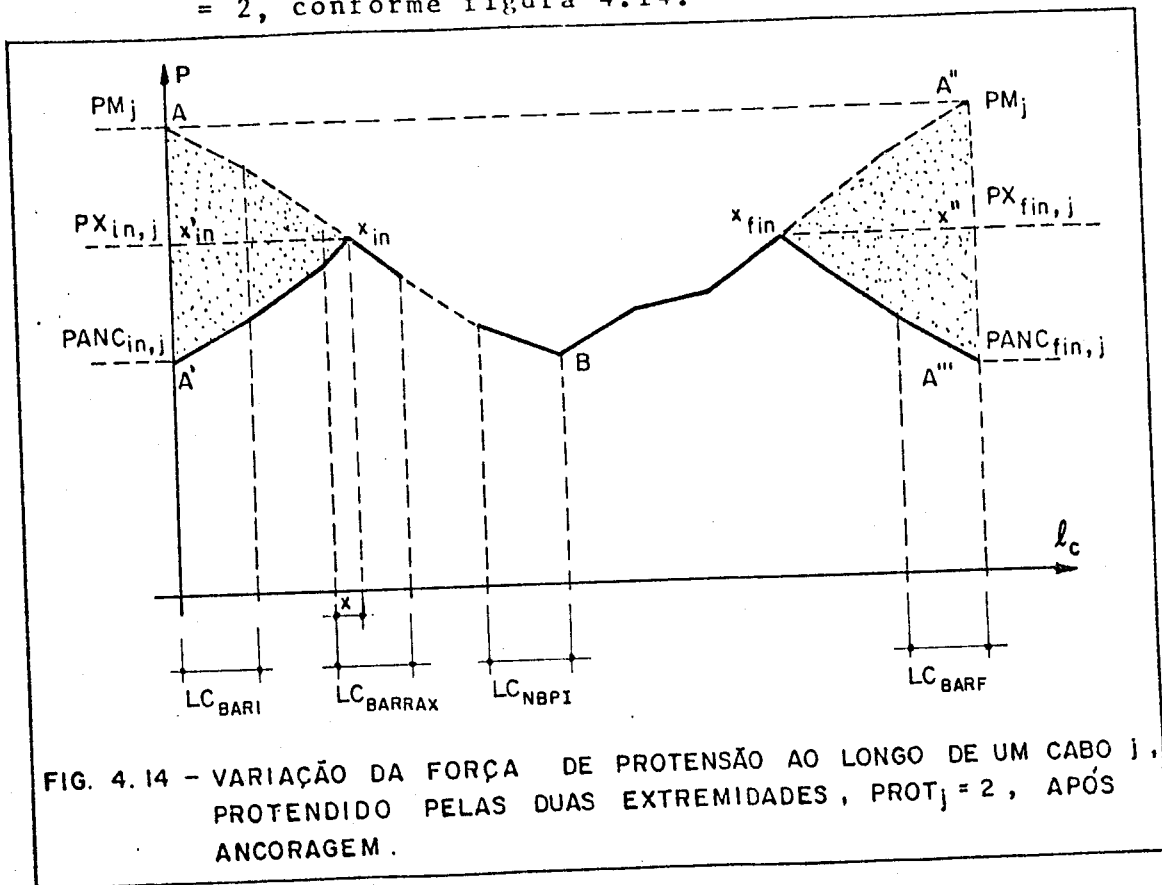


FIG. 4.12 - VARIAÇÃO DA FORÇA DE PROTENSÃO AO LONGO DE UM CABO j , PROTENDIDO PELO INÍCIO, $PROT_j = 0$, APÓS ANCORAGEM.

2º Caso - Quando a protensão é pelo fim, $PROT_j = 1$, conforme figura 4.13.



3º Caso - Quando a protensão é pelos dois extremos $PROT_j = 2$, conforme figura 4.14.



Faz-se o cálculo da área gráfica, AREAC, de maneira iterativa, percorrendo-se o cabo desde BARI_j até BARF_j. Verifica-se para cada barra, se a área acumulada SACUM_q é maior que a AREA_j. Quando isso acontece, interrompe-se o cálculo iterativo e calcula-se a diferença DELS, entre valor AREA_j e a área acumulada da barra anterior a BARRAX. Ou seja,

$$DELS = AREA_j - SACUM_{BARRAX-1} \quad (4.4)$$

Graficamente, na figura 4.15, DELS está representada por um trapézio hachurado, cuja área é

$$DELS = DELPX_{AUX-1} \cdot (LCTOT_{BARRAX-1} + 0,5 x) \quad (4.5)$$

onde LCTOT_{BARRAX-1} é o comprimento do cabo compreendido do início de BARI_j até o fim de BARRAX-1. Com as igualdades 4.3, 4.4 e 4.5 determina-se DELPX_{AUX-1} e x. Por consequência, determina-se PX, pois $PX = P_{AUX-1} - DELPX_{AUX-1}$. Com o valor de PX, obtém-se o vetor {DELPX}, cujos coeficientes são as diferenças entre as forças nas seções anteriores ao ponto X e a força PX.

4.5 - EXEMPLOS DE OBTENÇÃO DOS VETORES {P}_j

4.5.1 - Exemplo 4.1

Para o pórtico bi-articulado, da figura 4.16 com três cabos de protensão, obter {P}₁, {P}₂, {P}₃ considerando apenas as perdas por atrito.

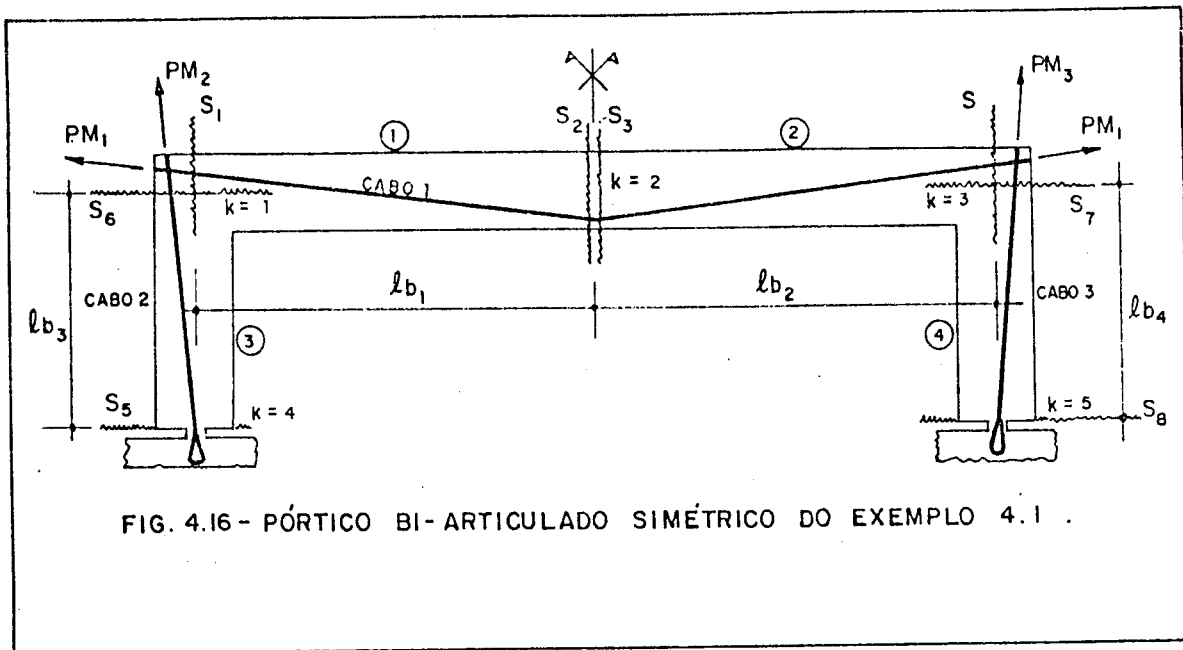


FIG. 4.16 - PÓRTICO BI-ARTICULADO SIMÉTRICO DO EXEMPLO 4.1 .

Dados: Número de cabos - NCAB = 3

Número de barras - NB = 4

Número de nós - NNOS = 5

Número de seções - NS = 8

- cabo 1 - $PROT_1 = 2$ (protensão pelos dois extremos)

$NBPI = 1$ (plano de simetria no final de 1)

- cabo 2 - $PROT_2 = 1$ (protensão pelo nó final de 3)

- cabo 3 - $PROT_3 = 0$ (protensão pelo nó inicial de 4)

solução:

$$\{P\}_1 = \begin{Bmatrix} PM_1 \\ RAR_1 \cdot PM_1 \\ (1/RAR_2) \cdot PM_1 \\ PM_1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}, \{P\}_2 = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ (1/RAR_3) \cdot PM_2 \\ PM_2 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \text{ e } \{P\}_3 = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ PM_3 \\ RAR_4 \cdot PM_3 \end{Bmatrix}$$

4.5.2 - Exemplo 4.2

Para o pórtico bi-articulado da figura 4.17, com protensão só na trave, aplicada pelo cabo 1, na seção inicial da barra 1, obter $\{P\}_1$ considerando apenas as perdas por atrito.

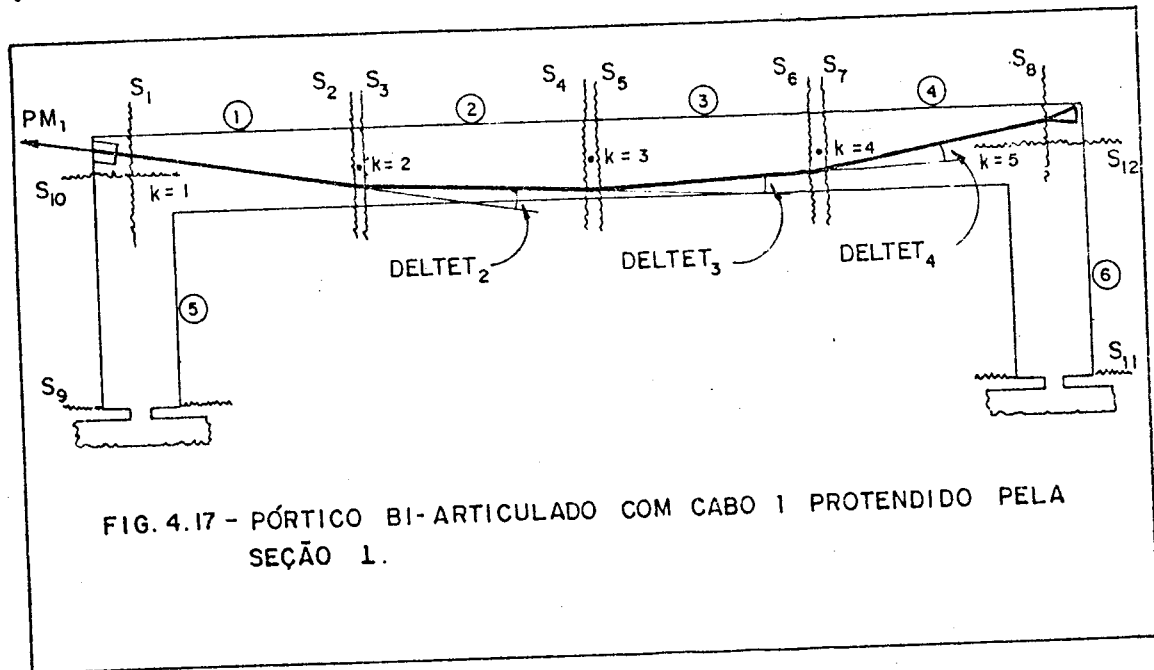


FIG. 4.17 - PÓRTICO BI-ARTICULADO COM CABO 1 PROTENDIDO PELA SEÇÃO 1.

Dados: Número de barras - NB = 6

Número de nós - NNOS = 7

Número de seções - NS = 12

Número de cabos - NCAB = 1

Cabo 1 - $PROT_1 = 0$ (Protensão pelo nó inicial de 1)

$$BARI_1 = 1$$

$$BARF_1 = 4$$

Solução:

Para o cabo 1, único no pórtico, o vetor $\{PERDA\}$ em função de RAR e RAC será:

$$\{PERDA\} = \begin{Bmatrix} PERDA_1 \\ PERDA_2 \\ PERDA_3 \\ PERDA_4 \\ PERDA_5 \\ PERDA_6 \\ PERDA_7 \\ PERDA_8 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1 \\ .RAR_1 \\ RAC_2 \cdot RAR_1 \\ RAR_2 \cdot RAC_2 \cdot RAR_1 \\ RAC_3 \cdot RAR_2 \cdot RAC_2 \cdot RAR_1 \\ RAR_3 \cdot RAC_3 \cdot RAR_2 \cdot RAC_2 \cdot RAR_1 \\ RAC_4 \cdot RAR_3 \cdot RAC_3 \cdot RAR_2 \cdot RAC_2 \cdot RAR_1 \\ RAR_4 \cdot RAC_4 \cdot RAR_3 \cdot RAC_3 \cdot RAR_2 \cdot RAC_2 \cdot RAR_1 \end{Bmatrix}$$

Neste caso, como a estrutura possui um único cabo, então $\{P\}_1$ será:

$$\{P\}_1 = \begin{Bmatrix} PM_1 \\ RAR_1 \cdot PM_1 \\ RAC_2 \cdot RAR_1 \cdot PM_1 \\ RAR_2 \cdot RAC_2 \cdot RAR_1 \cdot PM_1 \\ RAC_3 \cdot RAR_2 \cdot RAC_2 \cdot RAR_1 \cdot PM_1 \\ RAR_3 \cdot RAC_3 \cdot RAR_2 \cdot RAC_2 \cdot RAR_1 \cdot PM_1 \\ RAC_4 \cdot RAR_3 \cdot RAC_3 \cdot RAR_2 \cdot RAC_2 \cdot RAR_1 \cdot PM_1 \\ RAR_4 \cdot RAC_4 \cdot RAR_3 \cdot RAC_3 \cdot RAR_2 \cdot RAC_2 \cdot RAR_1 \cdot PM_1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

Analisando-se o vetor $\{P\}_1$, nota-se que as linhas nulas dizem respeito as barras 5 e 6, as quais não possuem cabos protendidos.

PARTE V

TRANSFORMAÇÃO DAS FORÇAS DE PROTENSÃO EM AÇÕES
NODAIS NA ESTRUTURA E CÁLCULO DOS ESFORÇOS DE PROTENSÃO

5.1 - ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Um cabo de protensão aplica numa estrutura ações externas, para efeito desta análise, em três situações:

- 1^a) Ações devidas às ancoragens de extremidades do cabo;
- 2^a) Ações oriundas da mudança de direção na trajetória do cabo;
- 3^a) Forças tangentes ao cabo e distribuídas ao longo deste, oriundas do atrito cabo-bainha.

Após a obtenção das forças na armadura de protensão ao longo de cada cabo j , descontando-se as perdas por atrito e encunhamento, é possível calcular, no ato da protensão, os esforços e as respectivas tensões normais introduzidas por cada cabo, bem como, pelo conjunto dos cabos.

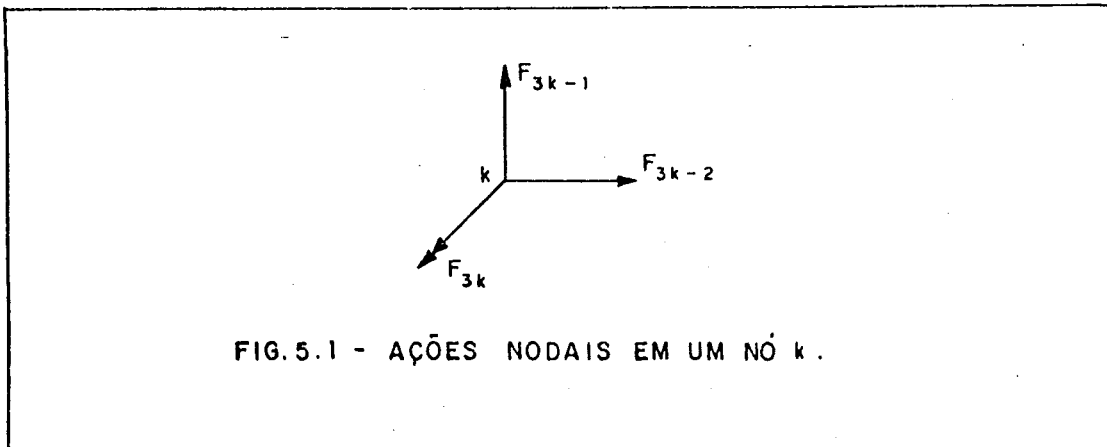
Os esforços seccionais de protensão serão calculados através das expressões 3.5, 3.6 e 3.7 e para um cabo j , são respectivamente:

$$\{MP\}_j = [MI] \cdot \{f\}_j ;$$

$$\{NP\}_j = [ANI] \cdot \{f\}_j \quad e$$

$$\{VP\}_j = [VI] \cdot \{f\}_j .$$

As matrizes $[MI]$, $[ANI]$ e $[VI]$ foram obtidas através do programa LINPORT.FOR da Parte III. O vetor $\{f\}_j$ representa as ações nodais de protensão aplicadas pelo cabo j segundo as coordenadas globais da estrutura. Para um pórtico com um número de nós igual a NNOS, tem-se 3.NNOS coordenadas globais, portanto três ações por nó, conforme a figura 5.1.



segundo a direção K1 a ação é f_{3k-2} ;

segundo a direção K2 a ação é f_{3k-1} e

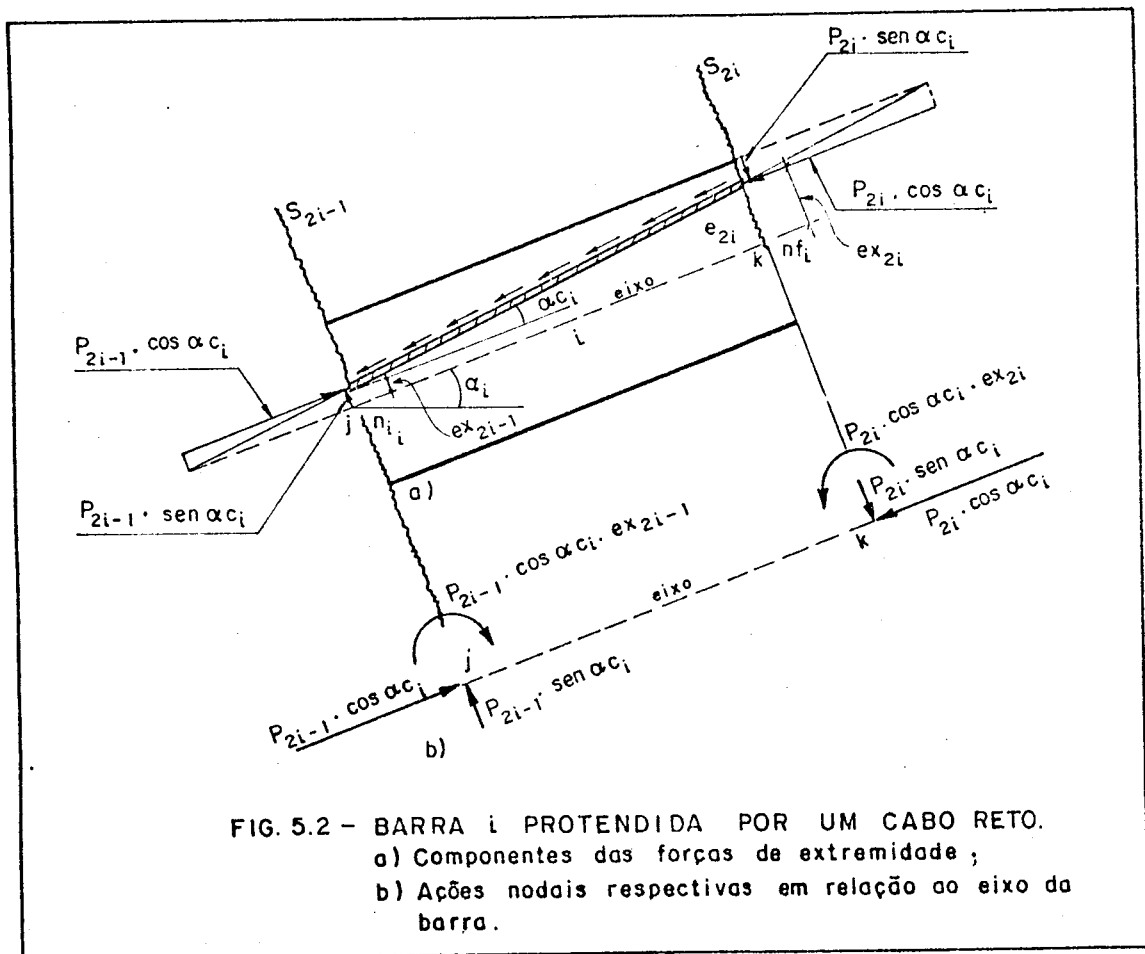
segundo a direção K3 a ação é f_{3k} .

Para a formação do vetor $\{f\}_j$, deve-se conhecer:

- as forças de protensão ao longo do cabo $\{P\}_j$, calculadas conforme Parte IV;
- as excentricidades do cabo nas seções $\{EX\}$, oriundas do posicionamento da cablagem;
- os comprimentos das barras por onde passa o cabo $\{l_b\}$, definidos pela discretização da estrutura.

5.2 - FORÇAS DE PROTENSÃO APLICADAS POR UM CABO NUMA BARRA I

Seja a barra i , da figura 5.2, contendo um cabo de protensão, reto entre os nós j e k que são respectivamente os nós inicial e final da barra. No início da barra, cuja seção é $2i-1$ o cabo aplica a força P_{2i-1} e no fim da barra cuja seção é $2i$ o cabo aplica a força P_{2i} . A diferença entre as duas forças é $\Delta P_i = P_{2i-1} - P_{2i}$, oriunda do atrito, cuja direção é a mesma do cabo e distribui-se uniformemente no comprimento l_{c_i} .

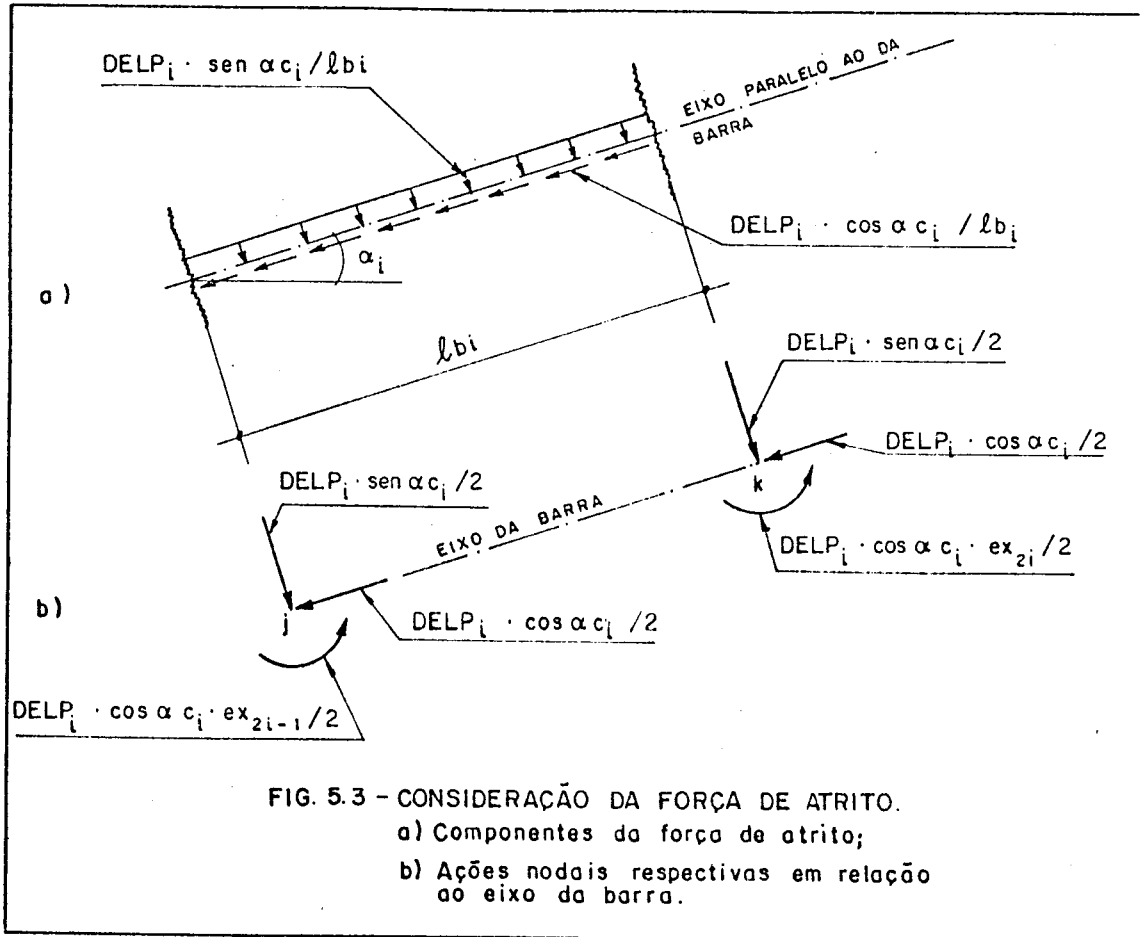


A força P_{2i-1} se decompõe em duas forças:

- $P_{2i-1} \cdot \cos \alpha_i$, perpendicular a seção $2i-1$ e, $P_{2i-1} \cdot \sin \alpha_i$, paralela a seção $2i-1$. A força P_{2i} se decompõe de maneira análoga na seção $2i$.

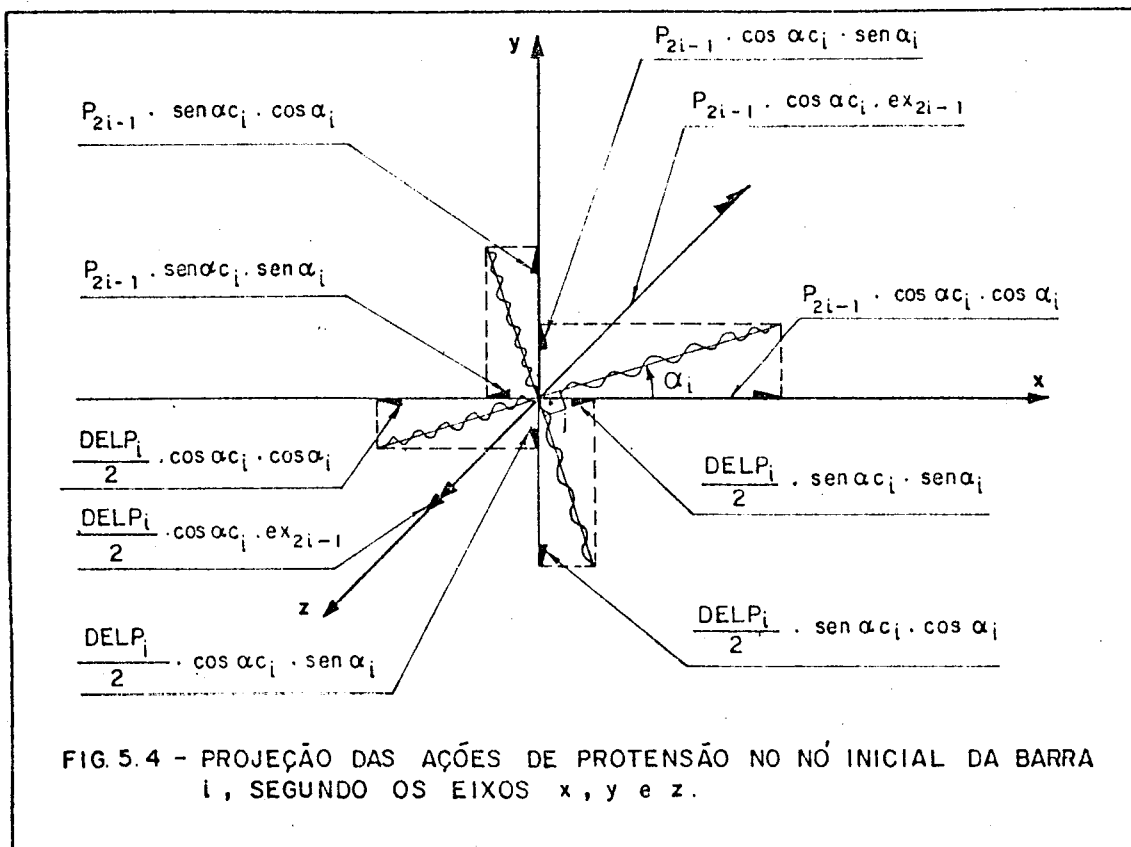
A força distribuída $DEL P_i / l c_i$, por ser inclinada de um ângulo α_i , se decompõe em duas forças distribuídas:

- $DEL P_i \cdot \cos \alpha_i / l b_i$ na mesma direção do eixo da barra;
- $DEL P_i \cdot \sin \alpha_i / l b_i$ perpendicular à direção do eixo da barra.



5.2.1 - Ações nodais de protensão no nó inicial de uma barra I

Tomando o nó j como origem de um sistema cartesiano xyz , paralelos a XYZ , efetua-se a projeção das ações nodais que até então, estão relacionadas ao eixo da barra como indicam as figuras 5.2.b e 5.3.b. Em seguida, efetua-se o somatório das ações segundo os eixos x , y e z , encontrando-se então, as ações nodais, referidas às coordenadas globais da estrutura.



Conforme figura 5.4, a resultante segundo x é:

$$f_{3j-2} = (P_{2i-1} - 0,5DEL P_i) \cdot \cos \alpha_i \cdot \cos \alpha_i - \\ - (P_{2i-1} - 0,5DEL P_i) \sin \alpha_i \cdot \sin \alpha_i$$

ou

$$f_{3j-2} = (P_{2i-1} - 0,5DEL P_i) \cdot (\cos \alpha_i \cdot \cos \alpha_i - \sin \alpha_i \cdot \sin \alpha_i) \quad (5.1)$$

A resultante segundo y é:

$$f_{3j-1} = (P_{2i-1} - 0,5DEL P_i) \cdot \cos \alpha_i \cdot \sin \alpha_i + \\ + (P_{2i-1} - 0,5DEL P_i) \sin \alpha_i \cdot \cos \alpha_i$$

ou

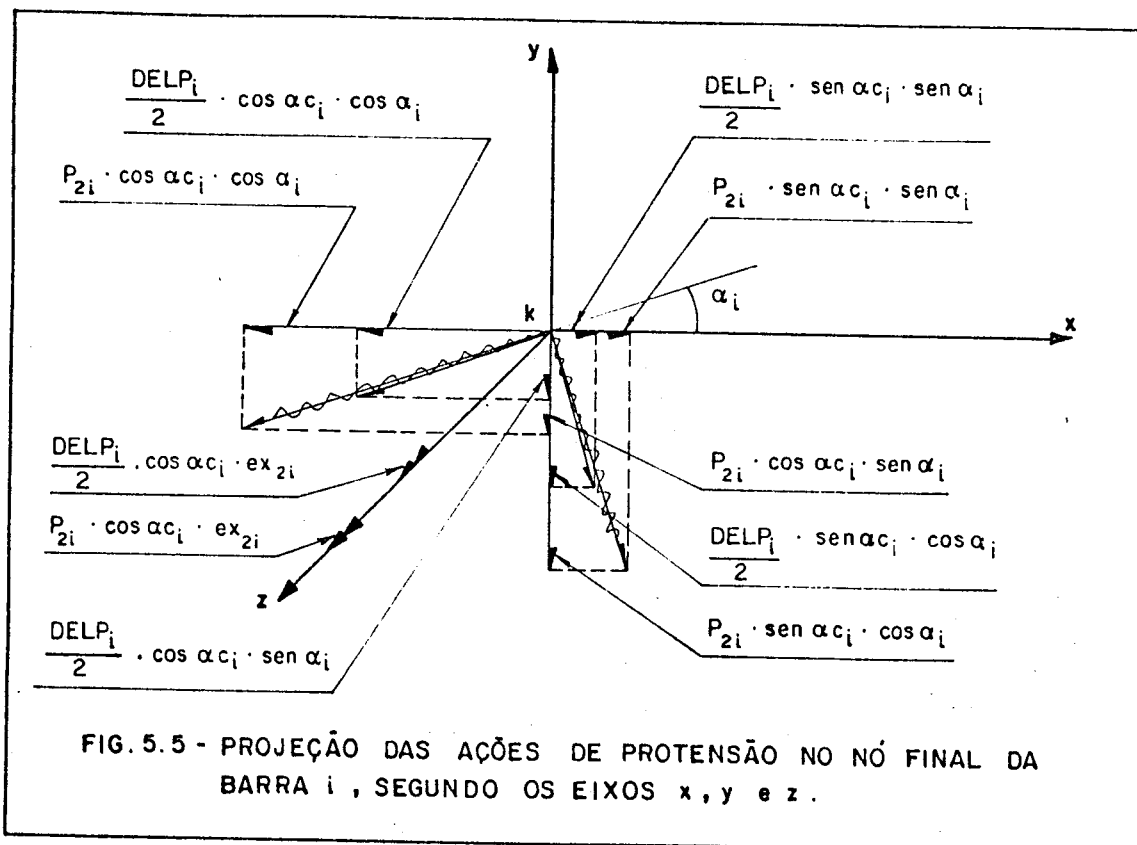
$$f_{3j-1} = (P_{2i-1} - 0,5DELP_i) \cdot (\cos \alpha_i \cdot \text{sen } \alpha_i + \text{sen } \alpha_i \cdot \cos \alpha_i) \quad (5.2)$$

A resultante segundo z é:

$$f_{3j} = - (P_{2i-1} - 0,5DELP_i) \cdot \cos \alpha_i \cdot \text{ex}_{2i-1} \quad (5.3)$$

5.2.2 - Ações nodais de protensão no nó final de uma Barra I

De uma maneira análoga ao nó inicial j , projeta-se as ações nodais, das figuras 5.2.b e 5.3.b, relativas ao nó k , e efetua-se o somatório segundo os eixos x , y e z , conforme figura 5.5.



A resultante segundo \bar{x} é:

$$f_{3k-2} = -(P_{2i} + 0,5DELP_i) \cdot \cos \alpha_{ci} \cdot \cos \alpha_i + \\ + (P_{2i} + 0,5DELP_i) \cdot \sin \alpha_{ci} \cdot \sin \alpha_i$$

ou

$$f_{3k-2} = (P_{2i} + 0,5DELP_i) \cdot (-\cos \alpha_{ci} \cdot \cos \alpha_i + \sin \alpha_{ci} \cdot \sin \alpha_i) \quad (5.4)$$

A resultante segundo \bar{y} é:

$$f_{3k-1} = -(P_{2i} + 0,5DELP_i) \cdot \cos \alpha_{ci} \cdot \sin \alpha_i + \\ - (P_{2i} + 0,5DELP_i) \cdot \sin \alpha_{ci} \cdot \cos \alpha_i$$

ou

$$f_{3k-1} = (P_{2i} + 0,5DELP_i) \cdot (-\cos \alpha_{ci} \cdot \sin \alpha_i - \sin \alpha_{ci} \cdot \cos \alpha_i) \quad (5.5)$$

A resultante segundo \bar{z} é:

$$f_{3k} = (P_{2i} + 0,5DELP_i) \cdot \cos \alpha_{ci} \cdot \exp_{2i} \quad (5.6)$$

Fazendo:

$$AUX1 = \cos \alpha_{ci} \cdot \cos \alpha_i - \sin \alpha_{ci} \cdot \sin \alpha_i;$$

$$AUX2 = \cos \alpha_{ci} \cdot \sin \alpha_i + \sin \alpha_{ci} \cdot \cos \alpha_i;$$

$$PB = P_{2i-1} - 0,5DELP_i \quad \text{ou} \quad PB = P_{2i} + 0,5DELP_i ;$$

$$AUX3 = \cos \alpha_{ci} \cdot PB$$

e substituindo-se estas igualdades nas expressões 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5 e 5.6 as ações nodais em j e k tornam-se:

$$f_{3j-2} = \text{AUX1.PB} \quad (5.7)$$

$$f_{3j-1} = \text{AUX2.PB} \quad (5.8)$$

$$f_{3j} = -\text{AUX3.ex}_{2i-1} \quad (5.9)$$

$$f_{3k-2} = -\text{AUX1.PB} \quad (5.10)$$

$$f_{3k-1} = -\text{AUX2.PB} \quad (5.11)$$

$$f_{3k} = \text{AUX3.ex}_{2i} \quad (5.12)$$

Isto vale para um cabo que inicia num dos nós da barra i e termina no outro ou seja $\text{BARI}_j = \text{BARF}_j$. Quando $\text{BARI}_j \neq \text{BARF}_j$ os valores de f , atuantes no nó de duas barras contíguas, serão aqueles oriundos das forças paralelas e também das forças perpendiculares ao eixo da barra, pois assim considera-se a variação da força no cabo. Serão desprezadas as ações nodais relativas ao momento aplicado. Se as barras que contêm o cabo j forem horizontais, conforme figura 5.6, $\cos \alpha_i = 1$, pode-se resumir as ações nodais da seguinte maneira dependendo do valor de i :

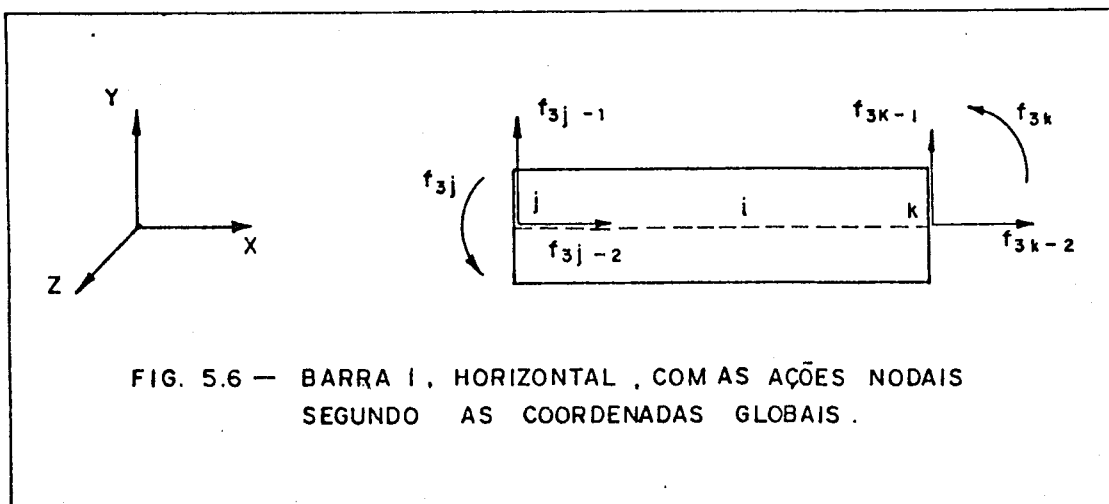


FIG. 5.6 — BARRA I, HORIZONTAL, COM AS AÇÕES NODAIS SEGUNDO AS COORDENADAS GLOBAIS.

Quando $i = \text{BARI}_j$ (barra inicial)

$$f_{3j-2} = \text{AUX1.PB}$$

$$f_{3j-1} = \text{AUX2.PB}$$

$$f_{3j} = -\text{AUX3.ex}_{2i-1}$$

$$f_{3k-2} = -\text{AUX1.PB}$$

$$f_{3k-1} = -\text{AUX2.PB}$$

$$f_{3k} = 0$$

Quando $i \neq \text{BARI}_j \neq \text{BARF}_j$ (barras internas)

$$f_{3j-2} = \text{AUX1.PB}$$

$$f_{3j-1} = \text{AUX2.PB}$$

$$f_{3j} = 0$$

$$f_{3k-2} = -\text{AUX1.PB}$$

$$f_{3k-1} = -\text{AUX2.PB}$$

$$f_{3k} = 0$$

Quando $i = \text{BARF}_j$ (barra final)

$$f_{3j-2} = \text{AUX1.PB}$$

$$f_{3j-1} = \text{AUX2.PB}$$

$$f_{3j} = 0$$

$$f_{3k-2} = -\text{AUX1.PB}$$

$$f_{3k-1} = -\text{AUX2.PB}$$

$$f_{3k} = \text{AUX3.ex}_{2i}$$

Se as barras que contêm o cabo j forem verticais, conforme figura 5.7, $\cos \alpha_i = 0$, as ações nodais se resumem da seguinte maneira, dependendo do valor de i :

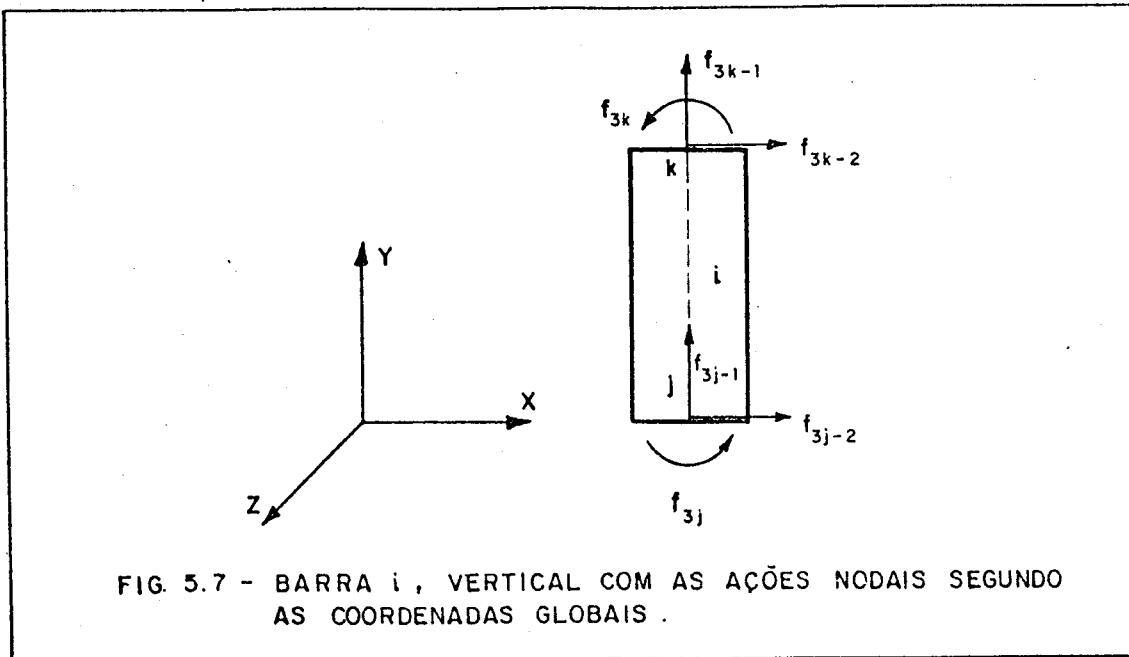


FIG. 5.7 - BARRA i , VERTICAL COM AS AÇÕES NODAIS SEGUNDO AS COORDENADAS GLOBAIS.

- Quando $i = \text{BARI}_j$ (barra inicial)

$$f_{3j-2} = \text{AUX1.PB}$$

$$f_{3j-1} = \text{AUX2.PB}$$

$$f_{3j} = -\text{AUX3.ex}_{2i-1}$$

$$f_{3k-2} = -\text{AUX1.PB}$$

$$f_{3k-1} = -\text{AUX2.PB}$$

$$f_{3k} = 0$$

- Quando $i \neq \text{BARI}_j \neq \text{BARF}_j$ (barras internas)

$$f_{3j-2} = \text{AUX1.PB}$$

$$f_{3j-1} = \text{AUX2.PB}$$

$$f_{3j} = 0$$

$$f_{3k-2} = -\text{AUX1.PB}$$

$$f_{3k-1} = -\text{AUX2.PB}$$

$$f_{3k} = 0$$

- Quando $i = \text{BARF}_j$

$$f_{3j-2} = \text{AUX1.PB}$$

$$f_{3j-1} = \text{AUX2.PB}$$

$$f_{3j} = 0$$

$$f_{3k-2} = -\text{AUX1.PB}$$

$$f_{3k-1} = -\text{AUX2.PB}$$

$$f_{3k} = \text{AUX3.ex}_{2i}$$

5.3 - CÁLCULO DOS ESFORÇOS DE PROTENSÃO

Os esforços seccionais de protensão, gerados por cada cabo j , uma vez obtido o vetor $\{f\}_j$, serão calculados por:

$$\{MP\}_j = [MI] \cdot \{f\}_j;$$

$$\{NP\}_j = [ANI] \cdot \{f\}_j \quad e$$

$$\{VP\}_j = [VI] \cdot \{f\}_j$$

Os esforços de protensão oriundos de todos os cabos atuantes no pórtico resultam do somatório dos esforços individuais gerados por cada cabo j , então:

$$\{MPA\} = \sum_{j=1}^{NCAB} \{MP\}_j \quad ;$$

$$\{NPA\} = \sum_{j=1}^{NCAB} \{NP\}_j \quad e$$

$$\{VPA\} = \sum_{j=1}^{NCAB} \{VP\}_j$$

5.4 - CÁLCULO DAS TENSÕES NORMAIS NAS BORDAS DAS SEÇÕES

As tensões normais, nas bordas das seções, serão calculadas para três combinações de solicitações:

- 1.^a) Esforços de protensão + esforços da carga permanente;
- 2.^a) Esforços de protensão + esforços da envoltória máxima;
- 3.^a) Esforços de protensão + esforços da envoltória mínima.

5.4.1 - Tensões dos esforços de protensão + esforços do carregamento permanente

A tensão na borda "superior", numa seção s será denominada $TGBS_s$ e a tensão na borda "inferior" será denominada $TGBI_s$, expressas por:

$$TGBS_s = (N_{g,s} + \gamma_p \cdot NP_s) / A_{c,s} - (M_{g,s} + \gamma_p \cdot MP_s) / w_s \quad e$$

$$TGBI_s = (N_{g,s} + \gamma_p \cdot NP_s) / A_{c,s} - (M_{g,s} + \gamma_p \cdot MP_s) / wi_s.$$

Entenda-se borda "superior", como a borda afastada de uma distância h_s do centro de gravidade da seção transversal e, como borda "inferior", a borda oposta, distante h_i do centro de gravidade. Nas expressões, γ_p é o coeficiente de ponderação das solicitações de protensão.

5.4.2 - Tensões dos esforços de protensão + esforços da envoltória máxima

A tensão normal na borda "superior", em uma seção s será denominada $TMABS_s$ e a tensão normal na borda "inferior" será denominada $TMABI_s$, expressas por:

$$TMABS_s = (N_{\max,s} + \gamma_p \cdot NP_s) / A_{c,s} - (M_{\max,s} + \gamma_p \cdot MP_s) / ws_s \quad e$$

$$TMABI_s = (N_{\max,s} + \gamma_p \cdot NP_s) / A_{c,s} - (M_{\max,s} + \gamma_p \cdot MP_s) / wi_s.$$

5.4.3 - Tensões dos esforços de protensão + esforços da envoltória mínima.

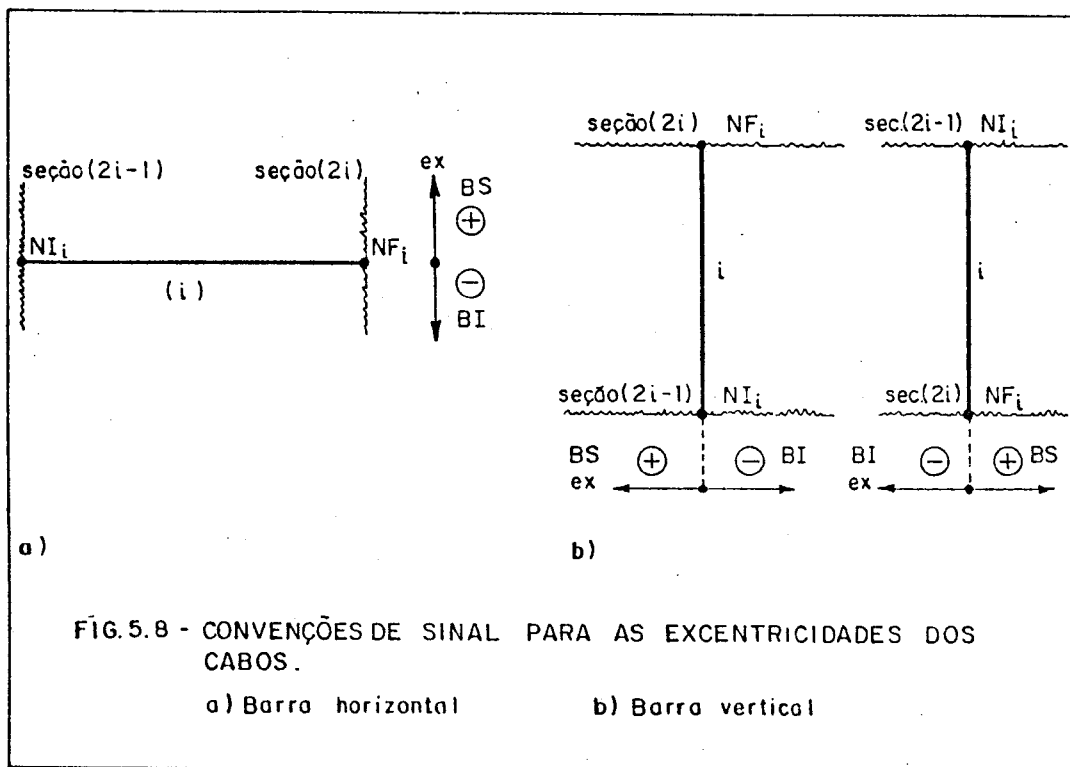
A tensão normal na borda "superior", em uma seção s será denominada $TMIBS_s$ e a tensão normal na borda "inferior", será denominada $TMIBI_s$, expressas por:

$$TMIBS_s = (N_{\min,s} + \gamma_p \cdot NP_s) / A_{c,s} - (M_{\min,s} + \gamma_p \cdot MP_s) / ws_s$$

$$TMIBI_s = (N_{\min,s} + \gamma_p \cdot NP_s) / A_{c,s} - (M_{\min,s} + \gamma_p \cdot MP_s) / wi_s$$

5.5 - CONVENÇÕES DE SINAIS PARA EXCENTRICIDADES

O sinal das excentricidades dos cabos depende da localização dos nós inicial NI_i e final NF_i . Será conforme indica a figura 5.8. Um observador situado em NI e voltado para NF , terá excentricidades positivas à sua esquerda e excentricidades negativas à sua direita.



A borda "superior", BS, é a fibra mais afastada da região de excentricidades positivas. A borda "inferior", BI, é a fibra mais afastada da região de excentricidades negativas, conforme fig. 5.8.

5.6 - PROGRAMA VERIS.FOR

5.6.1 - Algoritmo do programa VERIS.FOR

- Leitura de dados no arquivo c:PROTENS.DAT;
- Leitura no arquivo CABOS.DAT, dos seguintes dados: NCAB, J, BARI_j, BARF_j, PROT_j, PM_j, AP_j, EP_j, DELTMAX_j, PM_j, CA_j;
- Leitura no arquivo CABOS.DAT das excentricidades de cada cabo;
- Listagem em vídeo, ou impressora ou arquivo c:VERIS.RES dos dados relativos a cada cabo;
- Cálculo, em sub-rotina das perdas por atrito, sendo a protensão pelo início, PROT_j = 0, opera na sub-rotina ATRITIN. Sendo a protensão pelo fim, PROT_j = 1, opera na sub-rotina ATRITFIM. Se a protensão é pelos dois extremos, PROT_j = 2, realiza cálculos, inicialmente na sub-rotina ATRITIN e posteriormente na sub-rotina ATRITFIM.
- Cálculo para todo cabo, de uma única força de protensão em seções contíguas, efetuando a média aritmética entre a força anterior a um nó e a posterior a esse nó;
- Cálculo, em sub-rotinas, das perdas por encunhamento. Se a protensão é pelo início, opera na sub-rotina ESCORIN. Se a protensão é pelo fim opera na sub-rotina ESCORFIM. Se a protensão é pelos dois extremos, opera inicialmente na sub-rotina ESCORIN e posteriormente na sub-rotina ESCORFIM;
- Listagem em vídeo, ou impressora ou arquivo C:VERIS.RES, das forças de protensão ao longo de cada cabo;
- Montagem, para cada cabo j, da coluna j da matriz de ações nodais [F];

- Leitura, no arquivo C:LINPORT.DAT, da matriz [ANI] e cálculo dos esforços normais de protensão gerados por cabo j;
- Leitura, no arquivo C:LINPORT.DAT, da matriz [MI] e cálculo dos momentos fletores da protensão, gerados por cada cabo j;
- Leitura, no arquivo C:LINPORT.DAT, da matriz [VI] e cálculo dos esforços cortantes de protensão, gerados por cada cabo j;
- Leitura, no arquivo C:PROTENS.DAT, de dados relativos as seções: A_c , w_s , w_i , $N_{m\grave{a}x}$, $N_{m\grave{i}n}$, $M_{m\grave{a}x}$, $M_{m\grave{i}n}$, N_g , M_g ;
- Listagem em vídeo, ou impressora ou arquivo VERIS.RES, dos esforços solicitantes gerados por cada cabo;
- Cálculo, para cada cabo, das tensões nas bordas inferior e superior, considerando três situações de carregamento: protensão + carga permanente, protensão + envoltória de máximos e protensão + envoltória de mínimos;
- cálculo dos esforços de protensão acumulados {NPA}, {MPA} e {VPA}, através do somatório dos respectivos esforços gerados por cada cabo individual;
- Cálculo das tensões nas bordas superior e inferior usando os esforços de protensão acumulados superpostos com três casos: com a carga permanente; com a envoltória de máximos e com a envoltória de mínimos.

5.6.2 - Entrada de dados para o programa VERIS.FOR

Os dados necessários para a execução do programa são lidos dos seguintes arquivos:

- Arquivo não formatado c:PROTENS.DAT;
- Arquivo não formatado c:LINPORT.DAT;
- Arquivo formatado A:CABOS.DAT.

Do arquivo c:PROTENS.DAT são lidos: v_1 , v_2 , NB, NNOS, NAP, NBP, NS, NI, NF, SENAL, COSAL, LB, A_c , w_s , w_i , N_{\max} , N_{\min} , M_{\max} , M_{\min} , N_g , M_g .

Do arquivo c:LINPORT.DAT são lidas as matrizes [ANI], [MI] e [VI].

Do arquivo CABOS.DAT são lidos:

- O número de cabos:

```

, NCAB ,
.....
I5
    
```

- As propriedades de cada cabo j , variando j de 1 até NCAB:

```

, j BARIj BARFj PROTj PMj AP,j ,
.....j.....j.....j.....j.....P,j.....,
I5 I5 I5 I5 F10.3 F10.3
    
```

```

, EP,j DELTMAXj PMAXj CAj ,
.....P,j.....j.....j.....j.....,
F10.3 F10.3 F10.3 F10.3
    
```

- Para cada cabo j , as excentricidades nas seções iniciais das barras l , variando l desde $BARI_j$ até $BARF_j$ e sendo $AUX = 2.l$

```

, EXAUX-1 ,
.....,
F10.2
    
```

- Para cada cabo j , a excentricidade na seção final da barra $BARF_j$

```

, EXAUX ,
.....,
F10.2
    
```

- O número da barra NBPI onde ocorre, na sua seção final, a carga mínima no cabo, quando protendido pelas duas extremidades:

NBPI
'.....'
I5


```

C      *                               DADOS DE SAIDA                               *
C      * MP(S,J) =MOMENTO NA SECAO S DEVIDO A PROTENSAO NO CABO J                *
C      * NP(S,J) =NORMAL NA SECAO S DEVIDO A PROTENSAO NO CABO J                *
C      * VP(S,J) =CORTANTE NA SECAO S DEVIDO A PROTENSAO NO CABO J            +
C      * MPA(S)  =MOMENTO ACUMULADO NA SECAO S DEVIDO A PROTENSAO              *
C      * NPA(S)  =NORMAL ACUMULADO NA SECAO S DEVIDO A PROTENSAO              *
C      * VPA(S)  =CORTANTE ACUMULADO NA SECAO S DEVIDO A PROTENSAO            *
C      * TGBS(S) =TENSAO NA BORDA SUPERIOR DEVIDO A PROTENSAO + CARGA          *
C      *                               PERMANENTE                               *
C      * TMABS(S)=TENSAO NA BORBA SUPERIOR DEVIDA A COMBINACAO DA               *
C      *                               PROTENSAO COM OS ESFORCOS MAXIMOS          *
C      * TMIBS(S)=IDEM, COM ESFORCOS MINIMOS                                   *
C      * TGBI(S) =TENSAO NA BORDA INFERIOR DEVIDO A PROTENSAO + CARGA          *
C      *                               PERMANENTE                               *
C      * TMIBI(S)=TENSAO NA BORDA INFERIOR DEVIDA A COMBINACAO DA             *
C      *                               PROTENSAO COM OS ESFORCOS MINIMOS          *
C      * TMABI(S)=IDEM, COM ESFORCOS MAXIMOS                                   *
C      ******
C      DIMENSION ANI(68,105)
C      DIMENSION VI(68,105)
C      REAL MI(68,105)
C      DIMENSION VP(68,105),P(68),EX(68),PERDA(68),WS(68),WI(68),PM(20),
C      *AC(68),VPA(68),TGBI(68),TMABS(68),TMIBS(68),TMIBI(68),TMABI(68),
C      *TGBS(68),RAR(34),RAC(34),SENAL(34),COSAL(34),TET(34),DELTET(34)
C      DIMENSION F(105,20),AP(20),EP(20),DELTMAX(20),PMAX(20),SACUM(34),
C      *AREA(20),DELP(34),DELPX(68),CA(20),COSAC(34),SENAC(34)
C      REAL NP(68,20),MP(68,20),MMAX(68),MMIN(68),MG(68),NMAX(68),
C      *NMIN(68),NG(68),MPA(68),NPA(68),LB(34),LC(34),LCTOT(34)
C      INTEGER NI(34),NF(34),BARI(34),BARF(34),PROT(20),AUX,BARRAX,
C      *FINCAB,S,V1,V2
C      COMMON /A/ANI/B/VI/C/MI
C      OPEN(1,FILE='PRN')
C      OPEN(2,FILE='C:VERIS.RES',STATUS='NEW',FORM='FORMATTED')
C      OPEN(7,FILE='C:PROTENS.DAT',STATUS='OLD',FORM='UNFORMATTED')
C      OPEN(9,FILE='C:LINPORT.DAT',STATUS='OLD',FORM='UNFORMATTED')
C      OPEN(13,FILE='CABOS.DAT',FORM='FORMATTED')
C
C      Colocar o valor de v,z,w conforme se quer o dispositivo de saida
C      (v1=1 e v2=1 e' impressora , v1=1 e v2=1 e' arquivo)
C      READ(7)V1,V2,NB,NNOS,NAP,NBP,NS,NI,NF,SENAL,COSAL,LB
C      READ(13,10)NCAB
10  FORMAT(I5)
   WRITE(V2,20)
20  FORMAT(8X,'RESULTADOS DO PROGRAMA VERIS.FOR ',/)
   WRITE(V2,30)
30  FORMAT(5X,'NB      NNOS      NAP      NBP      NS      NCAB')
   WRITE(V2,40)NB,NNOS,NAP,NBP,NS,NCAB
40  FORMAT(I7,5I10)
   NCORD=3*NNOS
   DO 50 I=1,NCORD
   DO 50 J=1,NCAB
50  F(I,J)=0.

```

```

DO 60 J=1,NCAB
DO 60 L=1,NS
NP(L,J)=0.
VP(L,J)=0.
60 MP(L,J)=0.
c .....
c CALCULO DO EFEITO DE CADA GRUPO DE CABOS
DO 410 JJ=1,NCAB
READ(13,70)J,BARI(J),BARF(J),PROT(J),PM(J),AP(J),EP(J),DELTMAX(J),
*PMAX(J),CA(J)
70 FORMAT(4I5,6F10.3)
WRITE(V2,80)J
80 FORMAT(/,5X,'*****',/,5X,'* CABO',I3,'*',/,5X,'**
*****')
DO 90 I=1,NB
AUX=2*I
P(AUX-1)=0.
90 P(AUX)=0.
c Leitura das excentricidades dos cabos
DO 110 L=BARI(J),BARF(J)
AUX=2*L
READ(13,100)EX(AUX-1)
100 FORMAT(F10.2)
110 CONTINUE
READ(13,120)EX(AUX)
120 FORMAT(F10.2)
IF(BARI(J).EQ.BARF(J)) GO TO 140
DO 130 L=BARI(J),BARF(J)-1
AUX=2*L
EX(AUX)=EX(AUX+1)
130 CONTINUE
c
140 IF(DELTMAX(J).EQ.0.)GOTO 150
c Calculo do retorno do cabo por cravacao das cunhas
DELTA=DELTMAX(J)*PM(J)/PMAX(J)
AREA(J)=DELTA*AP(J)*EP(J)/2
c .....
150 WRITE(V2,160)
160 FORMAT(/,5X,'CABO BARRA INIC. BARRA FIN. PROT(J) PM CA')
WRITE(V2,170)J,BARI(J),BARF(J),PROT(J),PM(J),CA(J)
170 FORMAT(5X,I3,3I10,3X,F10.2,F7.2)
WRITE(V2,180)
180 FORMAT(/,5X,'CABO AREA CABO MOD.ELAST. ESCO.CUNHA PMAX')
WRITE(V2,190)J,AP(J),EP(J),DELTMAX(J),PMAX(J)
190 FORMAT(5X,I3,4F12.2)
c .....
c Calculo do comprimento do cabo em cada barra e respectivos senos e
c cossenos
DO 200 L=1,NB
LC(L)=0.
COSAC(L)=0.
200 SENAC(L)=0.

```

```

WRITE(V2,210)
210 FORMAT(/,5X,'BARRA  LB(I)      LC(I)  EX.INIC.  EX.FIN.')
```

DO 220 I=BARI(J),BARF(J)

```

AUX=2*I
LC(I)=SQRT(LB(I)**2+(EX(AUX)-EX(AUX-1))**2)
COSAC(I)=LB(I)/LC(I)
SENAC(I)=(EX(AUX)-EX(AUX-1))/LC(I)
220 WRITE(V2,230)I,LB(I),LC(I),EX(AUX-1),EX(AUX)
230 FORMAT(5X,I4,4(2X,F9.3))
```

C

```

IF(CA(J).EQ.0.) GOTO 290
DO 240 I=1,NB
RAR(I)=0.
RAC(I)=0.
PERDA(I)=0.
240 CONTINUE
IF(PROT(J)-1)250,260,270
```

C

```

.....
*****
C * PROTENSAO PELO INICIO DO CABO *
C *****
```

250 INICAB=BARI(J)

```

FINCAB=BARF(J)
CALL ATRITIN(V2,J,PM,INICAB,FINCAB,EX,LB,LC,CA,P)
CALL MEDIAP(V2,J,INICAB,FINCAB,P)
IF(DELTMAX(J).EQ.0.) GO TO 330
CALL ESCORIN(V2,J,INICAB,FINCAB,LC,AREA,P)
GOTO 330
```

C

```

.....
*****
C * PROTENSAO PELO FIM DO CABO: *
C *****
```

260 INICAB=BARI(J)

```

FINCAB=BARF(J)
CALL ATRITFIM(V2,J,PM,INICAB,FINCAB,EX,LB,LC,CA,P)
CALL MEDIAP(V2,J,INICAB,FINCAB,P)
IF(DELTMAX(J).EQ.0.) GO TO 330
CALL ESCORFIM(V2,J,INICAB,FINCAB,LC,AREA,P)
GOTO 330
```

C

```

.....
*****
C * PROTENSAO PELOS DOIS EXTREMOS DO CABO *
C *****
```

C Atrito no trecho inicial.....

```

270 READ(13,280)NBPI
280 FORMAT(I5)
INICAB=BARI(J)
FINCAB=NBPI
CALL ATRITIN(V2,J,PM,INICAB,FINCAB,EX,LB,LC,CA,P)
```

C Atrito no trecho final.....

```

INICAB=NBPI+1
FINCAB=BARF(J)
```

```

CALL ATRITFIM(V2,J,PM,INICAB,FINCAB,EX,LC,CA,P)
c Perdas por encunhamento.....
  INICAB=BARI(J)
  FINCAB=BARF(J)
  CALL MEDIAP(V2,J,INICAB,FINCAB,P)
  IF(DELTMAX(J).EQ.0.) GO TO 330
  INICAB=BARI(J)
  FINCAB=NBPI
  CALL ESCORIN(V2,J,INICAB,FINCAB,LC,AREA,P)
  INICAB=NBPI+1
  FINCAB=BARF(J)
  CALL ESCORFIM(V2,J,INICAB,FINCAB,LC,AREA,P)
  GO TO 330
290 WRITE(V2,300)
300 FORMAT(/,5X,'CABO TRECHO P.INICIAL P.FINAL')
  DO 320 K=BARI(J),BARF(J)
  AUX=2*K
  P(AUX-1)=PM(J)
  P(AUX)=PM(J)
  WRITE(V2,310)J,K,P(AUX-1),P(AUX)
310 FORMAT(2I8,4X,2F11.2)
320 CONTINUE
c .....
c MONTAGEM DA COLUNA J DA MATRIZ [F], ORIUNDA DE CADA CABO J
330 DO 400 I=BARI(J),BARF(J)
  AUX=2*I
  J1=3*NI(I)-2
  J2=J1+1
  J3=J1+2
  K1=3*NF(I)-2
  K2=K1+1
  K3=K1+2
  AUX1=COSAC(I)*COSAL(I)-SENAC(I)*SENAL(I)
  AUX2=COSAC(I)*SENAL(I)+SENAC(I)*COSAL(I)
  DELP(I)=P(AUX-1)-P(AUX)
  PB=P(AUX-1)-DELP(I)/2
  AUX3=COSAC(I)*PB
c
  IF(BARI(J).NE.BARF(J)) GO TO 340
  F(J1,J)=AUX1*PB
  F(J2,J)=AUX2*PB
  F(J3,J)=-AUX3*EX(AUX-1)
  F(K1,J)=-AUX1*PB
  F(K2,J)=-AUX2*PB
  F(K3,J)=AUX3*EX(AUX)
c WRITE(V2, )I
c FORMAT('PASSEI POR BARRA UNICA=',I3,/)
  GO TO 400
c
c 340 IF(COSAL(I).EQ.1.) GO TO 370
c .....
c BARRA VERTICAL

```

```

IF(I.EQ.BARI(J).OR.I.EQ.BARF(J)) GO TO 350
c Barras internas
F(J1,J)=F(J1,J)+AUX1*PB
F(J2,J)=F(J2,J)-AUX2*PB
F(J3,J)=0.
F(K1,J)=F(K1,J)-AUX1*PB
F(K2,J)=F(K2,J)-AUX2*PB
F(K3,J)=0.
c WRITE(V2, )I
c FORMAT('PASSEI POR BARRA VERTICAL INTERNA=',I3,/)
GO TO 400
c Barras do extremo do cabo J
350 IF(I.NE.BARI(J)) GO TO 360
c Barra inicial do cabo J
F(J1,J)=AUX1*PB
F(J2,J)=AUX2*PB
F(J3,J)=-AUX3*EX(AUX-1)
F(K1,J)=-AUX1*PB
F(K2,J)=-AUX2*PB
F(K3,J)=0.
c WRITE(V2, )I
c FORMAT('PASSEI POR BARRA VERTICAL INICIAL=',I3,/)
GO TO 400
c Barra final do cabo J
360 F(J1,J)=F(J1,J)+AUX1*PB
F(J2,J)=F(J2,J)+AUX2*PB
F(J3,J)=0.
F(K1,J)=-AUX1*PB
F(K2,J)=-AUX2*PB
F(K3,J)=AUX3*EX(AUX)
c WRITE(V2, )I
c FORMAT('PASSEI POR BARRA VERTICAL FINAL=',I3,/)
GO TO 400
c .....
c BARRA HORIZONTAL
370 IF(I.NE.BARI(J)) GO TO 380
c Barra inicial do cabo J
F(J1,J)=AUX1*PB
F(J2,J)=AUX2*PB
F(J3,J)=-AUX3*EX(AUX-1)-AUX4
F(K1,J)=-AUX1*PB
F(K2,J)=-AUX2*PB
F(K3,J)=0.
c WRITE(V2, )I
c FORMAT('PASSEI POR BARRA HORIZONTAL INICIAL=',I3,/)
GO TO 400
380 IF(I.EQ.BARF(J)) GO TO 390
c Barras internas
F(J1,J)=F(J1,J)+AUX1*PB
F(J2,J)=F(J2,J)+AUX2*PB
F(J3,J)=0.
F(K1,J)=F(K1,J)-AUX1*PB

```



```

F(K2,J)=F(K2,J)-AUX2*PB
F(K3,J)=0.
c WRITE(V2, I)
c FORMAT('PASSEI POR BARRA HORIZONTAL INTERNA=',I3,/)
GO TO 400
c Barra final do cabo j
390 F(J1,J)=F(J1,J)+AUX1*PB
F(J2,J)=F(J2,J)+AUX2*PB
F(J3,J)=0.
F(K1,J)=-AUX1*PB
F(K2,J)=-AUX2*PB
F(K3,J)=AUX3*EX(AUX)
c WRITE(V2, I)
c FORMAT('PASSEI POR BARRA HORIZONTAL FINAL=',I3,/)
400 CONTINUE
410 CONTINUE
c
WRITE(V2,420)
420 FORMAT(/,5X,'ACOES NODAIS APLICADAS PELO CABOS:',/)
DO 430 L=1,NCORD
430 WRITE(V2,440)(F(L,J),J=1,NCAB)
440 FORMAT(12F10.2)
c .....
c CALCULO DE MOMENTOS,NORMAIS E CORTANTES DE PROTENSAO USANDO
c AS ACOES APLICADAS PELO CONJUNTO DE CABOS
c
READ(9)ANI
DO 450 J=1,NCAB
DO 450 L=1,NS
DO 450 K=1,NCORD
450 NP(L,J)=NP(L,J)+ANI(L,K)*F(K,J)
c .....
READ(9)MI
DO 460 J=1,NCAB
DO 460 L=1,NS
DO 460 K=1,NCORD
460 MP(L,J)=MP(L,J)+MI(L,K)*F(K,J)
c .....
READ(9)VI
DO 470 J=1,NCAB
DO 470 L=1,NS
DO 470 K=1,NCORD
470 VP(L,J)=VP(L,J)+VI(L,K)*F(K,J)
c .....
c LEITURA DE DADOS DAS SECOES
READ(7)AC,WS,WI,NMAX,NMIN,MMAX,MMIN,NG,MG
c .....
c Impressao dos esforcos solicitantes gerados por cada cabo
DO 540 J=1,NCAB
WRITE(V2,480)J
480 FORMAT(/,5X,'ESFORCOS SECCIONAIS DA PROTENSAO NO CABO : ',I3,/,5X,'
*SECAO MOM.DE PROT. NOR. DE PROT. CORT.DE PROT.',/)

```

```

DO 490 S=1,NS
490 WRITE(V2,500)S,MP(S,J),NP(S,J),VP(S,J)
500 FORMAT(I9,3F18.1)
C .....
c CALCULO DA TENSOES PARA CADA CABO + ENVOLTORIAS
WRITE(V2,510)J
510 FORMAT(/,5X,'TENSOES NAS BORDAS SUPERIOR E INFERIOR - CABO:',I2,/,
*5X,'SECAO      TGBS      TGBI      TMABS      TMABI      TMI
*BS      TMIBI',/)
DO 520 S=1,NS
c Parametros auxiliares.....
COMPMA=(NMAX(S)+NP(S,J))/AC(S)
COMPMI=(NMIN(S)+NP(S,J))/AC(S)
COMPG=(NG(S)+NP(S,J))/AC(S)
FLEXMA=MMAX(S)+MP(S,J)
FLEXMI=MMIN(S)+MP(S,J)
FLEXG=MG(S)+MP(S,J)
c Tensoes.....
TGBS(S)=10*(COMPG-FLEXG/WS(S))
TMABS(S)=10*(COMPMA-FLEXMA/WS(S))
TMIBS(S)=10*(COMPMI-FLEXMI/WS(S))
TGBI(S)=10*(COMPG-FLEXG/WI(S))
TMABI(S)=10*(COMPMA-FLEXMA/WI(S))
TMIBI(S)=10*(COMPMI-FLEXMI/WI(S))
c Imprime tensoes.....
520 WRITE(V2,530)S,TGBS(S),TGBI(S),TMABS(S),TMABI(S),TMIBS(S),TMIBI(S)
530 FORMAT(5X,I4,6F12.2)
540 CONTINUE
IF(NCAB.EQ.1) GO TO 630
C .....
c Calculo dos esforcos acumulados
DO 550 L=1,NS
NPA(L)=0.
MPA(L)=0.
550 VPA(L)=0.
DO 560 L=1,NS
DO 560 J=1,NCAB
NPA(L)=NPA(L)+NP(L,J)
MPA(L)=MPA(L)+MP(L,J)
560 VPA(L)=VPA(L)+VP(L,J)
c Impressao dos esforcos acumulados
WRITE(V2,570)
570 FORMAT(/,5X,'ESFORCOS SECCIONAIS DA PROTENSAO ACUMULADA: ',/,5X,
*'SECAO      MOM.DE PROT.      NOR. DE PROT.      CORT.DE PROT.',/)
DO 580 S=1,NS
580 WRITE(V2,590)S,NPA(S),MPA(S),VPA(S)
590 FORMAT(I9,3F18.1)
C .....
c CALCULO DA TENSOES FINAIS
WRITE(V2,600)
600 FORMAT(/,5X,'TENSOES ACUMULADAS NAS BORDAS SUPERIOR E INFERIOR:',
*/,5X,'SECAO      TGBS      TGBI      TMABS      TMABI      T

```

```

*MIBS      TMIBI',/)
DO 610 S=1,NS
c  Parametros auxiliares.....
  COMPMA=(NMAX(S)+NPA(S))/AC(S)
  COMPMI=(NMIN(S)+NPA(S))/AC(S)
  COMPG=(NG(S)+NPA(S))/AC(S)
  FLEXMA=MMA(S)+MPA(S)
  FLEXMI=MMIN(S)+MPA(S)
  FLEXG=MG(S)+MPA(S)
c  Tensoes.....
  TG8S(S)=10*(COMPG-FLEXG/WS(S))
  TMABS(S)=10*(COMPMA-FLEXMA/WS(S))
  TMIBS(S)=10*(COMPMI-FLEXMI/WS(S))
  TGBI(S)=10*(COMPG-FLEXG/WI(S))
  TMABI(S)=10*(COMPMA-FLEXMA/WI(S))
  TMIBI(S)=10*(COMPMI-FLEXMI/WI(S))
c  Imprime tensoes.....
610 WRITE(V2,620)S,TG8S(S),TGBI(S),TMABS(S),TMABI(S),TMIBS(S),TMIBI(S)
620 FORMAT(5X,I4,6F12.2)
630 WRITE(V2,640)
640 FORMAT(/,5X,'FIM DO PROCESSAMENTO!')
  CLOSE(2)
  STOP
  END

c
c *****
c * SUB-ROTINAS PARA CALCULO DAS PERDAS E DA MEDIA DA FORCA P *
c *****
c
c .....
c . CONSIDERACAO DAS PERDAS POR ATRITO C/PROTENSÃO PELO INICIO .
c .....

SUBROUTINE ATRITIN(V2,J,PM,INICAB,FINCAB,EX,LC,CA,P)
INTEGER V2,FINCAB,AUX
REAL P(68),PM(20),LC(34),LB(34),EX(68),RAR(34),RAC(34),TET(34),
*DELTET(34),PERDA(68),CA(20)
c  Calculo do vetor dos coeficientes das perdas em reta
  P(2*INICAB-1)=PM(J)
  WRITE(V2,10)
10 FORMAT(/,5X,'ATRITO RETO:',/,5X,'BARRA      RAR(L)')
  DO 30 L=INICAB,FINCAB
    AUX=2*L
c  LC(L)=SQRT(LB(L)**2+(EX(AUX-1)-EX(AUX))**2)
    VALOR=-CA(J)*LC(L)/10000
    RAR(L)=EXP(VALOR)
    WRITE(V2,20)L,RAR(L)
20 FORMAT(5X,I4,3X,F10.6)
30 CONTINUE

c
c .....
c  Calculo do vetor dos coeficientes das perdas em curva
  IF((INICAB-FINCAB).EQ.0) GOTO 70

```

```

WRITE(V2,40)
40 FORMAT(/,5X,'ATRITO CURVO:',/,5X,'DEFLEX   TET(K)   TET(K-1)
* DELTET(K)   RAC(K)')
DO 60 K=INICAB+1,FINCAB
AUX=2*K
TET(K)=ATAN((EX(AUX)-EX(AUX-1))/LB(K))
TET(K-1)=ATAN((EX(AUX-2)-EX(AUX-3))/LB(K-1))
DELTET(K)=TET(K)-TET(K-1)
VALOR=-CA(J)*ABS(DELTET(K))
RAC(K)=EXP(VALOR)
WRITE(V2,50)K,TET(K),TET(K-1),DELTET(K),RAC(K)
50 FORMAT(5X,I4,4(2X,F10.5))
60 CONTINUE
70 PERDI=1.
RAC(INICAB)=1.
C
C .....
C Calculo do vetor das forcas ja considerando as perdas reta e curva
WRITE(V2,80)
80 FORMAT(/,5X,'CABO   TRECHO   P.INICIAL   P.FINAL')
DO 100 K=INICAB,FINCAB
AUX=2*K
PERDA(AUX-1)=PERDI*RAC(K)
P(AUX-1)=PM(J)*PERDA(AUX-1)
PERDA(AUX)=PERDA(AUX-1)*RAR(K)
P(AUX)=PM(J)*PERDA(AUX)
PERDI=PERDA(AUX)
WRITE(V2,90)J,K,P(AUX-1),P(AUX)
90 FORMAT(2I8,4X,2F11.2)
100 CONTINUE
RETURN
END
C
C .....
C . CONSIDERACAO DAS PERDAS POR ATRITO C/PROTENSÃO PELO FINAL .
C .....

SUBROUTINE ATRITFIM(V2,J,PM,INICAB,FINCAB,EX,LC,CA,P)
INTEGER V2,FINCAB,AUX
REAL P(68),PM(20),LC(34),LB(34),EX(68),RAR(34),RAC(34),TET(34),
*DELTET(34),PERDA(68),CA(20)
C Calculo do vetor dos coeficientes das perdas em reta
P(2*FINCAB)=PM(J)
WRITE(V2,10)
10 FORMAT(/,5X,'ATRITO RETO:',/,5X,'BARRA   RAR(L)')
DO 30 L=INICAB,FINCAB
AUX=2*L
C LC(L)=SQRT(LB(L)**2+(EX(AUX-1)-EX(AUX))**2)
VALOR=-CA(J)*LC(L)/10000
RAR(L)=1/EXP(VALOR)
WRITE(V2,20)L,RAR(L)
20 FORMAT(5X,I4,3X,F10.6)
30 CONTINUE

```

```

C .....
C   Calculo do vetor dos coeficientes das perdas em curva
IF((INICAB-FINCAB).EQ.0) GOTO 70
WRITE(V2,40)
40 FORMAT(/,5X,'ATRITO CURVO:',/,5X,'DEFLEX   TET(K)   TET(K-1)
* DELTET(K)   RAC(K)')
DO 60 K=INICAB+1,FINCAB
AUX=2*K
TET(K)=ATAN((EX(AUX)-EX(AUX-1))/LB(K))
TET(K-1)=ATAN((EX(AUX-2)-EX(AUX-3))/LB(K-1))
DELTET(K)=TET(K)-TET(K-1)
VALOR=-CA(J)*ABS(DELTET(K))
RAC(K)=1/EXP(VALOR)
WRITE(V2,50)K,TET(K),TET(K-1),DELTET(K),RAC(K)
50 FORMAT(5X,I4,4(2X,F10.5))
60 CONTINUE
70 PERDI=1.
RAC(FINCAB+1)=1.
C .....
C   Calculo do vetor das forcas ja considerando as perdas reta e curva
WRITE(V2,80)
80 FORMAT(/,5X,'CABO TRECHO   P.INICIAL   P.FINAL')
DO 90 K=FINCAB,INICAB,-1
AUX=2*K
PERDA(AUX)=PERDI*RAC(K+1)
P(AUX)=PM(J)/PERDA(AUX)
PERDA(AUX-1)=PERDA(AUX)*RAR(K)
P(AUX-1)=PM(J)/PERDA(AUX-1)
PERDI=PERDA(AUX-1)
90 CONTINUE
C
DO 110 K=INICAB,FINCAB
AUX=2*K
WRITE(V2,100)J,K,P(AUX-1),P(AUX)
100 FORMAT(2I8,4X,2F11.2)
110 CONTINUE
RETURN
END
C
C .....
C   . CALCULO DA MEDIA ARITMETICA DA FORCA DO CABO CONTINUO .
C .....

SUBROUTINE MEDIAP(V2,J,INICAB,FINCAB,P)
INTEGER V2,FINCAB,AUX
REAL P(68)
IF(INICAB.EQ.FINCAB) GOTO 20
DO 10 K=INICAB+1,FINCAB
AUX=2*K
PMED=(P(AUX-2)+P(AUX-1))/2
P(AUX-2)=PMED
P(AUX-1)=PMED

```

```

10 CONTINUE
20 WRITE(V2,30)
30 FORMAT(/,5X,'VALORES DE P APOS MEDIA ARITMETICA NO SALTO:',/,
  *5X,'CABO TRECHO P.INICIAL P.FINAL')
  DO 50 K=INICAB,FINCAB
    AUX=2*K
    WRITE(V2,40)J,K,P(AUX-1),P(AUX)
40 FORMAT(2I8,4X,2F11.2)
50 CONTINUE
  RETURN
  END

```

```

C
C .....
C . CONSIDERACAO DAS PERDAS POR ENCUNHAMENTO NO INICIO .
C .....

```

```

SUBROUTINE ESCORIN(V2,J,INICAB,FINCAB,LC,AREA,P)
DIMENSION AREA(20),P(68),SACUM(34),DELP(34),DELPX(68)
REAL LC(34),LCTOT(34)
INTEGER V2,FINCAB,AUX,BARRAX
SOMA=0.
AREAG=0.
BARRAX=0
DO 10 L=INICAB,FINCAB
  LCTOT(L)=0.
  DELP(L)=0.
  SACUM(L)=0.

```

```
10 CONTINUE
```

```

C
  WRITE(V2,20)
20 FORMAT(/,5X,'VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO INICIO:')

```

```

C
  DO 30 L=INICAB,FINCAB
    AUX=2*L
    DELPX(AUX-1)=0.
    DELPX(AUX)=0.
    SOMA=SOMA+LC(L)
    LCTOT(L)=SOMA
    DELP(L)=ABS(P(AUX-1)-P(AUX))
    AREAG=AREAG+(LCTOT(L)-.5*LC(L))*DELP(L)
    SACUM(L)=AREAG
    BARRAX=L
    IF(SACUM(L).GT.AREA(J)) GOTO 50
30 CONTINUE
  DELS=AREA(J)-SACUM(BARRAX)
  PX=P(2*BARRAX)-DELS/LCTOT(BARRAX)
  DO 40 L=INICAB,FINCAB
    AUX=2*L
    DELPX(AUX-1)=P(AUX-1)-PX
    DELPX(AUX)=P(AUX)-PX
    P(AUX-1)=P(AUX-1)-2*DELPX(AUX-1)
    P(AUX)=P(AUX)-2*DELPX(AUX)

```

```

40 CONTINUE
   GO TO 100
50 IF(BARRAX.NE.INICAB) GOTO 60
   DELS=AREA(J)
   AUX2=0.
   GO TO 70
60 DELS=AREA(J)-SACUM(BARRAX-1)
   AUX2=LCTOT(BARRAX-1)
70 AUX1=LC(BARRAX)/(2*DELP(BARRAX))
   AUX3=DELS
   DELTRI=(-AUX2+SQRT(AUX2**2+4*AUX1*AUX3))/(2*AUX1)
   PX=P(AUX-1)-DELTRI
   DO 80 L=INICAB,BARRAX
   AUX=2*L
   IF(L.EQ.BARRAX) GOTO 90
   DELPX(AUX-1)=P(AUX-1)-PX
   DELPX(AUX)=P(AUX)-PX
   P(AUX-1)=P(AUX-1)-2*DELPX(AUX-1)
   P(AUX)=P(AUX)-2*DELPX(AUX)
80 CONTINUE
   GO TO 100
90 P(AUX-1)=P(AUX-1)-2*DELTRI
100 WRITE(V2,110)
110 FORMAT(5X,'CABO   TRECHO   P.INICIAL   P.FINAL')
   DO 130 K=INICAB,FINCAB
   AUX=2*K
   WRITE(V2,120)J,K,P(AUX-1),P(AUX)
120 FORMAT(2I8,4X,2F11.2)
130 CONTINUE
   RETURN
   END
C
C .....
C . CONSIDERACAO DAS PERDAS POR ENCUNHAMENTO NO FINAL .
C .....
C
SUBROUTINE ESCORFIM(V2,J,INICAB,FINCAB,LC,AREA,P)
DIMENSION AREA(20),P(68),SACUM(34),DELP(34),DELPX(68)
REAL LC(34),LCTOT(34)
INTEGER V2,FINCAB,BARRAX,AUX
SOMA=0.
AREAG=0.
BARRAX=0
C
WRITE(V2,10)
10 FORMAT(/,5X,'VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO FIM:')
C
DO 20 L=FINCAB,INICAB,-1
LCTOT(L)=0.
DELP(L)=0.
SACUM(L)=0.
20 CONTINUE

```

```

DO 30 L=FINCAB,INICAB,-1
AUX=2*L
DELPX(AUX-1)=0.
DELPX(AUX)=0.
SOMA=SOMA+LC(L)
LCTOT(L)=SOMA
DELP(L)=ABS(P(AUX-1)-P(AUX))
AREAG=AREAG+(LCTOT(L)-.5*LC(L))*DELP(L)
SACUM(L)=AREAG
BARRAX=L
IF(SACUM(L).GT.AREA(J)) GOTO 50
30 CONTINUE
DELS=AREA(J)-SACUM(BARRAX)
PX=P(2*BARRAX-1)-DELS/LCTOT(BARRAX)
DO 40 L=INICAB,FINCAB
AUX=2*L
DELPX(AUX-1)=P(AUX-1)-PX
DELPX(AUX)=P(AUX)-PX
P(AUX-1)=P(AUX-1)-2*DELPX(AUX-1)
P(AUX)=P(AUX)-2*DELPX(AUX)
40 CONTINUE
GO TO 100
50 IF(BARRAX.NE.FINCAB) GOTO 60
DELS=AREA(J)
AUX2=0.
GO TO 70
60 DELS=AREA(J)-SACUM(BARRAX+1)
AUX2=LCTOT(BARRAX+1)
70 AUX1=LC(BARRAX)/(2*DELP(BARRAX))
AUX3=DELS
DELTRI=(-AUX2+SQRT(AUX2**2+4*AUX1*AUX3))/(2*AUX1)
PX=P(AUX)-DELTRI
DO 80 L=FINCAB,BARRAX,-1
AUX=2*L
IF(L.EQ.BARRAX) GOTO 90
DELPX(AUX-1)=P(AUX-1)-PX
DELPX(AUX)=P(AUX)-PX
P(AUX-1)=P(AUX-1)-2*DELPX(AUX-1)
P(AUX)=P(AUX)-2*DELPX(AUX)
80 CONTINUE
GO TO 100
90 P(AUX)=P(AUX)-2*DELTRI
100 WRITE(V2,110)
110 FORMAT(5X,'CABO TRECHO P.INICIAL P.FINAL')
DO 130 K=INICAB,FINCAB
AUX=2*K
WRITE(V2,120)J,K,P(AUX-1),P(AUX)
120 FORMAT(2I8,4X,2F11.2)
130 CONTINUE
RETURN
END

```


PARTE VI

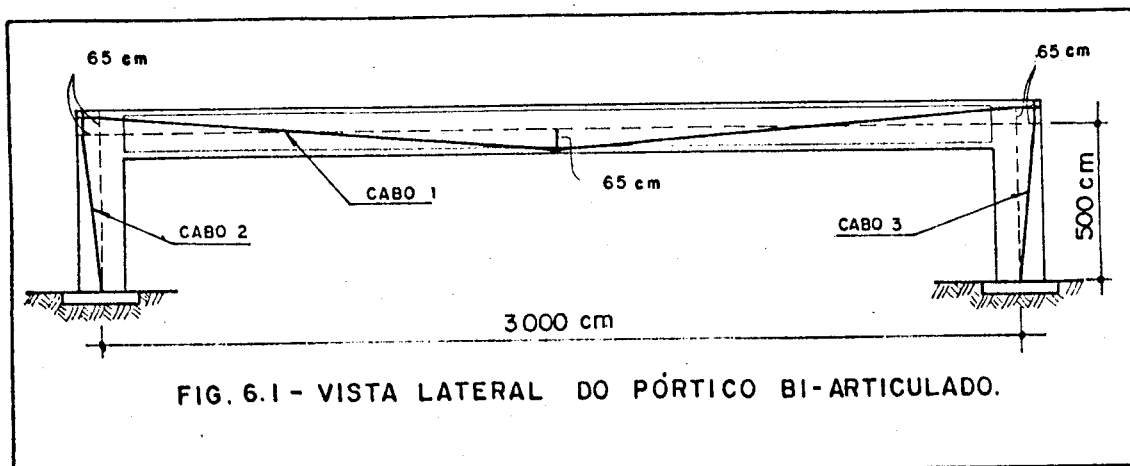
EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO DOS PROGRAMAS

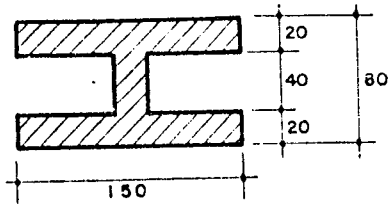
6.1 - EXEMPLO 1 - PÓRTICO BI-ARTICULADO

6.1.1 - Enunciado

Para o pórtico bi-articulado da figura 6.1, com 3 grupos de cabos de protensão, efetuar a análise de esforços e tensões oriundos da protensão. O cabo 1 localiza-se na trave e é protendido pelas duas extremidades ($PROT_1=2$); o cabo 2, no pilar esquerdo, possui apenas uma ancoragem ativa situada no topo ($PROT_2=1$); o cabo 3, no pilar direito, possui também apenas uma ancoragem ativa no topo. Dados:

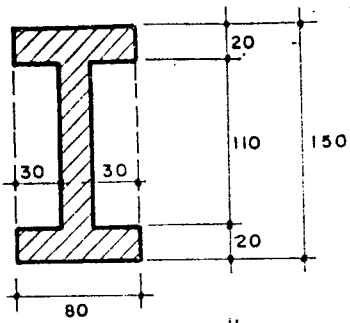
$A_p = 22,30\text{cm}^2$, $E_p = 20000\text{kN/cm}^2$, $PM = 5000\text{kN}$, $PM_{\text{MÁX}} = 6200\text{kN}$
 $\delta_{\text{máx}} = 1,2\text{cm}$, CA (coeficiente de atrito) = 0,30, $N_{\text{CAB}} = 3$





$A_x = 6\,800\text{ cm}^2$
 $I_z = 11\,276\,667\text{ cm}^4$
 $f_{ck} = 20\text{ MPa}$

FIG. 6.2 - SEÇÃO TRANSVERSAL E PARÂMETROS DE CADA PILAR.
DIMENSÕES EM cm.



$A_x = 5\,400\text{ cm}^2$
 $I_z = 15\,845\,000\text{ cm}^4$
 $f_{ck} = 30\text{ MPa}$

FIG. 6.3 - SEÇÃO TRANSVERSAL E PARÂMETROS DA TRAVE.
DIMENSÕES EM cm.

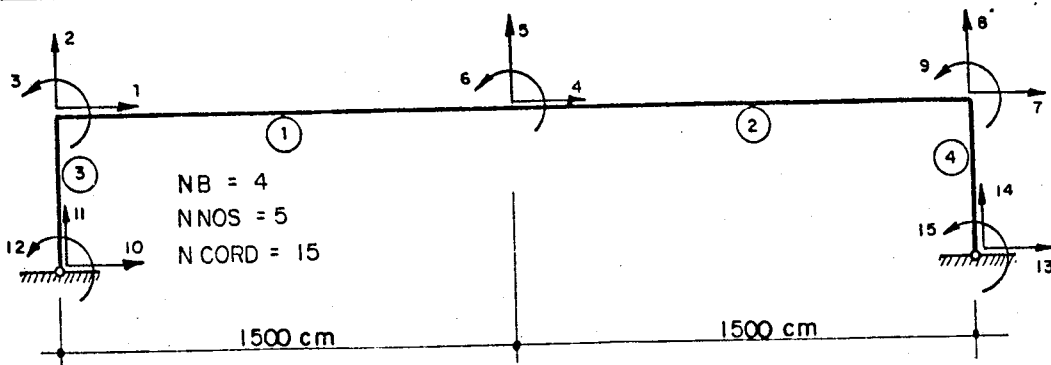


FIG. 6.4 - DISCRETIZAÇÃO DO PÓRTICO.

Envoltória de Esforços Solicitantes

SEÇÃO	MOMENTOS FLETORES (kN.cm)			FORÇAS NORMAIS (kN)		
	M_g	$M_{m\acute{a}x}$	$M_{m\acute{i}n}$	N_g	$N_{m\acute{a}x}$	$N_{m\acute{i}n}$
1	-327520	-327520	-520180	-660	- 660	-1050
2	246230	391060	246230	-660	-1050	- 660
3	246230	391060	246230	-660	-1050	- 660
4	-327520	327520	-520180	-660	- 660	-1050
5	0	0	0	-820	- 820	-1270
6	-327520	-327520	-520180	-760	- 760	-1220
7	-327520	-327520	-520180	-760	- 760	-1220
8	0	0	0	-820	- 820	-1270

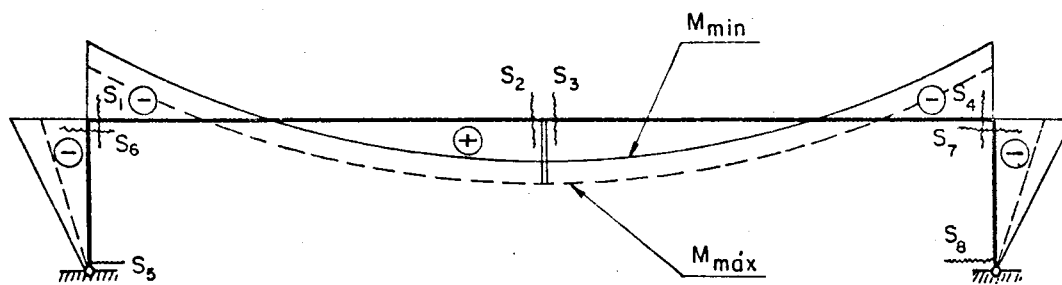


FIG. 6.5 - ENVOLTÓRIAS DOS MOMENTOS FLETORES.

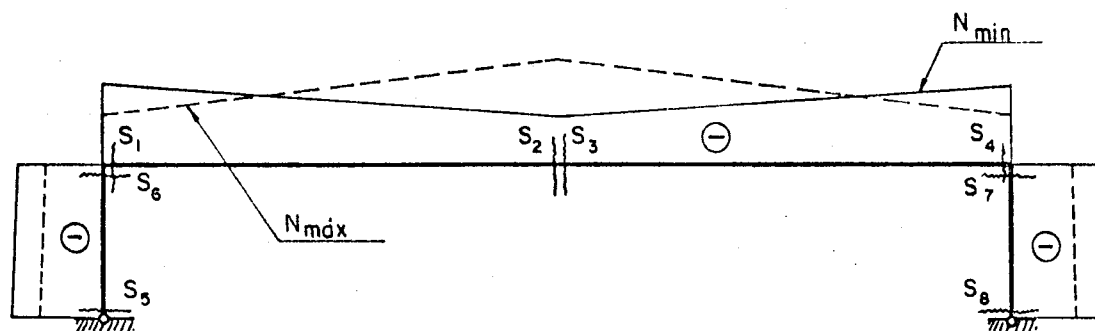


FIG. 6.6- ENVOLTÓRIAS DAS RESPECTIVAS FORÇAS NORMAIS

6.1.2 - Archivos de entrada de datos

a) PROENV.DAT

EXEMPLO 1 - PORTICO BI-ARTICULADO

c	NB	NNOS	NAP	NBP	CC	CT
	4	5	2	4	.7	1.2

c	NO	X	Y
	1	0.	0.
	2	1500.	0.
	3	3000.	0.
	4	0.	-500.
	5	3000.	-500.

c	BARRA	NI	NF
	1	1	2
	2	2	3
	3	4	1
	4	3	5

c	BARRA	Ac	Iz	fck
	1	5400.	15845000.	30.
	2	5400.	15845000.	30.
	3	6800.	11276667.	20.
	4	6800.	11276667.	20.

c	APOIO	RDx	RDy	RDz
	4	1	1	0
	5	1	1	0

c	SECAD	Hs	Hi	Ac	Iz
	1	75.00	75.00	5400.00	15845000.00
	2	75.00	75.00	5400.00	15845000.00
	3	75.00	75.00	5400.00	15845000.00
	4	75.00	75.00	5400.00	15845000.00
	5	75.00	75.00	6800.00	11276667.00
	6	75.00	75.00	6800.00	11276667.00
	7	75.00	75.00	6800.00	11276667.00
	8	75.00	75.00	6800.00	11276667.00

c	SECAD	MMAX	MMIN	MG	NMAX	NMIN	NG
	1	-327520.	-520180.	-327520.	-660.	-1050.	-660.
	2	391060.	246230.	246230.	-1050.	-660.	-660.
	3	391060.	246230.	246230.	-1050.	-660.	-660.
	4	-327520.	-520180.	-327520.	-660.	-1050.	-660.
	5	0.	0.	0.	-820.	-1270.	-820.
	6	-327520.	-520180.	-327520.	-760.	-1220.	-760.
	7	-327520.	-520180.	-327520.	-760.	-1220.	-760.
	8	0.	0.	0.	-820.	-1270.	-820.

b) CABOS.DAT

```

NCAB
  3
c CABO BARI BARF PROT   PM      Ap      Ep      DELTA  PMAX  CA
  1   1   2   2 5000.000  22.30  20000.  1.2 6200.000 .30
c   EX(1)
   65.
c   EX(2)
  -65.
c   EX(4)
   65.
c NBPI
  1
c CABO BARI BARF PROT   PM      Ap      Ep      DELTA  PMAX  CA
  2   3   3   1 5000.000  22.30  20000.  1.2 6200.000 .30
c   EX(5)
   0.
c   EX(6)
   65.
c CABO BARI BARF PROT   PM      Ap      Ep      DELTA  PMAX  CA
  3   4   4   0 5000.000  22.30  20000.  1.2 6200.000 .30
c   EX(7)
   65.
c   EX(8)
   0.

```

6.1.3 - Listagem dos resultados

a) RESULTADOS DO PROGRAMA FUSO.FOR

EXEMPLO 1 - PORTICO BI-ARTICULADO

DADOS DA ESTRUTURA

NO. DE BARRAS= 4
 NO. DE NOS= 5
 NO. DE APOIOS= 2
 NO. DE BARRAS PROTENDIDAS= 4
 NO. DE SECOES ANALISADAS= 8

COORDENADAS DOS NOS:

NO	X	Y
1	.00	.00
2	1500.00	.00
3	3000.00	.00
4	.00	-500.00
5	3000.00	-500.00

INCIDENCIA DAS BARRAS:

BARRA	NO INICIAL	NO FINAL
1	1	2
2	2	3
3	4	1
4	3	5

PROPRIEDADES DAS BARRAS:

BARRA	COMPRIMENTO	AREA	MOM. INERCIA	COS. ALFA	SEN. ALFA	FCK	FTK	EC
1	1500.00	5400.00	15845000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
2	1500.00	5400.00	15845000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
3	500.00	6800.00	11276670.0000	.000000	1.000000	20.00	1.90	31994.69
4	500.00	6800.00	11276670.0000	.000000	-1.000000	20.00	1.90	31994.69

VINCULOS NODAIS:

NO	VINCULO X	VINCULO Y	VINCULO Z
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	1	1	0
5	1	1	0

CARACTERISTICAS DAS SECOES ANALISADAS:

SECAO	HS(S)	HI(S)	AC(S)	IC(S)
1	75.00	75.00	5400.00	15845000.00

2	75.00	75.00	5400.00	15845000.00
3	75.00	75.00	5400.00	15845000.00
4	75.00	75.00	5400.00	15845000.00
5	75.00	75.00	6800.00	11276670.00
6	75.00	75.00	6800.00	11276670.00
7	75.00	75.00	6800.00	11276670.00
8	75.00	75.00	6800.00	11276670.00

ENVOLTORIA DOS ESFORÇOS SOLICITANTES:

SECAO	M MAX(S)	M MIN(S)	M G(S)	N MAX(S)	N MIN(S)	N G(S)
1	-327520.	-520180.	-327520.	-660.	-1050.	-660.
2	391060.	246230.	246230.	-1050.	-660.	-660.
3	391060.	246230.	246230.	-1050.	-660.	-660.
4	-327520.	-520180.	-327520.	-660.	-1050.	-660.
5	0.	0.	0.	-820.	-1270.	-820.
6	-327520.	-520180.	-327520.	-760.	-1220.	-760.
7	-327520.	-520180.	-327520.	-760.	-1220.	-760.
8	0.	0.	0.	-820.	-1270.	-820.

SECAO	TC(S)	TT(S)	WI(S)	WS(S)
1	-21.00	3.00	-211266.70	211266.70
2	-21.00	3.00	-211266.70	211266.70
3	-21.00	3.00	-211266.70	211266.70
4	-21.00	3.00	-211266.70	211266.70
5	-14.00	2.28	-150355.60	150355.60
6	-14.00	2.28	-150355.60	150355.60
7	-14.00	2.28	-150355.60	150355.60
8	-14.00	2.28	-150355.60	150355.60

A ANALISE CONTINUA - SECOES SUFICIENTES!

VERTICES DO FUSO LIMITE:

SECAO	MP13	NP13	MP14	NP14	MP23	NP23	MP24	NP24
1	431479.1	-8022.8	581040.0	-4200.0	266660.0	-3810.0	416220.9	12.8
2	-326274.1	-8634.1	-137540.0	-3810.0	-499750.0	-4200.0	-311015.9	624.1
3	-326274.1	-8634.1	-137540.0	-3810.0	-499750.0	-4200.0	-311015.9	624.1
4	431479.1	-8022.8	581040.0	-4200.0	266660.0	-3810.0	416220.9	12.8
5	4975.0	-8475.0	122389.4	-3164.8	-122389.4	-2714.8	-4975.0	2595.4
6	428935.6	-4173.4	449909.4	-3224.8	397790.6	-2764.8	418764.4	-1816.2
7	428935.6	-4173.4	449909.4	-3224.8	397790.6	-2764.8	418764.4	-1816.2
8	4975.0	-8475.0	122389.4	-3164.8	-122389.4	-2714.8	-4975.0	2595.4

INTERVALO DE VARIACAO DE NP:

NP13MAX	NP24MIN	DELTNP
-4173.367	-1816.233	2357.134

b) RESULTADOS DO PROGRAMA LINPORT.FOR

MATRIZ DE INFLUENCIA [ANI]:

-.4951E+00	-.4788E-08	.8346E-03	.5000E+00	.6260E+00	-.7525E-09
-.4951E+00	-.4788E-08	.8346E-03	.5000E+00	.6260E+00	-.7525E-09
-.4951E+00	-.1063E-08	.8346E-03	-.5000E+00	.6260E+00	.1788E-09
-.4951E+00	-.1063E-08	.8346E-03	-.5000E+00	.6260E+00	.1788E-09
.1667E+00	.1000E+01	-.3333E-03	.1667E+00	.5000E+00	-.3333E-03
.1667E+00	.1000E+01	-.3333E-03	.1667E+00	.5000E+00	-.3333E-03
-.1667E+00	.8659E-09	.3333E-03	-.1667E+00	.5000E+00	.3333E-03
-.1667E+00	.8659E-09	.3333E-03	-.1667E+00	.5000E+00	.3333E-03

CONTINUACAO DE [ANI]:

.4951E+00	.5155E-08	-.8346E-03	.0000E+00	.0000E+00	.1068E-02
.4951E+00	.5155E-08	-.8346E-03	.0000E+00	.0000E+00	.1068E-02
.4951E+00	.1429E-08	-.8346E-03	.0000E+00	.0000E+00	.1068E-02
.4951E+00	.1429E-08	-.8346E-03	.0000E+00	.0000E+00	.1068E-02
.1667E+00	.8718E-09	-.3333E-03	.0000E+00	.0000E+00	-.3333E-03
.1667E+00	.8718E-09	-.3333E-03	.0000E+00	.0000E+00	-.3333E-03
-.1667E+00	.1000E+01	.3333E-03	.0000E+00	.0000E+00	.3333E-03
-.1667E+00	.1000E+01	.3333E-03	.0000E+00	.0000E+00	.3333E-03

CONTINUACAO DE [ANI]:

.0000E+00	.0000E+00	-.1068E-02
.0000E+00	.0000E+00	-.1068E-02
.0000E+00	.0000E+00	-.1068E-02
.0000E+00	.0000E+00	-.1068E-02
.0000E+00	.0000E+00	-.3333E-03
.0000E+00	.0000E+00	-.3333E-03
.0000E+00	.0000E+00	.3333E-03
.0000E+00	.0000E+00	.3333E-03

MATRIZ DE INFLUENCIA [MI]:

.2524E+03	-.5952E-06	-.5827E+00	.2500E+03	.3130E+03	-.2291E-06
.2449E+01	-.4788E-06	-.8269E-01	-.4366E-05	-.4370E+03	.5000E+00
.2449E+01	.1026E-06	-.8269E-01	.2229E-04	-.4370E+03	-.5000E+00
-.2476E+03	.1106E-05	.4173E+00	-.2500E+03	.3130E+03	.2735E-06
-.1852E-03	-.4851E-06	.3827E-06	-.1328E-03	-.3281E-05	-.1411E-06
.2524E+03	-.6988E-06	.4173E+00	.2500E+03	.3130E+03	-.2542E-06
-.2476E+03	.1174E-05	.4173E+00	-.2500E+03	.3130E+03	.2337E-06
-.9816E-04	.3567E-07	.1347E-06	-.1254E-03	.8791E-05	.9495E-08

CONTINUACAO DE [MI]:

.2476E+03	.1072E-05	-.4173E+00	.0000E+00	.0000E+00	-.4660E+00
-.2449E+01	.9656E-09	.8269E-01	.0000E+00	.0000E+00	.3400E-01
-.2449E+01	.1510E-06	.8269E-01	.0000E+00	.0000E+00	.3400E-01
-.2524E+03	-.1375E-05	.5827E+00	.0000E+00	.0000E+00	.5340E+00

-.1926E-03	.4851E-06	.3739E-06	.0000E+00	.0000E+00	-.1000E+01
.2476E+03	.9372E-06	-.4173E+00	.0000E+00	.0000E+00	-.4660E+00
-.2524E+03	-.1094E-05	-.4173E+00	.0000E+00	.0000E+00	.5340E+00
-.1526E-03	.4253E-07	-.5973E-07	.0000E+00	.0000E+00	-.6499E-07

CONTINUACAO DE [MI]:

.0000E+00	.0000E+00	-.5340E+00
.0000E+00	.0000E+00	-.3400E-01
.0000E+00	.0000E+00	-.3400E-01
.0000E+00	.0000E+00	.4660E+00
.0000E+00	.0000E+00	.6274E-06
.0000E+00	.0000E+00	-.5340E+00
.0000E+00	.0000E+00	.4660E+00
.0000E+00	.0000E+00	.1000E+01

MATRIZ DE INFLUENCIA [VI]:

-.1667E+00	.6661E-09	.3333E-03	-.1667E+00	-.5000E+00	.3333E-03
-.1667E+00	.6661E-09	.3333E-03	-.1667E+00	-.5000E+00	.3333E-03
-.1667E+00	.9898E-09	.3333E-03	-.1667E+00	.5000E+00	.3333E-03
-.1667E+00	.9898E-09	.3333E-03	-.1667E+00	.5000E+00	.3333E-03
.5049E+00	-.2730E-09	.8346E-03	.5000E+00	.6260E+00	-.1410E-09
.5049E+00	-.2730E-09	.8346E-03	.5000E+00	.6260E+00	-.1410E-09
.4951E+00	-.1910E-08	-.8346E-03	.5000E+00	-.6260E+00	-.4264E-09
.4951E+00	-.1910E-08	-.8346E-03	.5000E+00	-.6260E+00	-.4264E-09

CONTINUACAO DE [VI]:

-.1667E+00	-.9080E-09	.3333E-03	.0000E+00	.0000E+00	.3333E-03
-.1667E+00	-.9080E-09	.3333E-03	.0000E+00	.0000E+00	.3333E-03
-.1667E+00	-.1142E-08	.3333E-03	.0000E+00	.0000E+00	.3333E-03
-.1667E+00	-.1142E-08	.3333E-03	.0000E+00	.0000E+00	.3333E-03
.4951E+00	.7386E-09	-.8346E-03	.0000E+00	.0000E+00	.1068E-02
.4951E+00	.7386E-09	-.8346E-03	.0000E+00	.0000E+00	.1068E-02
.5049E+00	.1430E-08	.8346E-03	.0000E+00	.0000E+00	-.1068E-02
.5049E+00	.1430E-08	.8346E-03	.0000E+00	.0000E+00	-.1068E-02

CONTINUACAO DE [VI]:

.0000E+00	.0000E+00	.3333E-03
.0000E+00	.0000E+00	.3333E-03
.0000E+00	.0000E+00	.3333E-03
.0000E+00	.0000E+00	.3333E-03
.0000E+00	.0000E+00	-.1068E-02
.0000E+00	.0000E+00	-.1068E-02
.0000E+00	.0000E+00	.1068E-02
.0000E+00	.0000E+00	.1068E-02

c) RESULTADOS DO PROGRAMA VERIS.FOR

NB	NNOS	NAP	NBP	NS	NCAB
4	5	2	4	8	3

 * CABO 1 *

CABO	BARRA INIC.	BARRA FIN.	PROT(J)	PM	CA
1	1	2	2	5000.00	.30

CABO	AREA CABO	MOD.ELAST.	ESCO.CUNHA	PMAX
1	22.30	20000.00	1.20	6200.00

BARRA	LB(I)	LC(I)	EX.INIC.	EX.FIN.
1	1500.000	1505.623	65.000	-65.000
2	1500.000	1505.623	-65.000	65.000

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
1	.955836

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
1	1	5000.00	4779.18

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
2	1.046204

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
1	2	4779.18	5000.00

VALORES DE P APOS MEDIA ARITMETICA NO SALTO:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
1	1	5000.00	4779.18
1	2	4779.18	5000.00

VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO INICIO:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
1	1	4492.51	4713.33

VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO FIM:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
1	2	4713.33	4492.51

VI.11

 * CABO 2 *

CABO	BARRA INIC.	BARRA FIN.	PROT(J)	PM	CA
2	3	3	1	5000.00	.30

CABO	AREA CABO	MOD.ELAST.	ESCO.CUNHA	PMAX
2	22.30	20000.00	1.20	6200.00

BARRA	LB(I)	LC(I)	EX.INIC.	EX.FIN.
3	500.000	504.207	.000	65.000

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
3	1.015241

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
2	3	4924.94	5000.00

VALORES DE P APOS MEDIA ARITMETICA NO SALTO:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
2	3	4924.94	5000.00

VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO FIM:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
2	3	4143.98	4068.92

 * CABO 3 *

CABO	BARRA INIC.	BARRA FIN.	PROT(J)	PM	CA
3	4	4	0	5000.00	.30

CABO	AREA CABO	MOD.ELAST.	ESCO.CUNHA	PMAX
3	22.30	20000.00	1.20	6200.00

BARRA	LB(I)	LC(I)	EX.INIC.	EX.FIN.
4	500.000	504.207	65.000	.000

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
4	.984988

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
3	4	5000.00	4924.94

VALORES DE P APOS MEDIA ARITMETICA NO SALTO:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
3	4	5000.00	4924.94

VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO INICIO:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
3	4	4068.92	4143.98

ACOES NODAIS APLICADAS PELO CABOS:

4585.73	529.38	.00
-397.43	-4072.18	.00
-298072.60	264691.80	.00
.00	.00	.00
794.86	.00	.00
.00	.00	.00
-4585.73	.00	-529.38
-397.43	.00	-4072.18
298072.60	.00	-264691.70
.00	-529.38	.00
.00	4072.18	.00
.00	.00	.00
.00	.00	529.38
.00	.00	4072.18
.00	.00	.00

ESFORÇOS SECCIONAIS DA PROTENSÃO NO CABO : 1

SECAO	MOM.DE PROT.	NDR. DE PROT.	CORT.DE PROT.
1	320533.50	-4540.81	-397.43
2	-275611.70	-4540.81	-397.43
3	-275611.80	-4540.81	397.43
4	320533.70	-4540.81	397.43
5	.03	.00	44.92
6	22461.29	.00	44.92
7	22461.32	.00	-44.92
8	.20	.00	-44.92

TENSOES NAS BORDAS SUPERIOR E INFERIOR - CABO: 1

SECAO	TGBS	TGBI	TMABS	TMABI	TMIBS	TMIBI
1	-9.30	-9.96	-9.30	-9.96	-.90	-19.80
2	-8.24	-11.02	-15.82	-4.89	-8.24	-11.02
3	-8.24	-11.02	-15.82	-4.89	-8.24	-11.02
4	-9.30	-9.96	-9.30	-9.96	-.90	-19.80
5	-1.21	-1.21	-1.21	-1.21	-1.87	-1.87
6	19.17	-21.41	19.17	-21.41	31.31	-34.90

7	19.17	-21.41	19.17	-21.41	31.31	-34.90
8	-1.21	-1.21	-1.21	-1.21	-1.87	-1.87

ESFORÇOS SECCIONAIS DA PROTENSÃO NO CABO : 2

SECCAO	MOM.DE PROT.	NOR. DE PROT.	CORT.DE PROT.
1	-20590.23	-41.18	.00
2	-20590.15	-41.18	.00
3	-20590.13	-41.18	.00
4	-20590.09	-41.18	.00
5	.01	-4072.18	488.20
6	244101.50	-4072.18	488.20
7	-20590.07	.00	41.18
8	-.02	.00	41.18

TENSÕES NAS BORDAS SUPERIOR E INFERIOR - CABO: 2

SECCAO	TGBS	TGBI	TMABS	TMABI	TMIBS	TMIBI
1	15.18	-17.78	15.18	-17.78	23.58	-27.62
2	-11.98	9.38	-19.56	15.51	-11.98	9.38
3	-11.98	9.38	-19.56	15.51	-11.98	9.38
4	15.18	-17.78	15.18	-17.78	23.58	-27.62
5	-7.19	-7.19	-7.19	-7.19	-7.86	-7.86
6	-1.56	-12.65	-1.56	-12.65	10.58	-26.14
7	22.03	-24.27	22.03	-24.27	34.17	-37.76
8	-1.21	-1.21	-1.21	-1.21	-1.87	-1.87

ESFORÇOS SECCIONAIS DA PROTENSÃO NO CABO : 3

SECCAO	MOM.DE PROT.	NOR. DE PROT.	CORT.DE PROT.
1	-20590.11	-41.18	.00
2	-20590.14	-41.18	.00
3	-20590.16	-41.18	.00
4	-20590.19	-41.18	.00
5	.00	.00	-41.18
6	-20590.06	.00	-41.18
7	244101.40	-4072.18	-488.20
8	.10	-4072.18	-488.20

TENSÕES NAS BORDAS SUPERIOR E INFERIOR - CABO: 3

SECCAO	TGBS	TGBI	TMABS	TMABI	TMIBS	TMIBI
1	15.18	-17.78	15.18	-17.78	23.58	-27.62
2	-11.98	9.38	-19.56	15.51	-11.98	9.38
3	-11.98	9.38	-19.56	15.51	-11.98	9.38
4	15.18	-17.78	15.18	-17.78	23.58	-27.62
5	-1.21	-1.21	-1.21	-1.21	-1.87	-1.87
6	22.03	-24.27	22.03	-24.27	34.17	-37.76

7	-1.56	-12.65	-1.56	-12.65	10.58	-26.14
8	-7.19	-7.19	-7.19	-7.19	-7.86	-7.86

ESFORÇOS SECCIONAIS DA PROTENSÃO ACUMULADA:

SECAO MOM.DE PROT. NOR. DE PROT. CORT.DE PROT.

1	279353.20	-4623.17	-397.43
2	-316792.00	-4623.17	-397.43
3	-316792.00	-4623.17	397.43
4	279353.40	-4623.17	397.43
5	.04	-4072.18	491.95
6	245972.70	-4072.18	491.95
7	245972.70	-4072.18	-491.95
8	.28	-4072.18	-491.95

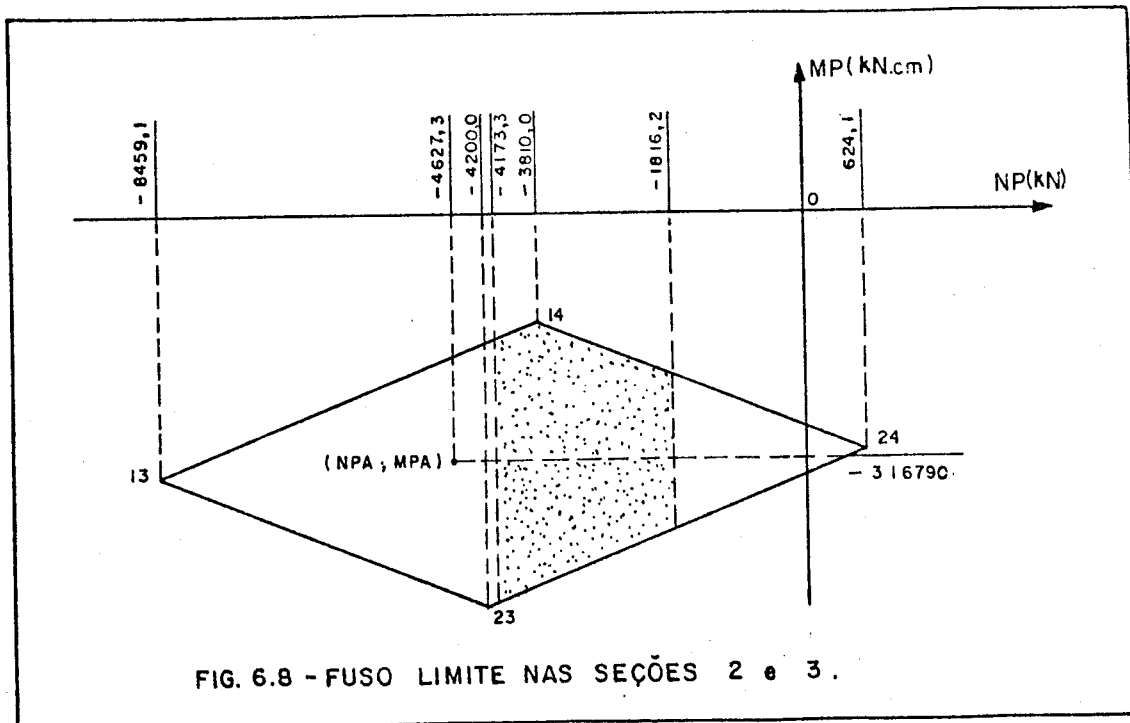
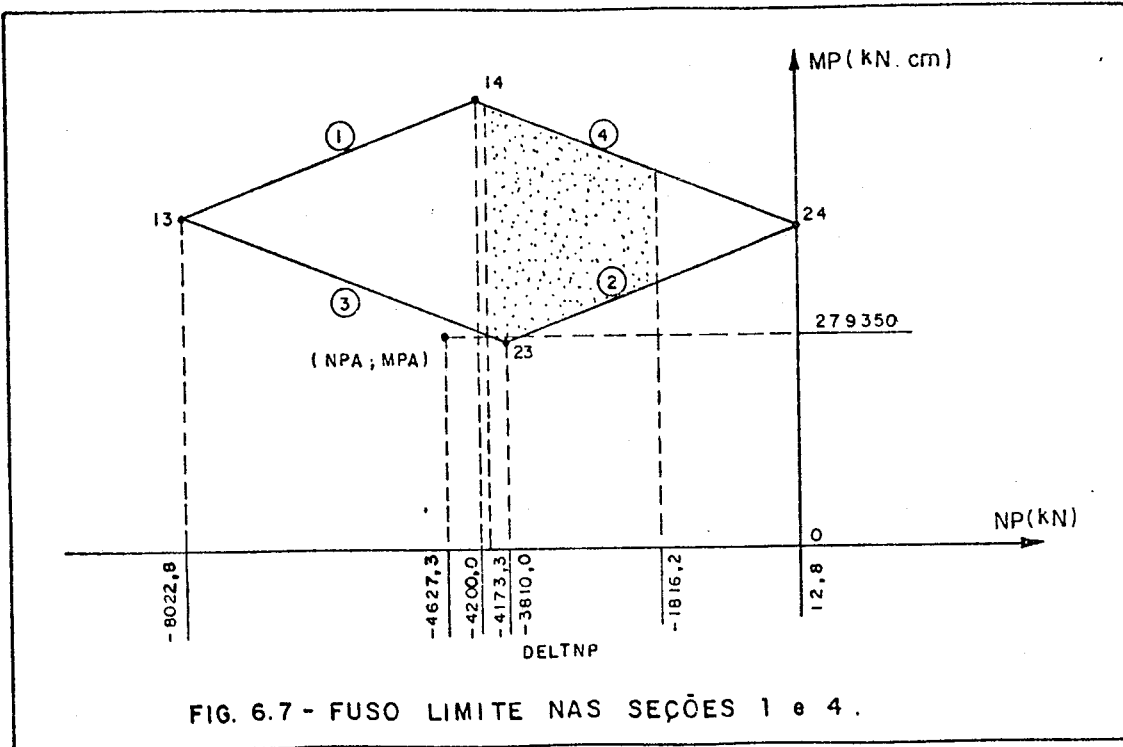
TENSOES ACUMULADAS NAS BORDAS SUPERIOR E INFERIOR:

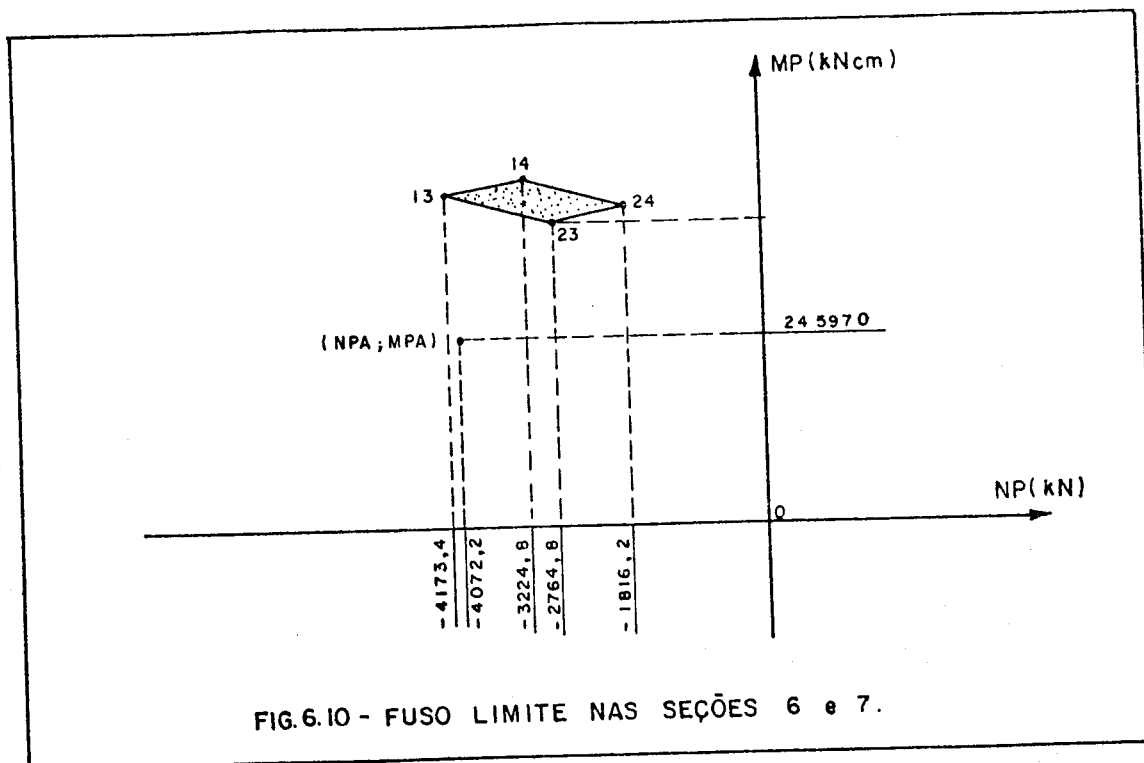
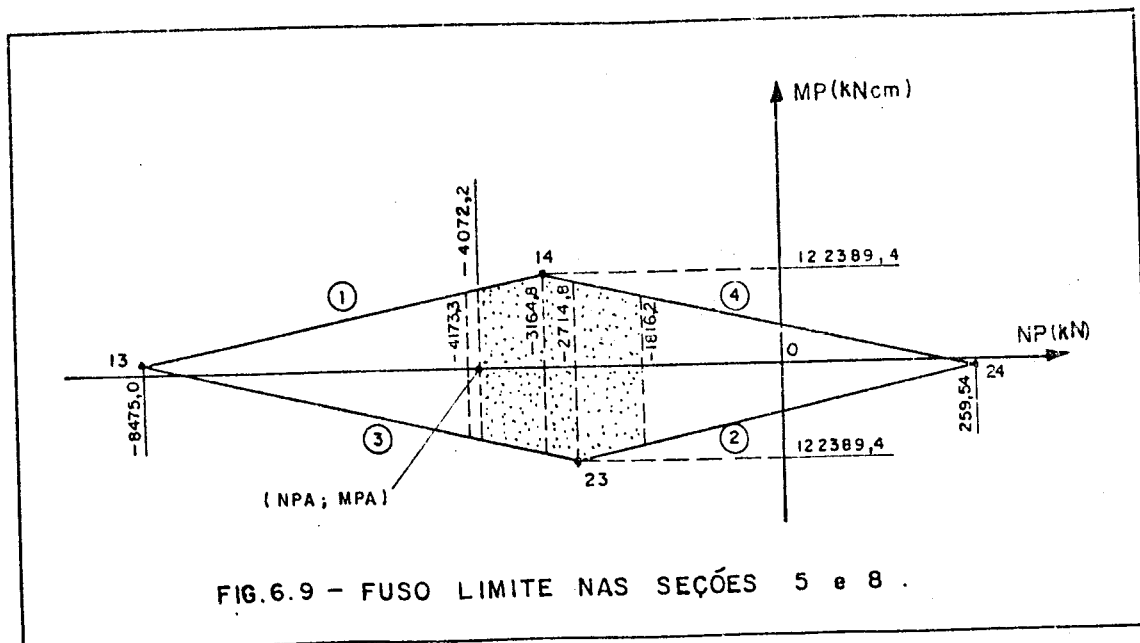
SECAO	TGBS	TGBI	TMABS	TMABI	TMIBS	TMIBI
1	-7.50	-12.06	-7.50	-12.06	.89	-21.91
2	-6.44	-13.12	-14.02	-6.99	-6.44	-13.12
3	-6.44	-13.12	-14.02	-6.99	-6.44	-13.12
4	-7.50	-12.06	-7.50	-12.06	.89	-21.91
5	-7.19	-7.19	-7.19	-7.19	-7.86	-7.86
6	-1.68	-12.53	-1.68	-12.53	10.45	-26.02
7	-1.68	-12.53	-1.68	-12.53	10.45	-26.02
8	-7.19	-7.19	-7.19	-7.19	-7.86	-7.86

FIM DO PROCESSAMENTO!

6.1.4 - Análise dos resultados

a) Gráficos do fuso limite em cada seção





b) Diagrama dos esforços de protensão gerados pelos cabos:
 - Pelo cabo 1.

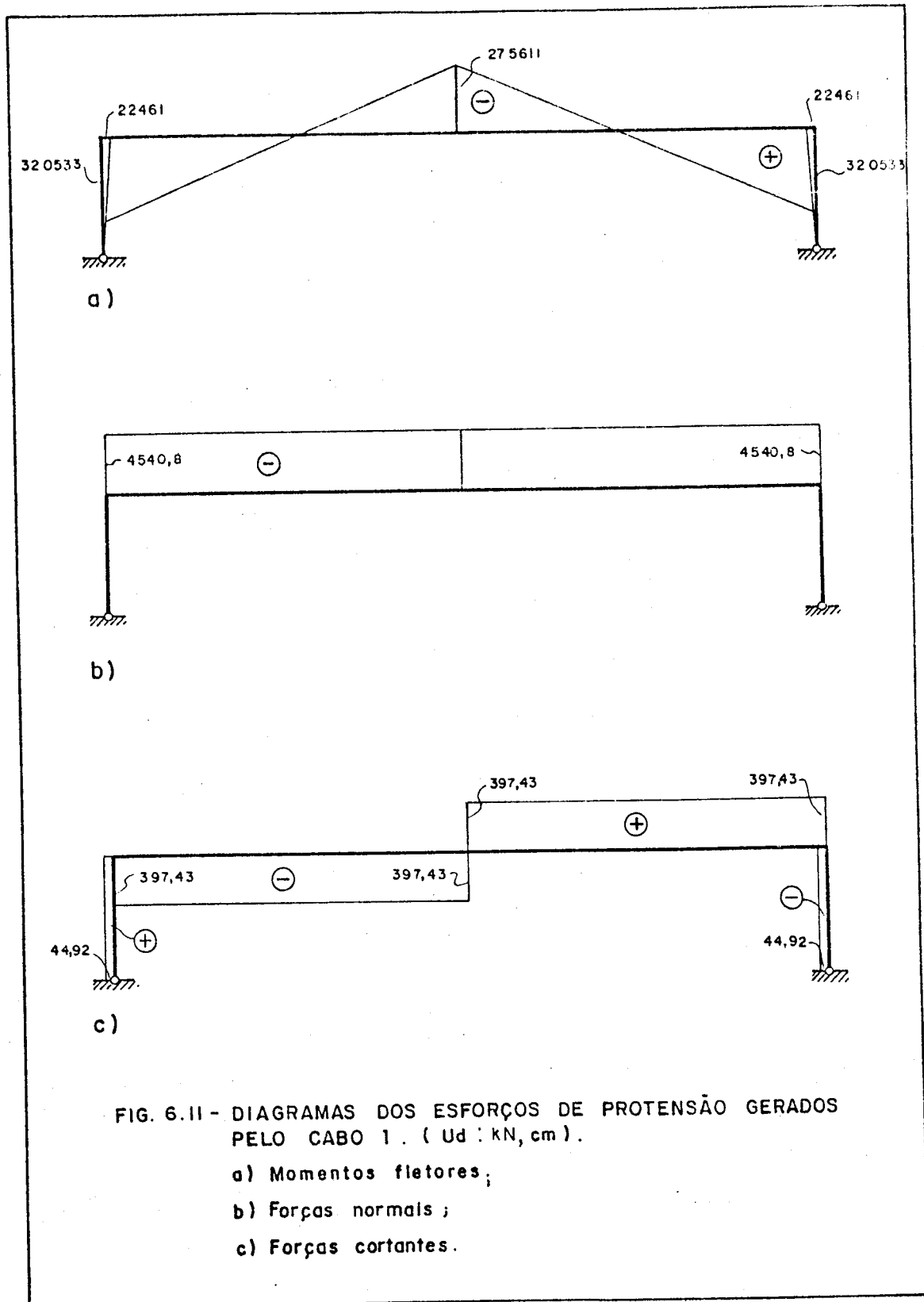


FIG. 6.11 - DIAGRAMAS DOS ESFORÇOS DE PROTENSÃO GERADOS PELO CABO 1. (U_d : KN, cm).

- a) Momentos fletores ;
 b) Forças normais ;
 c) Forças cortantes .

- Pelo cabo 2 (no pilar esquerdo)

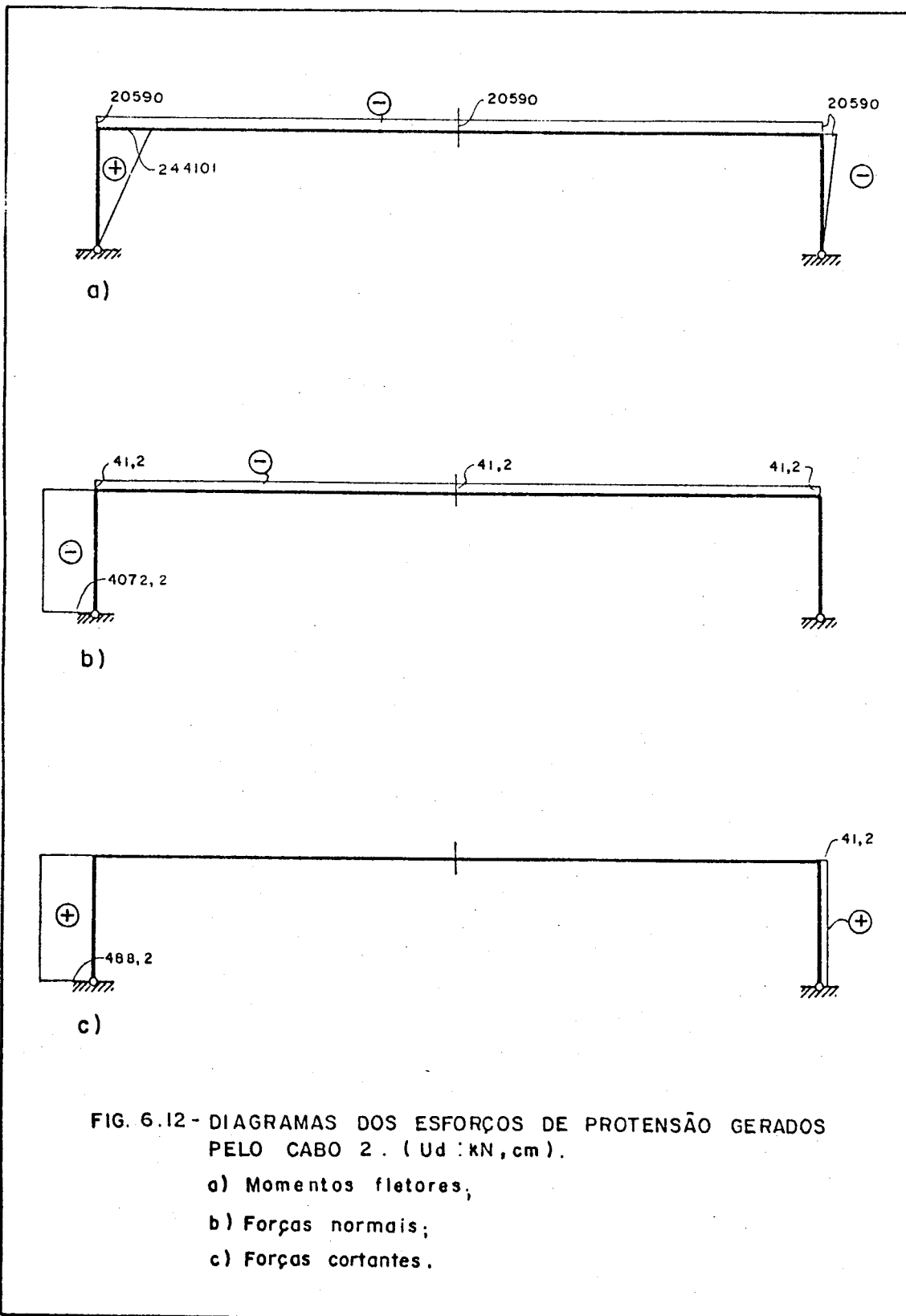
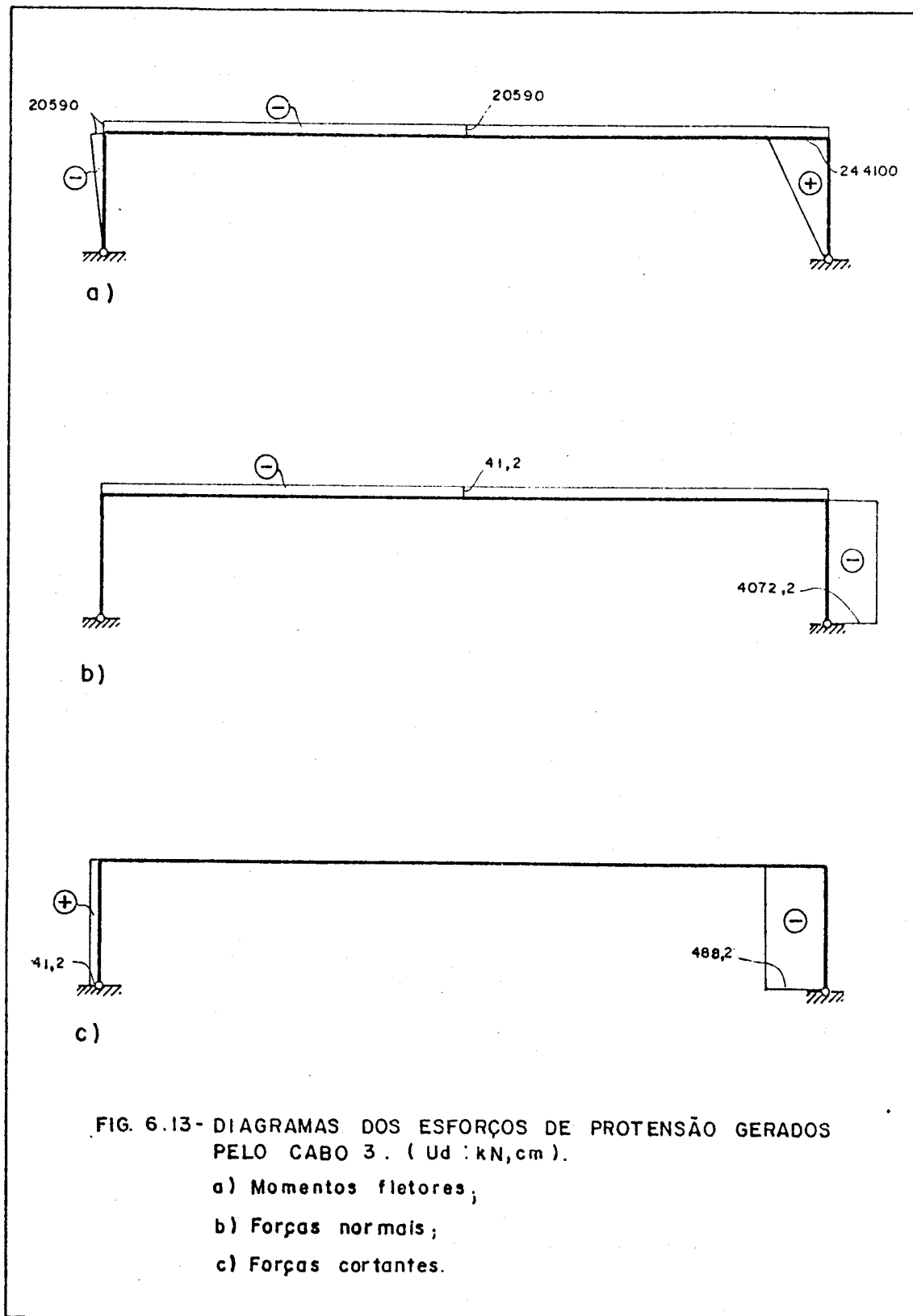


FIG. 6.12 - DIAGRAMAS DOS ESFORÇOS DE PROTENSÃO GERADOS PELO CABO 2. (U_d : kN, cm).

- a) Momentos fletores;
- b) Forças normais;
- c) Forças cortantes.

- Pelo cabo 3 (no pilar direito)



- Pelos cabos 1+2+3 (acumulados)

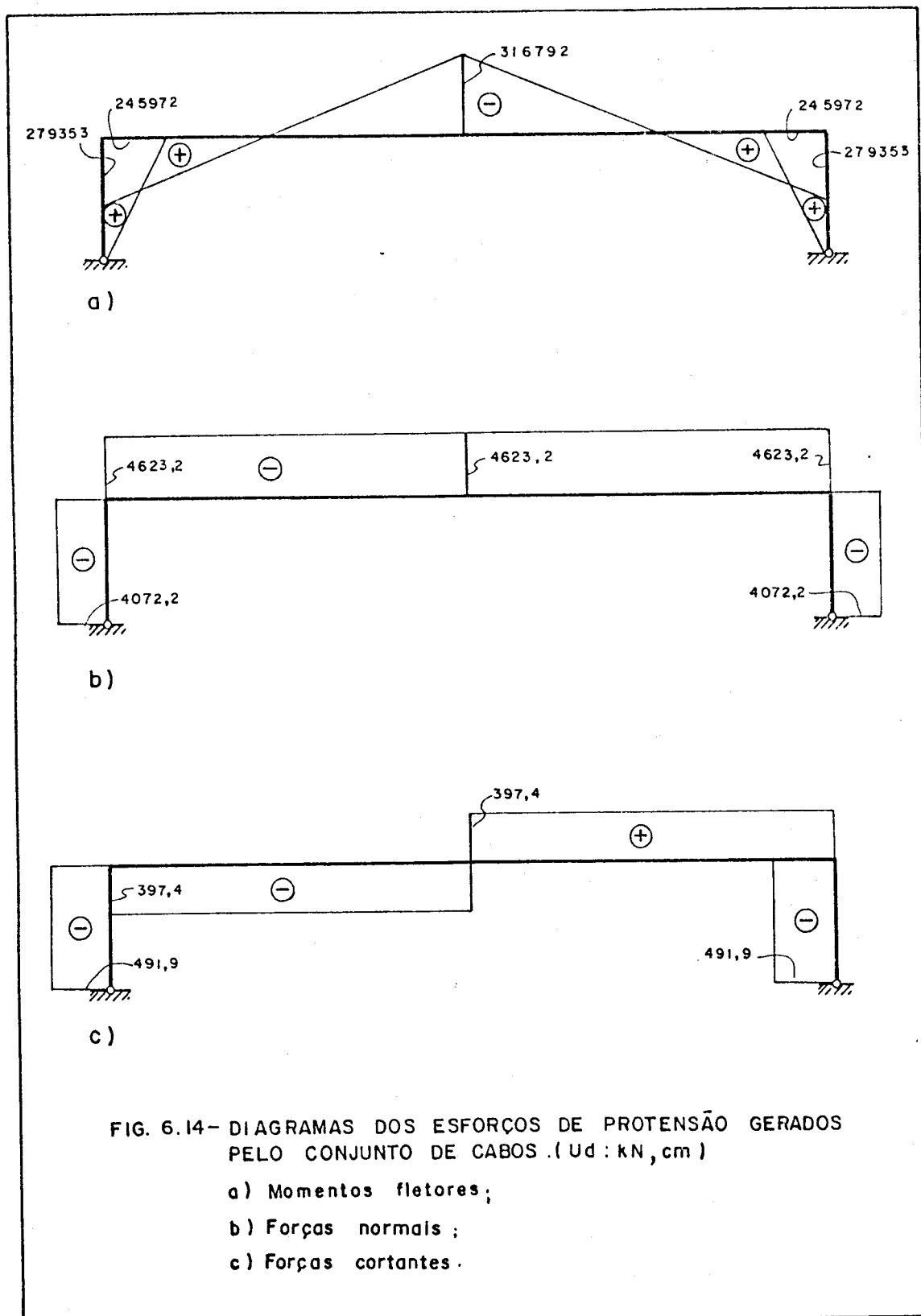


FIG. 6.14 - DIAGRAMAS DOS ESFORÇOS DE PROTENSÃO GERADOS PELO CONJUNTO DE CABOS. (U_d : kN, cm)

- a) Momentos fletores;
- b) Forças normais;
- c) Forças cortantes.

c) Comentários

Este exemplo foi utilizado para acompanhar o desenvolvimento dos programas FUSO.FOR, LINPORT.FOR e VERIS.FOR. Trata-se de um pórtico bi-articulado e simétrico, o que facilitou sobremaneira a aferição dos resultados obtidos via programação, como por exemplo as matrizes de influência [ANI], [MI] e [VI]. O pórtico foi discretizado, (vide figura 6.4), com apenas quatro barras, sendo duas na trave e uma em cada pilar, já que na trave o cabo 1 é formado por dois trechos retilíneos, conforme figura 6.1.

A envoltória dos esforços solicitantes foi obtida através da utilização de um programa para obtenção de esforços em pórticos planos e processado no mesmo micro-computador. Para ir ao encontro de fatos reais e testar parte do programa FUSO.FOR, utilizaram-se concretos com $f_{ck} = 20\text{MPa}$ nos pilares e com $f_{ck} = 30\text{MPa}$ na trave. Daí, conforme resultados do programa FUSO.FOR, as tensões máximas de compressão e de tração para a trave, serem respectivamente $TC_{\text{TRAVE}} = -21\text{MPa}$ e $TT_{\text{TRAVE}} = 3\text{MPa}$. E, para os pilares $TC_{\text{PILARES}} = -14\text{MPa}$ e $TT_{\text{PILARES}} = 2,28\text{MPa}$.

Foram representadas graficamente as seções do "fuso limite", para todas as seções do pórtico, a partir dos vértices do fuso limite. Ao comparar-se as figuras 6.9, 6.10, 6.11 e 6.12, o fuso limite nas seções 6 e 7 é mais fechado em relação às demais seções. Isso mostra, que as seções 6 e 7 (topo dos pilares) estão com suas propriedades geométrica (seção) e física (f_{ck}), economicamente melhor pré-dimensionadas. Porém, restringe muito o par de esforços de protensão (MP; NP), o qual deverá estar dentro do paralelogramo da figura 6.10. Pode ocorrer que a cablagem propicie pares de esforços que atendam o fuso limite no ato da protensão, mas, quando forem consideradas as perdas de protensão ao longo do tempo, a mesma cablagem fornecerá outros valores de MP e NP situados fora do paralelogramo (seção do fuso limite).

Quanto aos esforços de protensão gerados pelos cabos conforme figuras 6.11, 6.12, 6.13 e 6.14, observa-se a coerência de resultados conforme segue:

Cabo 1 : Protensão na trave, cabo simétrico.

Os diagramas de momentos fletores e forças normais possuem simetria. O diagrama de forças cortantes é anti-simétrico.

Cabos 2 e 3 : Protensão nos pilares.

Os resultados obtidos pela protensão no cabo 2 foram os mesmos obtidos nas peças simétricas, quando da protensão no cabo 3.

Cabos 1+2+3 : Protensão aplicada pelo conjunto.

Deram origem a um diagrama de momentos fletores simétrico, a um diagrama de forças normais simétrico e a um diagrama de forças cortantes anti-simétrico como era de se esperar.

Quanto às tensões nas bordas superior e inferior, houve casos em que as tensões máximas foram ultrapassadas:

- Nas seções 1 e 4, a tensão de compressão na borda inferior, TMIBI, quando se superpõe os esforços "mínimos" com os esforços de protensão, ultrapassa a tensão máxima de compressão TC, ou seja $TMIBI = -21,91MPa$ e $TC = -21MPa$. Isso é traduzido pela localização do par de esforços (NPA; MPA) que está fora do fuso limite conforme a figura 6.7.
- Nas seções 6 e 7 (topo dos pilares) a tensão na borda inferior (interna), $TMIBI = -26,02MPa$ também ultrapassa $TC = -21MPa$. Na borda superior (externa), a tensão de tração $TMIBS = 10,45MPa$, ultrapassa a tensão máxima de tração $TT = 2,28MPa$. Isso fica evidente como mostra a figura 6.10, onde o par de esforços (NPA; MPA) está fora do fuso limite.

Através desta análise, conclui-se que os cabos devem ser alterados, principalmente nos valores das excentricidades e PM_j .

6.2 - EXEMPLO 2 - VIGA BI-APOIADA

6.2.1 - Enunciado

Para a viga bi-apoiada com 29,97m de vão, conforme figura 6.15, integrante do grupo de cinco vigas principais, protendidas, de uma ponte sobre o Rio Mogi-Mirim (Araquara-Ribeirão Preto), efetuar a análise de esforços e tensões oriundos da protensão. A viga possui 12 cabos de protensão, sendo cada um com $12 \phi 7\text{mm}$, CP-150RN, Processo Freyssinet. A protensão é efetuada pelas duas extremidades (PROT_j = 2). Dados:

$$f_{ck} = 24 \text{ MPa} ; \quad A_c = 10050 \text{ cm}^2 ; \quad I_z = 42757000 \text{ cm}^4 ; \quad h = 185 \text{ cm} ;$$

$$w_i = 335400 \text{ cm}^3 ; \quad w_s = 743600 \text{ cm}^3 ; \quad h_i = 127,50 \text{ cm} ;$$

$$h_s = 57,50 \text{ cm} ; \quad A_p = 4,62 \text{ cm}^2 ; \quad PM_j = 400 \text{ kN} ; \quad P_{MAX} = 520 \text{ kN} ;$$

$$E_p = 20000 \text{ kN/cm}^2 ; \quad CA = 0,20 ; \quad \delta_{\text{máx}} = 0,7 \text{ cm}$$

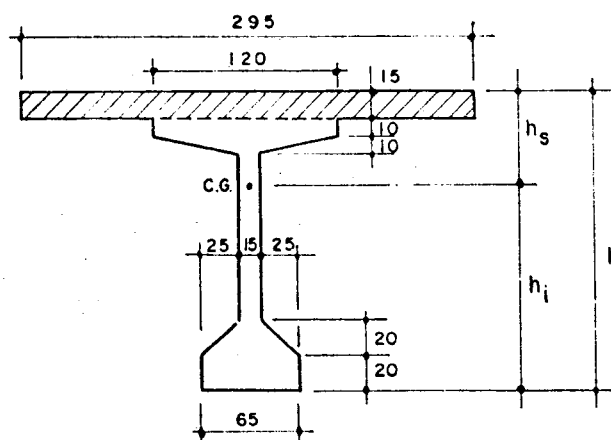


FIG. 6.15 - SEÇÃO TRANSVERSAL DA VIGA BI-APOIADA.
DIMENSÕES EM cm.

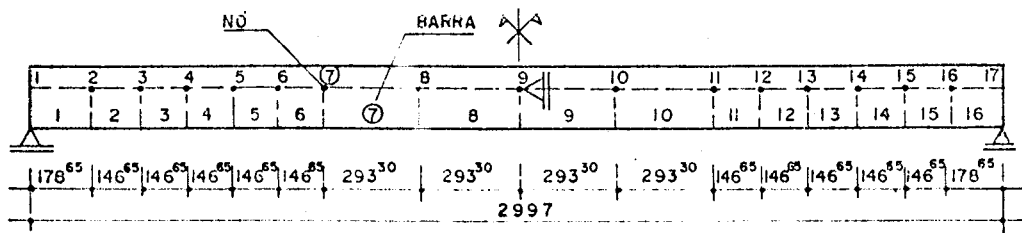


FIG. 6.16 - DISCRETIZAÇÃO DA ESTRUTURA.
DIMENSÕES EM cm.

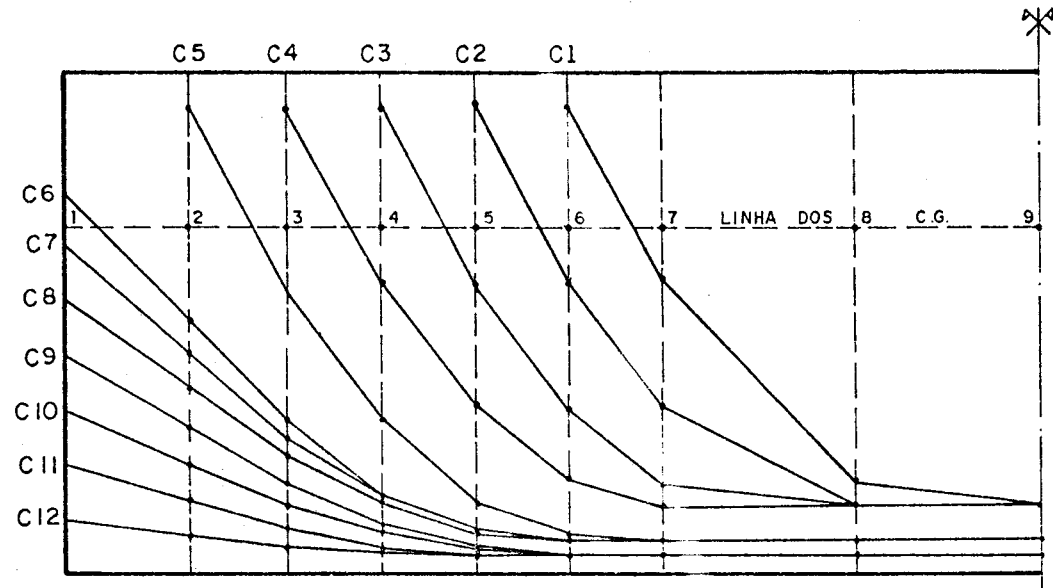


FIG. 6.17 - POSICIONAMENTO DOS CABOS.

Envoltória dos Esforços Solicitantes

NÓ	MOMENTOS FLETORES (kN.cm)			FORÇAS NORMAIS (kN)		
	M _g	M _{máx}	M _{mín}	N _g	N _{máx}	N _{mín}
1=17	0	0	0	0	0	0
2=16	69350	101370	69350	0	0	0
3=15	126280	190310	126280	0	0	0
4=14	175390	264050	175390	0	0	0
5=13	224490	337770	224490	0	0	0
6=12	259780	390510	259780	0	0	0
7=11	294660	442840	294660	0	0	0
8=10	336750	505460	336750	0	0	0
9	350780	527480	350780	0	0	0

6.2.2 - Arquivos de entrada de dados

a) PROENV.DAT

EXEMPLO 2 - VIGA BI-APOIADA

16 17 3 16 .700 1.20

1	0.00	0.
2	178.65	0.
3	325.30	0.
4	471.95	0.
5	618.60	0.
6	765.25	0.
7	911.90	0.
8	1205.20	0.
9	1498.50	0.
10	1791.80	0.
11	2085.10	0.
12	2231.75	0.
13	2378.40	0.
14	2525.05	0.
15	2671.70	0.
16	2818.35	0.
17	2997.00	0.

1	1	2
2	2	3
3	3	4
4	4	5
5	5	6
6	6	7
7	7	8
8	8	9
9	9	10
10	10	11
11	11	12
12	12	13
13	13	14
14	14	15
15	15	16
16	16	17

1	10050.	42757000.	24.
2	10050.	42757000.	24.
3	10050.	42757000.	24.
4	10050.	42757000.	24.
5	10050.	42757000.	24.
6	10050.	42757000.	24.
7	10050.	42757000.	24.
8	10050.	42757000.	24.
9	10050.	42757000.	24.
10	10050.	42757000.	24.
11	10050.	42757000.	24.
12	10050.	42757000.	24.
13	10050.	42757000.	24.
14	10050.	42757000.	24.
15	10050.	42757000.	24.

	10050.	42757000.	24.			
16						
1	0	1	0			
9	1	0	0			
17	0	1	0			
1	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
2	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
3	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
4	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
5	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
6	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
7	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
8	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
9	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
10	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
11	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
12	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
13	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
14	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
15	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
16	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
17	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
18	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
19	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
20	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
21	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
22	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
23	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
24	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
25	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
26	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
27	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
28	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
29	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
30	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
31	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
32	57.50	127.50	10050.00	42757000.00		
1	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	101370.	69350.	69350.	0.	0.	0.
3	101370.	69350.	69350.	0.	0.	0.
4	190310.	126280.	126280.	0.	0.	0.
5	190310.	126280.	126280.	0.	0.	0.
6	264050.	175390.	175390.	0.	0.	0.
7	264050.	175390.	175390.	0.	0.	0.
8	337770.	224490.	224490.	0.	0.	0.
9	337770.	224490.	224490.	0.	0.	0.
10	390510.	259780.	259780.	0.	0.	0.
11	390510.	259780.	259780.	0.	0.	0.
12	442840.	294660.	294660.	0.	0.	0.
13	442840.	294660.	294660.	0.	0.	0.
14	505460.	336750.	336750.	0.	0.	0.

15	505460.	336750.	336750.	0.	0.	0.
16	527480.	350780.	350780.	0.	0.	0.
17	527480.	350780.	350780.	0.	0.	0.
18	505460.	336750.	336750.	0.	0.	0.
19	505460.	336750.	336750.	0.	0.	0.
20	442840.	294660.	294660.	0.	0.	0.
21	442840.	294660.	294660.	0.	0.	0.
22	390510.	259780.	259780.	0.	0.	0.
23	390510.	259780.	259780.	0.	0.	0.
24	337770.	224490.	224490.	0.	0.	0.
25	337770.	224490.	224490.	0.	0.	0.
26	264050.	175390.	175390.	0.	0.	0.
27	264050.	175390.	175390.	0.	0.	0.
28	190310.	126280.	126280.	0.	0.	0.
29	190310.	126280.	126280.	0.	0.	0.
30	101370.	69350.	69350.	0.	0.	0.
31	101370.	69350.	69350.	0.	0.	0.
32	0.	0.	0.	0.	0.	0.

-78.00

-46.75

-7.50

8

8 1 16 2 400.000 4.62 20000. .7 520.000 0.2

-27.50

-59.55

-85.00

-102.30

-113.10

-116.10

-116.10

-116.10

-116.10

-116.10

-116.10

-116.10

-113.10

-102.30

-85.00

-59.55

-27.50

8

9 1 16 2 400.000 4.62 20000. .7 520.000 0.2

-47.50

-73.90

-94.90

-109.15

-118.00

-120.50

-120.50

-120.50

-120.50

-120.50

-120.50

-120.50

-118.00

-109.15

-94.90

-73.90

-47.50

8

10 1 16 2 400.000 4.62 20000. .7 520.000 0.2

-67.50

-86.70

-101.90

-112.25

-119.00

-120.50

-120.50

-120.50
 -120.50
 -120.50
 -120.50
 -120.50
 -119.00
 -112.25
 -101.90
 -86.70
 -67.50

8
 11 1 16 2 400.000 4.62 20000. .7 520.000 0.2

-87.50
 -101.75
 -112.30
 -118.30
 -120.50
 -120.50
 -120.50
 -120.50
 -120.50
 -120.50
 -120.50
 -120.50
 -120.50
 -120.50
 -118.30
 -112.30
 -101.75
 -87.50

8
 12 1 16 2 400.000 4.62 20000. .7 520.000 0.2

-107.50
 -113.65
 -117.20
 -119.65
 -120.50
 -120.50
 -120.50
 -120.50
 -120.50
 -120.50
 -120.50
 -120.50
 -120.50
 -120.50
 -120.50
 -119.65
 -117.20
 -113.65
 -107.50

8

6.2.3 - Listagem dos resultados

a) RESULTADOS DO PROGRAMA FUSO.FOR

EXEMPLO 2 - VIGA BI-APOIADA

DADOS DA ESTRUTURA

NO. DE BARRAS= 16

NO. DE NOS= 17

NO. DE APOIOS= 3

NO. DE BARRAS PROTENDIDAS= 16

NO. DE SECOES ANALISADAS= 32

COORDENADAS DOS NOS:

NO	X	Y
1	.00	.00
2	178.65	.00
3	325.30	.00
4	471.95	.00
5	618.60	.00
6	765.25	.00
7	911.90	.00
8	1205.20	.00
9	1498.50	.00
10	1791.80	.00
11	2085.10	.00
12	2231.75	.00
13	2378.40	.00
14	2525.05	.00
15	2671.70	.00
16	2818.35	.00
17	2997.00	.00

INCIDENCIA DAS BARRAS:

BARRA NO INICIAL NO FINAL

1	1	2
2	2	3
3	3	4
4	4	5
5	5	6
6	6	7
7	7	8
8	8	9
9	9	10
10	10	11
11	11	12
12	12	13
13	13	14
14	14	15
15	15	16

16

16

17

PROPRIEDADES DAS BARRAS:
BARRA COMPRIMENTO AREA

BARRA	COMPRIMENTO	AREA	MOM. INERCIA	COS. ALFA	SEN. ALFA	FCK	FTK	EC
1	178.65	10050.00	42757000.0000	1.000000	.000000	24.00	2.14	34610.69
2	146.65	10050.00	42757000.0000	1.000000	.000000	24.00	2.14	34610.69
3	146.65	10050.00	42757000.0000	1.000000	.000000	24.00	2.14	34610.69
4	146.65	10050.00	42757000.0000	1.000000	.000000	24.00	2.14	34610.69
5	146.65	10050.00	42757000.0000	1.000000	.000000	24.00	2.14	34610.69
6	146.65	10050.00	42757000.0000	1.000000	.000000	24.00	2.14	34610.69
7	293.30	10050.00	42757000.0000	1.000000	.000000	24.00	2.14	34610.69
8	293.30	10050.00	42757000.0000	1.000000	.000000	24.00	2.14	34610.69
9	293.30	10050.00	42757000.0000	1.000000	.000000	24.00	2.14	34610.69
10	293.30	10050.00	42757000.0000	1.000000	.000000	24.00	2.14	34610.69
11	146.65	10050.00	42757000.0000	1.000000	.000000	24.00	2.14	34610.69
12	146.65	10050.00	42757000.0000	1.000000	.000000	24.00	2.14	34610.69
13	146.65	10050.00	42757000.0000	1.000000	.000000	24.00	2.14	34610.69
14	146.65	10050.00	42757000.0000	1.000000	.000000	24.00	2.14	34610.69
15	146.65	10050.00	42757000.0000	1.000000	.000000	24.00	2.14	34610.69
16	178.65	10050.00	42757000.0000	1.000000	.000000	24.00	2.14	34610.69

VINCULOS NODAIS:

NO	VINCULO X	VINCULO Y	VINCULO Z
1	0	1	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0	0
7	0	0	0
8	0	0	0
9	1	0	0
10	0	0	0
11	0	0	0
12	0	0	0
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0
16	0	0	0
17	0	1	0

CARACTERISTICAS DAS SECOES ANALISADAS:

SECAO	HS(S)	HI(S)	AC(S)	IC(S)
1	57.50	127.50	10050.00	42757000.00

2	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
3	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
4	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
5	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
6	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
7	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
8	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
9	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
10	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
11	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
12	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
13	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
14	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
15	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
16	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
17	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
18	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
19	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
20	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
21	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
22	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
23	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
24	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
25	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
26	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
27	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
28	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
29	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
30	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
31	57.50	127.50	10050.00	42757000.00
32	57.50	127.50	10050.00	42757000.00

ENVOLTORIA DOS ESFORÇOS SOLICITANTES:

SECAO	MMAX(S)	MMIN(S)	MG(S)	NMAX(S)	NMIN(S)	NG(S)
1	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	101370.	69350.	69350.	0.	0.	0.
3	101370.	69350.	69350.	0.	0.	0.
4	190310.	126280.	126280.	0.	0.	0.
5	190310.	126280.	126280.	0.	0.	0.
6	264050.	175390.	175390.	0.	0.	0.
7	264050.	175390.	175390.	0.	0.	0.
8	337770.	224490.	224490.	0.	0.	0.
9	337770.	224490.	224490.	0.	0.	0.
10	390510.	259780.	259780.	0.	0.	0.
11	390510.	259780.	259780.	0.	0.	0.
12	442840.	294660.	294660.	0.	0.	0.
13	442840.	294660.	294660.	0.	0.	0.
14	505460.	336750.	336750.	0.	0.	0.

15	505460.	336750.	336750.	0.	0.	0.
16	527480.	350780.	350780.	0.	0.	0.
17	527480.	350780.	350780.	0.	0.	0.
18	505460.	336750.	336750.	0.	0.	0.
19	505460.	336750.	336750.	0.	0.	0.
20	442840.	294660.	294660.	0.	0.	0.
21	442840.	294660.	294660.	0.	0.	0.
22	390510.	259780.	259780.	0.	0.	0.
23	390510.	259780.	259780.	0.	0.	0.
24	337770.	224490.	224490.	0.	0.	0.
25	337770.	224490.	224490.	0.	0.	0.
26	264050.	175390.	175390.	0.	0.	0.
27	264050.	175390.	175390.	0.	0.	0.
28	190310.	126280.	126280.	0.	0.	0.
29	190310.	126280.	126280.	0.	0.	0.
30	101370.	69350.	69350.	0.	0.	0.
31	101370.	69350.	69350.	0.	0.	0.
32	0.	0.	0.	0.	0.	0.

SECAO	TC(S)	TT(S)	WI(S)	WS(S)
1	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
2	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
3	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
4	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
5	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
6	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
7	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
8	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
9	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
10	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
11	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
12	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
13	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
14	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
15	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
16	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
17	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
18	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
19	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
20	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
21	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
22	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
23	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
24	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
25	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
26	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
27	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
28	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00

29	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
30	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
31	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00
32	-16.80	2.57	-335349.00	743600.00

A ANALISE CONTINUA - SECOES SUFICIENTES!

VERTICES DO FUSO LIMITE:

SECAO	MP13	NP13	MP14	NP14	MP23	NP23	MP24	NP24
1	.0	-16884.0	447631.2	-10834.1	-447631.2	-3469.0	.0	2580.8
2	-79302.2	-16585.7	346261.2	-10834.1	-516981.2	-3469.0	-91417.8	2282.6
3	-79302.2	-16585.7	346261.2	-10834.1	-516981.2	-3469.0	-91417.8	2282.6
4	-146181.2	-16287.6	257321.2	-10834.1	-573911.1	-3469.0	-170408.8	1984.4
5	-146181.2	-16287.6	257321.2	-10834.1	-573911.1	-3469.0	-170408.8	1984.4
6	-202946.5	-16058.2	183581.2	-10834.1	-623021.1	-3469.0	-236493.5	1755.0
7	-202946.5	-16058.2	183581.2	-10834.1	-623021.1	-3469.0	-236493.5	1755.0
8	-259698.7	-15828.8	109861.2	-10834.1	-672121.1	-3469.0	-302561.3	1525.7
9	-259698.7	-15828.8	109861.2	-10834.1	-672121.1	-3469.0	-302561.3	1525.7
10	-300412.3	-15666.3	57121.2	-10834.1	-707411.1	-3469.0	-349877.7	1363.1
11	-300412.3	-15666.3	57121.2	-10834.1	-707411.1	-3469.0	-349877.7	1363.1
12	-340716.0	-15503.8	4791.2	-10834.1	-742291.1	-3469.0	-396784.1	1200.6
13	-340716.0	-15503.8	4791.2	-10834.1	-742291.1	-3469.0	-396784.1	1200.6
14	-389186.9	-15312.5	-57828.8	-10834.1	-784381.1	-3469.0	-453023.1	1009.4
15	-389186.9	-15312.5	-57828.8	-10834.1	-784381.1	-3469.0	-453023.1	1009.4
16	-405700.3	-15238.1	-79848.8	-10834.1	-798411.1	-3469.0	-472559.8	934.9
17	-405700.3	-15238.1	-79848.8	-10834.1	-798411.1	-3469.0	-472559.8	934.9
18	-389186.9	-15312.5	-57828.8	-10834.1	-784381.1	-3469.0	-453023.1	1009.4
19	-389186.9	-15312.5	-57828.8	-10834.1	-784381.1	-3469.0	-453023.1	1009.4
20	-340716.0	-15503.8	4791.2	-10834.1	-742291.1	-3469.0	-396784.1	1200.6
21	-340716.0	-15503.8	4791.2	-10834.1	-742291.1	-3469.0	-396784.1	1200.6
22	-300412.3	-15666.3	57121.2	-10834.1	-707411.1	-3469.0	-349877.7	1363.1
23	-300412.3	-15666.3	57121.2	-10834.1	-707411.1	-3469.0	-349877.7	1363.1
24	-259698.7	-15828.8	109861.2	-10834.1	-672121.1	-3469.0	-302561.3	1525.7
25	-259698.7	-15828.8	109861.2	-10834.1	-672121.1	-3469.0	-302561.3	1525.7
26	-202946.5	-16058.2	183581.2	-10834.1	-623021.1	-3469.0	-236493.5	1755.0
27	-202946.5	-16058.2	183581.2	-10834.1	-623021.1	-3469.0	-236493.5	1755.0
28	-146181.2	-16287.6	257321.2	-10834.1	-573911.1	-3469.0	-170408.8	1984.4
29	-146181.2	-16287.6	257321.2	-10834.1	-573911.1	-3469.0	-170408.8	1984.4
30	-79302.2	-16585.7	346261.2	-10834.1	-516981.2	-3469.0	-91417.8	2282.6
31	-79302.2	-16585.7	346261.2	-10834.1	-516981.2	-3469.0	-91417.8	2282.6
32	.0	-16884.0	447631.2	-10834.1	-447631.2	-3469.0	.0	2580.8

INTERVALO DE VARIACAO DE NP:

NP13MAX	NP24MIN	DELTPP
-15238.110	934.947	16173.050

b) RESULTADOS DO PROGRAMA VERIS.FOR

NB	NNOS	NAP	NBP	NS	NCAB
16	17	3	16	32	12

 * CABO 1 *

CABO	BARRA INIC.	BARRA FIN.	PROT(J)	PM	CA
1	6	11	2	400.00	.20

CABO	AREA CABO	MOD.ELAST.	ESCO.CUNHA	PMAX
1	4.62	20000.00	.70	520.00

BARRA	LB(I)	LC(I)	EX.INIC.	EX.FIN.
6	146.650	160.450	43.500	-21.600
7	293.300	302.248	-21.600	-94.600
8	293.300	293.406	-94.600	-102.500
9	293.300	293.406	-102.500	-94.600
10	293.300	302.248	-94.600	-21.600
11	146.650	160.450	-21.600	43.500

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
6	.996796
7	.993973
8	.994149

ATRITO CURVO:

DEFLEX	TET(K)	TET(K-1)	DELTET(K)	RAC(K)
7	-.24394	-.41778	.17385	.96583
8	-.02693	-.24394	.21701	.95753

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
1	6	400.00	398.72
1	7	385.09	382.77
1	8	366.52	364.37

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
9	1.005885
10	1.006063
11	1.003214

ATRITO CURVO:

DEFLEX	TET(K)	TET(K-1)	DELTET(K)	RAC(K)
10	.24394	.02693	.21701	1.04436
11	.41778	.24394	.17385	1.03538

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
1	9	364.37	366.52

1	10	382.77	385.09
1	11	398.72	400.00

VALORES DE P APOS MEDIA ARITMETICA NO SALTO:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
1	6	400.00	391.91
1	7	391.91	374.64
1	8	374.64	364.37
1	9	364.37	374.64
1	10	374.64	391.91
1	11	391.91	400.00

VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO INICIO:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
1	6	295.44	303.54
1	7	303.54	320.80
1	8	320.80	331.07

VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO FIM:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
1	9	331.07	320.80
1	10	320.80	303.54
1	11	303.54	295.44

 * CABO 2 *

CABO	BARRA INIC.	BARRA FIN.	PROT(J)	PM	CA
2	5	12	2	400.00	.20

CABO	AREA CABO	MOD.ELAST.	ESCO.CUNHA	PMAX
2	4.62	20000.00	.70	520.00

BARRA	LB(I)	LC(I)	EX.INIC.	EX.FIN.
5	146.650	160.027	43.500	-20.550
6	146.650	154.043	-20.550	-67.700
7	293.300	295.357	-67.700	-102.500
8	293.300	293.300	-102.500	-102.500
9	293.300	293.300	-102.500	-102.500
10	293.300	295.357	-102.500	-67.700
11	146.650	154.043	-67.700	-20.550
12	146.650	160.027	-20.550	43.500

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
5	.996805
6	.996924
7	.994110
8	.994151

ATRITO CURVO:

DEFLEX	TET(K)	TET(K-1)	DELTET(K)	RAC(K)
6	-.31108	-.41178	.10071	.98006
7	-.11810	-.31108	.19298	.96214
8	.00000	-.11810	.11810	.97666

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
2	5	400.00	398.72
2	6	390.77	389.57
2	7	374.82	372.61
2	8	363.91	361.79

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
9	1.005883
10	1.005925
11	1.003086
12	1.003206

ATRITO CURVO:

DEFLEX	TET(K)	TET(K-1)	DELTET(K)	RAC(K)
10	.11810	.00000	.11810	1.02390
11	.31108	.11810	.19298	1.03935
12	.41178	.31108	.10071	1.02035

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
2	9	361.79	363.91
2	10	372.61	374.82
2	11	389.57	390.77
2	12	398.72	400.00

VALORES DE P APOS MEDIA ARITMETICA NO SALTO:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
2	5	400.00	394.75
2	6	394.75	382.19
2	7	382.19	368.26
2	8	368.26	361.79
2	9	361.79	368.26
2	10	368.26	382.19
2	11	382.19	394.75
2	12	394.75	400.00

VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO INICIO:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
2	5	301.08	306.34
2	6	306.34	318.89
2	7	318.89	332.82
2	8	332.82	339.30

VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO FIM:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
2	9	339.30	332.82
2	10	332.82	318.89
2	11	318.89	306.34

2 12 306.34 301.08

* CABO 3 *

CABO	BARRA INIC.	BARRA FIN.	PROT(J)	PM	CA
3	4	13	2	400.00	.20

CABO	AREA CABO	MOD.ELAST.	ESCO.CUNHA	PMAX
3	4.62	20000.00	.70	520.00

BARRA	LB(I)	LC(I)	EX.INIC.	EX.FIN.
4	146.650	160.450	43.500	-21.600
5	146.650	153.399	-21.600	-66.600
6	146.650	149.299	-66.600	-94.600
7	293.300	293.406	-94.600	-102.500
8	293.300	293.300	-102.500	-102.500
9	293.300	293.300	-102.500	-102.500
10	293.300	293.406	-102.500	-94.600
11	146.650	149.299	-94.600	-66.600
12	146.650	153.399	-66.600	-21.600
13	146.650	160.450	-21.600	43.500

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
4	.996796
5	.998937
6	.997018
7	.994149
8	.994151

ATRITO CURVO:

DEFLEX	TET(K)	TET(K-1)	DELTET(K)	RAC(K)
5	-.29773	-.41778	.12005	.97628
6	-.18866	-.29773	.10907	.97842
7	-.02693	-.18866	.16173	.96917
8	.00000	-.02693	.02693	.99463

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
3	4	400.00	398.72
3	5	389.26	388.07
3	6	379.69	378.56
3	7	366.51	364.37
3	8	362.41	360.29

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
9	1.005883
10	1.005885
11	1.002990
12	1.003073

13 1.003214

ATRITO CURVO:

DEFLEX	TET(K)	TET(K-1)	DELTET(K)	RAC(K)
10	.02693	.00000	.02693	1.00540
11	.18866	.02693	.16173	1.03288
12	.29773	.18866	.10907	1.02205
13	.41778	.29773	.12005	1.02430

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
3	9	360.29	362.41
3	10	364.37	366.51
3	11	378.56	379.69
3	12	388.07	389.26
3	13	398.72	400.00

VALORES DE P APOS MEDIA ARITMETICA NO SALTO:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
3	4	400.00	393.99
3	5	393.99	383.88
3	6	383.88	372.54
3	7	372.54	363.39
3	8	363.39	360.29
3	9	360.29	363.39
3	10	363.39	372.54
3	11	372.54	383.88
3	12	383.88	393.99
3	13	393.99	400.00

VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO INICIO:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
3	4	303.03	309.04
3	5	309.04	319.15
3	6	319.15	330.49
3	7	330.49	339.64
3	8	339.64	342.74

VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO FIM:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
3	9	342.74	339.64
3	10	339.64	330.49
3	11	330.49	319.15
3	12	319.15	309.04
3	13	309.04	303.03

 * CABO 4 *

CABO	BARRA INIC.	BARRA FIN.	PROT(J)	PM	CA
4	3	14	2	400.00	.20

CABO	AREA CABO	MOD.ELAST.	ESCO.CUNHA	PMAX
4	4.62	20000.00	.70	520.00

BARRA	LB(I)	LC(I)	EX.INIC.	EX.FIN.
3	146.650	160.027	43.500	-20.550
4	146.650	154.043	-20.550	-67.700
5	146.650	148.920	-67.700	-93.600
6	146.650	146.920	-93.600	-102.500
7	293.300	293.300	-102.500	-102.500
8	293.300	293.300	-102.500	-102.500
9	293.300	293.300	-102.500	-102.500
10	293.300	293.300	-102.500	-102.500
11	146.650	146.920	-102.500	-93.600
12	146.650	148.919	-93.600	-67.700
13	146.650	154.043	-67.700	-20.550
14	146.650	160.027	-20.550	43.500

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
3	.996805
4	.996924
5	.997026
6	.997066
7	.994151
8	.994151

ATRITO CURVO:

DEFLEX	TET(K)	TET(K-1)	DELTET(K)	RAC(K)
4	-.31108	-.41178	.10071	.98006
5	-.17481	-.31108	.13627	.97311
6	-.06061	-.17481	.11419	.97742
7	.00000	-.06061	.06061	.98795
8	.00000	.00000	.00000	1.00000

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
4	3	400.00	398.72
4	4	390.77	389.57
4	5	379.10	377.97
4	6	369.43	368.35
4	7	363.91	361.78
4	8	361.78	359.67

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
9	1.005883
10	1.005883
11	1.002943
12	1.002983
13	1.003086
14	1.003206

ATRITO CURVO:

DEFLEX	TET(K)	TET(K-1)	DELTET(K)	RAC(K)
--------	--------	----------	-----------	--------

10	.00000	.00000	.00000	1.00000
11	.06061	.00000	.06061	1.01220
12	.17481	.06061	.11419	1.02310
13	.31108	.17481	.13627	1.02763
14	.41178	.31108	.10071	1.02035

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
4	9	359.67	361.78
4	10	361.78	363.91
4	11	368.35	369.43
4	12	377.97	379.10
4	13	389.57	390.77
4	14	398.72	400.00

VALORES DE P APOS MEDIA ARITMETICA NO SALTO:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
4	3	400.00	394.75
4	4	394.75	384.33
4	5	384.33	373.70
4	6	373.70	366.13
4	7	366.13	361.78
4	8	361.78	359.67
4	9	359.67	361.78
4	10	361.78	366.13
4	11	366.13	373.70
4	12	373.70	384.33
4	13	384.33	394.75
4	14	394.75	400.00

VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO INICIO:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
4	3	305.48	310.74
4	4	310.74	321.15
4	5	321.15	331.78
4	6	331.78	339.35
4	7	339.35	343.70
4	8	343.70	345.82

VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO FIM:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
4	9	345.82	343.70
4	10	343.70	339.35
4	11	339.35	331.78
4	12	331.78	321.15
4	13	321.15	310.74
4	14	310.74	305.48

 * CABO 5 *

CABO BARRA INIC. BARRA FIN. PROT(J) PM CA

5	2	15	2	400.00	.20
CABO	AREA CABO	MOD.ELAST.	ESCO.CUNHA	PMAX	
5	4.62	20000.00	.70	520.00	

BARRA	LB(I)	LC(I)	EX.INIC.	EX.FIN.
2	146.650	160.776	43.500	-22.400
3	146.650	154.166	-22.400	-69.950
4	146.650	150.090	-69.950	-101.900
5	146.650	147.190	-101.900	-114.500
6	146.650	146.659	-114.500	-116.100
7	293.300	293.300	-116.100	-116.100
8	293.300	293.300	-116.100	-116.100
9	293.300	293.300	-116.100	-116.100
10	293.300	293.300	-116.100	-116.100
11	146.650	146.659	-116.100	-114.500
12	146.650	147.190	-114.500	-101.900
13	146.650	150.090	-101.900	-69.950
14	146.650	154.166	-69.950	-22.400
15	146.650	160.776	-22.400	43.500

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
2	.996790
3	.996921
4	.997003
5	.997061
6	.997071
7	.994151
8	.994151

ATRITO CURVO:

DEFLEX	TET(K)	TET(K-1)	DELTET(K)	RAC(K)
3	-.31355	-.42233	.10878	.97848
4	-.21451	-.31355	.09903	.98039
5	-.08571	-.21451	.12881	.97457
6	-.01091	-.08571	.07480	.98515
7	.00000	-.01091	.01091	.99782
8	.00000	.00000	.00000	1.00000

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
5	2	400.00	398.72
5	3	390.13	388.93
5	4	381.31	380.16
5	5	370.49	369.41
5	6	363.92	362.85
5	7	362.06	359.95
5	8	359.95	357.84

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
9	1.005883
10	1.005883

11	1.002937
12	1.002948
13	1.003006
14	1.003088
15	1.003221

ATRITO CURVO:

DEFLEX	TET(K)	TET(K-1)	DELTET(K)	RAC(K)
10	.00000	.00000	.00000	1.00000
11	.01091	.00000	.01091	1.00218
12	.08571	.01091	.07480	1.01507
13	.21451	.08571	.12881	1.02610
14	.31355	.21451	.09903	1.02000
15	.42233	.31355	.10878	1.02199

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
5	9	357.84	359.95
5	10	359.95	362.06
5	11	362.86	363.92
5	12	369.41	370.50
5	13	380.16	381.31
5	14	388.93	390.13
5	15	398.72	400.00

VALORES DE P APOS MEDIA ARITMETICA NO SALTO:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
5	2	400.00	394.43
5	3	394.43	385.12
5	4	385.12	375.33
5	5	375.33	366.66
5	6	366.66	362.46
5	7	362.46	359.95
5	8	359.95	357.84
5	9	357.84	359.95
5	10	359.95	362.46
5	11	362.46	366.66
5	12	366.66	375.33
5	13	375.33	385.12
5	14	385.12	394.43
5	15	394.43	400.00

VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO INICIO:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
5	2	306.69	312.27
5	3	312.27	321.57
5	4	321.57	331.36
5	5	331.36	340.03
5	6	340.03	344.23
5	7	344.23	346.75
5	8	346.75	348.85

VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO FIM:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
------	--------	-----------	---------

5	9	348.85	346.75
5	10	346.75	344.23
5	11	344.23	340.03
5	12	340.03	331.36
5	13	331.36	321.57
5	14	321.57	312.27
5	15	312.27	306.69

 * CABO 6 *

CABO	BARRA INIC.	BARRA FIN.	PROT(J)	PM	CA
6	1	16	2	400.00	.20

CABO	AREA CABO	MOD.ELAST.	ESCO.CUNHA	PMAX
6	4.62	20000.00	.70	520.00

BARRA	LB(I)	LC(I)	EX.INIC.	EX.FIN.
1	178.650	184.602	12.500	-34.000
2	146.650	151.246	-34.000	-71.000
3	146.650	149.588	-71.000	-100.500
4	146.650	147.077	-100.500	-111.700
5	146.650	146.716	-111.700	-116.100
6	146.650	146.650	-116.100	-116.100
7	293.300	293.300	-116.100	-116.100
8	293.300	293.300	-116.100	-116.100
9	293.300	293.300	-116.100	-116.100
10	293.300	293.300	-116.100	-116.100
11	146.650	146.650	-116.100	-116.100
12	146.650	146.716	-116.100	-111.700
13	146.650	147.077	-111.700	-100.500
14	146.650	149.588	-100.500	-71.000
15	146.650	151.246	-71.000	-34.000
16	178.650	184.602	-34.000	12.500

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
1	.996315
2	.996980
3	.997013
4	.997063
5	.997070
6	.997071
7	.994151
8	.994151

ATRITO CURVO:

DEFLEX	TET(K)	TET(K-1)	DELTET(K)	RAC(K)
2	-.24714	-.25464	.00749	.99850
3	-.19851	-.24714	.04863	.99032
4	-.07622	-.19851	.12229	.97584

5	-.02999	-.07622	.04623	.99080
6	.00000	-.02999	.02999	.99402
7	.00000	.00000	.00000	1.00000
8	.00000	.00000	.00000	1.00000

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
6	1	400.00	398.53
6	2	397.93	396.73
6	3	392.89	391.71
6	4	382.25	381.13
6	5	377.62	376.51
6	6	374.26	373.16
6	7	373.16	370.98
6	8	370.98	368.81

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
9	1.005883
10	1.005883
11	1.002937
12	1.002939
13	1.002946
14	1.002996
15	1.003029
16	1.003699

ATRITO CURVO:

DEFLEX	TET(K)	TET(K-1)	DELTET(K)	RAC(K)
10	.00000	.00000	.00000	1.00000
11	.00000	.00000	.00000	1.00000
12	.02999	.00000	.02999	1.00602
13	.07622	.02999	.04623	1.00929
14	.19851	.07622	.12229	1.02476
15	.24714	.19851	.04863	1.00977
16	.25464	.24714	.00749	1.00150

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
6	9	368.81	370.98
6	10	370.98	373.16
6	11	373.16	374.26
6	12	376.51	377.62
6	13	381.13	382.25
6	14	391.71	392.89
6	15	396.73	397.93
6	16	398.53	400.00

VALORES DE P APOS MEDIA ARITMETICA NO SALTO:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
6	1	400.00	398.23
6	2	398.23	394.81
6	3	394.81	386.98
6	4	386.98	379.37
6	5	379.37	375.39

6	6	375.39	373.16
6	7	373.16	370.98
6	8	370.98	368.81
6	9	368.81	370.98
6	10	370.98	373.16
6	11	373.16	375.39
6	12	375.39	379.37
6	13	379.37	386.98
6	14	386.98	394.81
6	15	394.81	398.23
6	16	398.23	400.00

VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO INICIO:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
6	1	329.24	331.01
6	2	331.01	334.43
6	3	334.43	342.25
6	4	342.25	349.86
6	5	349.86	353.85
6	6	353.85	356.07
6	7	356.07	358.25
6	8	358.25	360.42

VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO FIM:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
6	9	360.42	358.25
6	10	358.25	356.07
6	11	356.07	353.85
6	12	353.85	349.86
6	13	349.86	342.25
6	14	342.25	334.43
6	15	334.43	331.01
6	16	331.01	329.24

* CABO 7 *

CABO	BARRA INIC.	BARRA FIN.	PROT(J)	PM	CA
7	1	16	2	400.00	.20

CABO	AREA CABO	MOD.ELAST.	ESCO.CUNHA	PMAX
7	4.62	20000.00	.70	520.00

BARRA	LB(I)	LC(I)	EX.INIC.	EX.FIN.
1	178.650	182.911	-7.500	-46.750
2	146.650	149.943	-46.750	-78.000
3	146.650	148.167	-78.000	-99.150
4	146.650	147.247	-99.150	-112.400
5	146.650	146.697	-112.400	-116.100
6	146.650	146.650	-116.100	-116.100
7	293.300	293.300	-116.100	-116.100

8	293.300	293.300	-116.100	-116.100
9	293.300	293.300	-116.100	-116.100
10	293.300	293.300	-116.100	-116.100
11	146.650	146.650	-116.100	-116.100
12	146.650	146.697	-116.100	-112.400
13	146.650	147.248	-112.400	-99.150
14	146.650	148.167	-99.150	-78.000
15	146.650	149.943	-78.000	-46.750
16	178.650	182.911	-46.750	-7.500

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
1	.996348
2	.997006
3	.997041
4	.997059
5	.997070
6	.997071
7	.994151
8	.994151

ATRITO CURVO:

DEFLEX	TET(K)	TET(K-1)	DELTET(K)	RAC(K)
2	-.20995	-.21627	.00632	.99874
3	-.14323	-.20995	.06672	.98674
4	-.09011	-.14323	.05313	.98943
5	-.02522	-.09011	.06488	.98711
6	.00000	-.02522	.02522	.99497
7	.00000	.00000	.00000	1.00000
8	.00000	.00000	.00000	1.00000

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
7	1	400.00	398.54
7	2	398.04	396.84
7	3	391.58	390.43
7	4	386.30	385.16
7	5	380.20	379.08
7	6	377.18	376.07
7	7	376.07	373.87
7	8	373.87	371.69

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
9	1.005883
10	1.005883
11	1.002937
12	1.002938
13	1.002949
14	1.002968
15	1.003003
16	1.003665

ATRITO CURVO:

VI.50

DEFLEX	TET(K)	TET(K-1)	DELTET(K)	RAC(K)
10	.00000	.00000	.00000	1.00000
11	.00000	.00000	.00000	1.00000
12	.02522	.00000	.02522	1.00506
13	.09011	.02522	.06488	1.01306
14	.14323	.09011	.05313	1.01068
15	.20995	.14323	.06672	1.01343
16	.21627	.20995	.00632	1.00126

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
7	9	371.69	373.87
7	10	373.87	376.07
7	11	376.07	377.18
7	12	379.08	380.20
7	13	385.16	386.30
7	14	390.43	391.58
7	15	396.84	398.04
7	16	398.54	400.00

VALORES DE P APOS MEDIA ARITMETICA NO SALTO:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
7	1	400.00	398.29
7	2	398.29	394.21
7	3	394.21	388.36
7	4	388.36	382.68
7	5	382.68	378.13
7	6	378.13	376.07
7	7	376.07	373.87
7	8	373.87	371.69
7	9	371.69	373.87
7	10	373.87	376.07
7	11	376.07	378.13
7	12	378.13	382.68
7	13	382.68	388.36
7	14	388.36	394.21
7	15	394.21	398.29
7	16	398.29	400.00

VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO INICIO:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
7	1	332.93	334.64
7	2	334.64	338.72
7	3	338.72	344.57
7	4	344.57	350.25
7	5	350.25	354.80
7	6	354.80	356.86
7	7	356.86	359.06
7	8	359.06	361.25

VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO FIM:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
7	9	361.25	359.06
7	10	359.06	356.86

VI.51

7	11	356.86	354.80
7	12	354.80	350.25
7	13	350.25	344.57
7	14	344.57	338.72
7	15	338.72	334.64
7	16	334.64	332.93

 * CABO 8 *

CABO	BARRA INIC.	BARRA FIN.	PROT(J)	PM	CA
8	1	16	2	400.00	.20

CABO	AREA CABO	MOD.ELAST.	ESCO.CUNHA	PMAX
8	4.62	20000.00	.70	520.00

BARRA	LB(I)	LC(I)	EX.INIC.	EX.FIN.
1	178.650	181.502	-27.500	-59.550
2	146.650	148.842	-59.550	-85.000
3	146.650	147.667	-85.000	-102.300
4	146.650	147.047	-102.300	-113.100
5	146.650	146.681	-113.100	-116.100
6	146.650	146.650	-116.100	-116.100
7	293.300	293.300	-116.100	-116.100
8	293.300	293.300	-116.100	-116.100
9	293.300	293.300	-116.100	-116.100
10	293.300	293.300	-116.100	-116.100
11	146.650	146.650	-116.100	-116.100
12	146.650	146.681	-116.100	-113.100
13	146.650	147.047	-113.100	-102.300
14	146.650	147.667	-102.300	-85.000
15	146.650	148.842	-85.000	-59.550
16	178.650	181.502	-59.550	-27.500

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
1	.996377
2	.997028
3	.997051
4	.997063
5	.997071
6	.997071
7	.994151
8	.994151

ATRITO CURVO:

DEFLEX	TET(K)	TET(K-1)	DELTET(K)	RAC(K)
2	-.17183	-.17751	.00568	.99886
3	-.11743	-.17183	.05441	.98918
4	-.07351	-.11743	.04391	.99126
5	-.02045	-.07351	.05306	.98944

6	.00000	-.02045	.02045	.99592
7	.00000	.00000	.00000	1.00000
8	.00000	.00000	.00000	1.00000

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
8	1	400.00	398.55
8	2	398.10	396.91
8	3	392.62	391.46
8	4	388.04	386.90
8	5	382.81	381.69
8	6	380.14	379.02
8	7	379.02	376.81
8	8	376.81	374.60

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
9	1.005883
10	1.005883
11	1.002937
12	1.002938
13	1.002945
14	1.002958
15	1.002981
16	1.003637

ATRITO CURVO:

DEFLEX	TET(K)	TET(K-1)	DELTET(K)	RAC(K)
10	.00000	.00000	.00000	1.00000
11	.00000	.00000	.00000	1.00000
12	.02045	.00000	.02045	1.00410
13	.07351	.02045	.05306	1.01067
14	.11743	.07351	.04391	1.00882
15	.17183	.11743	.05441	1.01094
16	.17751	.17183	.00568	1.00114

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
8	9	374.60	376.81
8	10	376.81	379.02
8	11	379.02	380.14
8	12	381.69	382.81
8	13	386.90	388.04
8	14	391.46	392.62
8	15	396.91	398.10
8	16	398.55	400.00

VALORES DE P APOS MEDIA ARITMETICA NO SALTO:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
8	1	400.00	398.32
8	2	398.32	394.77
8	3	394.77	389.75
8	4	389.75	384.86
8	5	384.86	380.91
8	6	380.91	379.02

8	7	379.02	376.81
8	8	376.81	374.60
8	9	374.60	376.81
8	10	376.81	379.02
8	11	379.02	380.91
8	12	380.91	384.86
8	13	384.86	389.75
8	14	389.75	394.77
8	15	394.77	398.32
8	16	398.32	400.00

VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO INICIO:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
8	1	336.74	338.41
8	2	338.41	341.97
8	3	341.97	346.99
8	4	346.99	351.88
8	5	351.88	355.82
8	6	355.82	357.71
8	7	357.71	359.93
8	8	359.93	362.14

VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO FIM:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
8	9	362.14	359.93
8	10	359.93	357.71
8	11	357.71	355.82
8	12	355.82	351.88
8	13	351.88	346.99
8	14	346.99	341.97
8	15	341.97	338.41
8	16	338.41	336.74

* CABO 9 *

CABO	BARRA INIC.	BARRA FIN.	PROT(J)	PM	CA
9	1	16	2	400.00	.20

CABO	AREA CABO	MOD.ELAST.	ESCO.CUNHA	PMAX
9	4.62	20000.00	.70	520.00

BARRA	LB(I)	LC(I)	EX.INIC.	EX.FIN.
1	178.650	180.590	-47.500	-73.900
2	146.650	148.146	-73.900	-94.900
3	146.650	147.341	-94.900	-109.150
4	146.650	146.917	-109.150	-118.000
5	146.650	146.671	-118.000	-120.500
6	146.650	146.650	-120.500	-120.500
7	293.300	293.300	-120.500	-120.500
8	293.300	293.300	-120.500	-120.500

9	293.300	293.300	-120.500	-120.500
10	293.300	293.300	-120.500	-120.500
11	146.650	146.650	-120.500	-120.500
12	146.650	146.671	-120.500	-118.000
13	146.650	146.917	-118.000	-109.150
14	146.650	147.341	-109.150	-94.900
15	146.650	148.146	-94.900	-73.900
16	178.650	180.590	-73.900	-47.500

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
1	.996395
2	.997041
3	.997057
4	.997066
5	.997071
6	.997071
7	.994151
8	.994151

ATRITO CURVO:

DEFLEX	TET(K)	TET(K-1)	DELTET(K)	RAC(K)
2	-.14223	-.14671	.00448	.99910
3	-.09687	-.14223	.04537	.99097
4	-.06027	-.09687	.03659	.99271
5	-.01705	-.06027	.04323	.99139
6	.00000	-.01705	.01705	.99660
7	.00000	.00000	.00000	1.00000
8	.00000	.00000	.00000	1.00000

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
9	1	400.00	398.56
9	2	398.20	397.02
9	3	393.44	392.28
9	4	389.42	388.28
9	5	384.93	383.81
9	6	382.50	381.38
9	7	381.38	379.15
9	8	379.15	376.93

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
9	1.005883
10	1.005883
11	1.002937
12	1.002938
13	1.002943
14	1.002951
15	1.002967
16	1.003618

ATRITO CURVO:

DEFLEX	TET(K)	TET(K-1)	DELTET(K)	RAC(K)
--------	--------	----------	-----------	--------

10	.00000	.00000	.00000	1.00000
11	.00000	.00000	.00000	1.00000
12	.01705	.00000	.01705	1.00341
13	.06027	.01705	.04323	1.00868
14	.09687	.06027	.03659	1.00735
15	.14223	.09687	.04536	1.00911
16	.14671	.14223	.00448	1.00090

CABO	TRECHO	P. INICIAL	P. FINAL
9	9	376.93	379.15
9	10	379.15	381.38
9	11	381.38	382.50
9	12	383.81	384.93
9	13	388.28	389.42
9	14	392.28	393.44
9	15	397.02	398.20
9	16	398.56	400.00

VALORES DE P APOS MEDIA ARITMETICA NO SALTO:

CABO	TRECHO	P. INICIAL	P. FINAL
9	1	400.00	398.38
9	2	398.38	395.23
9	3	395.23	390.85
9	4	390.85	386.60
9	5	386.60	383.15
9	6	383.15	381.38
9	7	381.38	379.15
9	8	379.15	376.93
9	9	376.93	379.15
9	10	379.15	381.38
9	11	381.38	383.15
9	12	383.15	386.60
9	13	386.60	390.85
9	14	390.85	395.23
9	15	395.23	398.38
9	16	398.38	400.00

VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO INICIO:

CABO	TRECHO	P. INICIAL	P. FINAL
9	1	339.82	341.44
9	2	341.44	344.59
9	3	344.59	348.97
9	4	348.97	353.21
9	5	353.21	356.66
9	6	356.66	358.44
9	7	358.44	360.67
9	8	360.67	362.88

VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO FIM:

CABO	TRECHO	P. INICIAL	P. FINAL
9	9	362.88	360.67
9	10	360.67	358.44
9	11	358.44	356.66

9	12	356.66	353.21
9	13	353.21	348.97
9	14	348.97	344.59
9	15	344.59	341.44
9	16	341.44	339.82

 * CABO 10 *

CABO	BARRA INIC.	BARRA FIN.	PROT(J)	PM	CA
10	1	16	2	400.00	.20

CABO	AREA CABO	MOD.ELAST.	ESCO.CUNHA	FMAX
10	4.62	20000.00	.70	520.00

BARRA	LB(I)	LC(I)	EX.INIC.	EX.FIN.
1	178.650	179.679	-87.500	-86.700
2	146.650	147.436	-86.700	-101.900
3	146.650	147.015	-101.900	-112.250
4	146.650	146.805	-112.250	-119.000
5	146.650	146.658	-119.000	-120.500
6	146.650	146.650	-120.500	-120.500
7	293.300	293.300	-120.500	-120.500
8	293.300	293.300	-120.500	-120.500
9	293.300	293.300	-120.500	-120.500
10	293.300	293.300	-120.500	-120.500
11	146.650	146.650	-120.500	-120.500
12	146.650	146.658	-120.500	-119.000
13	146.650	146.805	-119.000	-112.250
14	146.650	147.015	-112.250	-101.900
15	146.650	147.436	-101.900	-86.700
16	178.650	179.679	-86.700	-87.500

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
1	.996413
2	.997056
3	.997064
4	.997068
5	.997071
6	.997071
7	.994151
8	.994151

ATRITO CURVO:

DEFLEX	TET(K)	TET(K-1)	DELTET(K)	RAC(K)
2	-.10328	-.10708	.00378	.99924
3	-.07046	-.10328	.03282	.99346
4	-.04600	-.07046	.02446	.99512
5	-.01023	-.04600	.03577	.99287
6	.00000	-.01023	.01023	.99796

VI. 57

7	.00000	.00000	.00000	1.00000
8	.00000	.00000	.00000	1.00000

CABO	TRECHO	P. INICIAL	P. FINAL
10	1	400.00	398.57
10	2	398.26	397.09
10	3	394.49	393.33
10	4	391.42	390.27
10	5	387.49	386.35
10	6	385.56	384.43
10	7	384.43	382.18
10	8	382.18	379.95

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
9	1.005883
10	1.005883
11	1.002937
12	1.002937
13	1.002940
14	1.002945
15	1.002953
16	1.003600

ATRITO CURVO:

DEFLEX	TET(K)	TET(K-1)	DELTET(K)	RAC(K)
10	.00000	.00000	.00000	1.00000
11	.00000	.00000	.00000	1.00000
12	.01023	.00000	.01023	1.00205
13	.04600	.01023	.03577	1.00718
14	.07046	.04600	.02446	1.00490
15	.10328	.07046	.03282	1.00659
16	.10706	.10328	.00378	1.00076

CABO	TRECHO	P. INICIAL	P. FINAL
10	9	379.95	382.18
10	10	382.18	384.43
10	11	384.43	385.56
10	12	386.35	387.49
10	13	390.27	391.42
10	14	393.33	394.49
10	15	397.09	398.26
10	16	398.57	400.00

VALORES DE P APOS MEDIA ARITMETICA NO SALTO:

CABO	TRECHO	P. INICIAL	P. FINAL
10	1	400.00	398.41
10	2	398.41	395.79
10	3	395.79	392.38
10	4	392.38	388.88
10	5	388.88	385.96
10	6	385.96	384.43
10	7	384.43	382.18

VI.58

10	8	382.18	379.95
10	9	379.95	382.18
10	10	382.18	384.43
10	11	384.43	385.96
10	12	385.96	388.88
10	13	388.88	392.38
10	14	392.38	395.79
10	15	395.79	398.41
10	16	398.41	400.00

VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO INICIO:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
10	1	343.82	345.41
10	2	345.41	348.03
10	3	348.03	351.45
10	4	351.45	354.94
10	5	354.94	357.86
10	6	357.86	359.39
10	7	359.39	361.64
10	8	361.64	363.87

VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO FIM:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
10	9	363.87	361.64
10	10	361.64	359.39
10	11	359.39	357.86
10	12	357.86	354.94
10	13	354.94	351.45
10	14	351.45	348.03
10	15	348.03	345.41
10	16	345.41	343.82

 * CABO 11 *

CABO	BARRA INIC.	BARRA FIN.	PROT(J)	PM	CA
11	1	16	2	400.00	.20

CABO	AREA CABO	MOD.ELAST.	ESCO.CUNHA	PMAX
11	4.62	20000.00	.70	520.00

BARRA	LB(I)	LC(I)	EX.INIC.	EX.FIN.
1	178.650	179.217	-87.500	-101.750
2	146.650	147.029	-101.750	-112.300
3	146.650	146.773	-112.300	-118.300
4	146.650	146.666	-118.300	-120.500
5	146.650	146.650	-120.500	-120.500
6	146.650	146.650	-120.500	-120.500
7	293.300	293.300	-120.500	-120.500
8	293.300	293.300	-120.500	-120.500
9	293.300	293.300	-120.500	-120.500

10	293.300	293.300	-120.500	-120.500
11	146.650	146.650	-120.500	-120.500
12	146.650	146.650	-120.500	-120.500
13	146.650	146.667	-120.500	-118.300
14	146.650	146.773	-118.300	-112.300
15	146.650	147.029	-112.300	-101.750
16	178.650	179.217	-101.750	-87.500

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
1	.996422
2	.997064
3	.997069
4	.997071
5	.997071
6	.997071
7	.994151
8	.994151

ATRITO CURVO:

DEFLEX	TET(K)	TET(K-1)	DELTET(K)	RAC(K)
2	-.07182	-.07960	.00778	.99845
3	-.04089	-.07182	.03093	.99383
4	-.01500	-.04089	.02589	.99484
5	.00000	-.01500	.01500	.99700
6	.00000	.00000	.00000	1.00000
7	.00000	.00000	.00000	1.00000
8	.00000	.00000	.00000	1.00000

CABO	TRECHO	P. INICIAL	P. FINAL
11	1	400.00	398.57
11	2	397.95	396.78
11	3	394.33	393.18
11	4	391.15	390.00
11	5	388.83	387.69
11	6	387.69	386.56
11	7	386.56	384.30
11	8	384.30	382.05

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
9	1.005883
10	1.005883
11	1.002937
12	1.002937
13	1.002938
14	1.002940
15	1.002945
16	1.003591

ATRITO CURVO:

DEFLEX	TET(K)	TET(K-1)	DELTET(K)	RAC(K)
10	.00000	.00000	.00000	1.00000

VI.60

11	.00000	.00000	.00000	1.00000
12	.00000	.00000	.00000	1.00000
13	.01500	.00000	.01500	1.00300
14	.04089	.01500	.02589	1.00519
15	.07182	.04089	.03093	1.00620
16	.07960	.07182	.00778	1.00156

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
11	9	382.05	384.30
11	10	384.30	386.56
11	11	386.56	387.69
11	12	387.69	388.83
11	13	390.00	391.15
11	14	393.18	394.33
11	15	396.78	397.95
11	16	398.57	400.00

VALORES DE P APOS MEDIA ARITMETICA NO SALTO:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
11	1	400.00	398.26
11	2	398.26	395.56
11	3	395.56	392.16
11	4	392.16	389.42
11	5	389.42	387.69
11	6	387.69	386.56
11	7	386.56	384.30
11	8	384.30	382.05
11	9	382.05	384.30
11	10	384.30	386.56
11	11	386.56	387.69
11	12	387.69	389.42
11	13	389.42	392.16
11	14	392.16	395.56
11	15	395.56	398.26
11	16	398.26	400.00

VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO INICIO:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
11	1	345.97	347.71
11	2	347.71	350.41
11	3	350.41	353.80
11	4	353.80	356.55
11	5	356.55	358.27
11	6	358.27	359.41
11	7	359.41	361.67
11	8	361.67	363.92

VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO FIM:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
11	9	363.92	361.67
11	10	361.67	359.41
11	11	359.41	358.27
11	12	358.27	356.55

VI.61

11	13	356.55	353.80
11	14	353.80	350.41
11	15	350.41	347.71
11	16	347.71	345.97

 * CABO 12 *

CABO	BARRA INIC.	BARRA FIN.	PROT.(J)	PA	CA
12	1	16	2	400.00	.20

CABO	AREA CABO	MOD.ELAST.	ESCO.CUNHA	PMAX
12	4.62	20000.00	.70	520.00

BARRA	LB(I)	LC(I)	EX.INIC.	EX.FIN.
1	178.650	178.756	-107.500	-113.650
2	146.650	146.693	-113.650	-117.200
3	146.650	146.670	-117.200	-119.650
4	146.650	146.652	-119.650	-120.500
5	146.650	146.650	-120.500	-120.500
6	146.650	146.650	-120.500	-120.500
7	293.300	293.300	-120.500	-120.500
8	293.300	293.300	-120.500	-120.500
9	293.300	293.300	-120.500	-120.500
10	293.300	293.300	-120.500	-120.500
11	146.650	146.650	-120.500	-120.500
12	146.650	146.650	-120.500	-120.500
13	146.650	146.653	-120.500	-119.650
14	146.650	146.670	-119.650	-117.200
15	146.650	146.693	-117.200	-113.650
16	178.650	178.756	-113.650	-107.500

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
1	.996431
2	.997070
3	.997071
4	.997071
5	.997071
6	.997071
7	.994151
8	.994151

ATRITO CURVO:

DEFLEX	TET(K)	TET(K-1)	DELTET(K)	RAC(K)
2	-.02420	-.03441	.01021	.99796
3	-.01670	-.02420	.00750	.99850
4	-.00580	-.01670	.01091	.99782
5	.00000	-.00580	.00580	.99884
6	.00000	.00000	.00000	1.00000
7	.00000	.00000	.00000	1.00000

VI.62

8 .00000 .00000 .00000 1.00000

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
12	1	400.00	398.57
12	2	397.76	396.59
12	3	396.00	394.84
12	4	393.98	392.83
12	5	392.37	391.22
12	6	391.22	390.08
12	7	390.08	387.79
12	8	387.79	385.53

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
9	1.005883
10	1.005883
11	1.002937
12	1.002937
13	1.002937
14	1.002938
15	1.002938
16	1.003582

ATRITO CURVO:

DEFLEX	TET(K)	TET(K-1)	DELTET(K)	RAC(K)
10	.00000	.00000	.00000	1.00000
11	.00000	.00000	.00000	1.00000
12	.00000	.00000	.00000	1.00000
13	.00580	.00000	.00580	1.00116
14	.01670	.00580	.01091	1.00218
15	.02420	.01670	.00750	1.00150
16	.03441	.02420	.01021	1.00204

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
12	9	385.53	387.79
12	10	387.79	390.08
12	11	390.08	391.22
12	12	391.22	392.37
12	13	392.83	393.98
12	14	394.84	396.00
12	15	396.59	397.76
12	16	398.57	400.00

VALORES DE P APOS MEDIA ARITMETICA NO SALTO:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
12	1	400.00	398.17
12	2	398.17	396.30
12	3	396.30	394.41
12	4	394.41	392.60
12	5	392.60	391.22
12	6	391.22	390.08
12	7	390.08	387.79
12	8	387.79	385.53

12	9	385.53	387.79
12	10	387.79	390.08
12	11	390.08	391.22
12	12	391.22	392.60
12	13	392.60	394.41
12	14	394.41	396.30
12	15	396.30	398.17
12	16	398.17	400.00

VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO INICIO:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
12	1	350.89	352.73
12	2	352.73	354.60
12	3	354.60	356.48
12	4	356.48	358.30
12	5	358.30	359.67
12	6	359.67	360.82
12	7	360.82	363.10
12	8	363.10	365.37

VALORES DE P APOS CRAVACAO DAS CUNHAS NO FIM:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
12	9	365.37	363.10
12	10	363.10	360.82
12	11	360.82	359.67
12	12	359.67	358.30
12	13	358.30	356.48
12	14	356.48	354.60
12	15	354.60	352.73
12	16	352.73	350.89

ACOES NODAIS APLICADAS PELO CABOS:

CABO 1	CABO 2	CABO 3	CABO 4	CABO 5	CABO 6
.00	.00	.00	.00	.00	319.48
.00	.00	.00	.00	.00	-83.16
.00	.00	.00	.00	.00	-3993.46
.00	.00	.00	.00	282.29	3.13
.00	.00	.00	.00	-126.85	1.76
.00	.00	.00	.00	-12279.51	.00
.00	.00	.00	282.36	19.18	9.09
.00	.00	.00	-123.32	29.10	14.67
.00	.00	.00	-12282.46	.00	.00
.00	.00	279.71	18.43	17.52	13.36
.00	.00	-124.17	26.61	28.25	40.37
.00	.00	-12167.53	.00	.00	.00
.00	278.32	20.56	20.71	15.48	6.64
.00	-121.56	32.03	39.93	40.76	15.80
.00	-12106.99	.00	.00	.00	.00
273.73	19.29	18.78	13.46	7.65	3.26
-121.51	25.87	31.22	36.45	25.00	10.55
-11907.30	.00	.00	.00	.00	.00

29.19	25.98	15.89	6.58	3.38	2.20
46.12	57.29	51.90	20.33	3.73	.00
.00	.00	.00	.00	.00	.00
22.89	12.47	6.24	3.23	2.31	2.18
66.62	38.39	9.02	.00	.00	.00
.00	.00	.00	.00	.00	.00
.00	.00	.00	.00	.00	.00
17.55	.00	.00	.00	.00	.00
.00	.00	.00	.00	.00	.00
-22.89	-12.47	-6.24	-3.23	-2.31	-2.18
66.62	38.39	9.02	.00	.00	.00
.00	.00	.00	.00	.00	.00
-29.20	-25.98	-15.89	-6.58	-3.38	-2.20
46.12	57.29	51.90	20.33	3.73	.00
.00	.00	.00	.00	.00	.00
-273.73	-19.29	-18.78	-13.46	-7.65	-3.26
-121.51	25.87	31.22	36.45	25.00	10.55
11907.30	.00	.00	.00	.00	.00
.00	-278.32	-20.56	-20.71	-15.48	-6.64
.00	-121.56	32.03	39.93	40.76	15.80
.00	12106.99	.00	.00	.00	.00
.00	.00	-279.71	-18.43	-17.52	-13.36
.00	.00	-124.17	26.61	28.25	40.37
.00	.00	12167.54	.00	.00	.00
.00	.00	.00	-282.36	-19.18	-9.09
.00	.00	.00	-123.32	29.10	14.67
.00	.00	.00	12282.46	.00	.00
.00	.00	.00	.00	-282.29	-3.13
.00	.00	.00	.00	-126.85	1.76
.00	.00	.00	.00	12279.52	.00
.00	.00	.00	.00	.00	-319.48
.00	.00	.00	.00	.00	-83.16
.00	.00	.00	.00	.00	3993.46

CABO 7	CABO 8	CABO 9	CABO 10	CABO 11	CABO 12
326.01	332.27	336.97	342.64	345.74	351.60
-71.63	-59.61	-49.80	-36.82	-27.58	-12.10
2445.10	9137.41	16005.90	23128.21	30252.15	37797.30
3.28	2.91	2.58	2.23	2.42	1.96
1.46	1.44	1.17	1.08	2.53	3.55
.00	.00	.00	.00	.00	.00
8.86	6.92	5.60	4.00	3.65	1.93
21.40	17.81	15.08	11.12	10.65	2.62
.00	.00	.00	.00	.00	.00
7.86	6.38	5.30	3.95	3.32	1.89
17.51	14.69	12.39	8.38	9.07	3.87
.00	.00	.00	.00	.00	.00
6.41	5.29	4.43	3.56	2.27	1.60
22.37	18.43	15.10	12.59	5.33	2.07
.00	.00	.00	.00	.00	.00
3.42	2.99	2.66	2.24	1.43	1.26
8.89	7.24	6.05	3.65	.00	.00

.00	.00	.00	.00	.00	.00
2.13	2.05	2.00	1.89	1.70	1.71
.00	.00	.00	.00	.00	.00
.00	.00	.00	.00	.00	.00
2.19	2.21	2.22	2.24	2.25	2.27
.00	.00	.00	.00	.00	.00
.00	.00	.00	.00	.00	.00
.00	.00	.00	.00	.00	.00
.00	.00	.00	.00	.00	.00
.00	.00	.00	.00	.00	.00
.00	.00	.00	.00	.00	.00
-2.19	-2.21	-2.22	-2.24	-2.25	-2.27
.00	.00	.00	.00	.00	.00
.00	.00	.00	.00	.00	.00
-2.13	-2.05	-2.00	-1.89	-1.70	-1.71
.00	.00	.00	.00	.00	.00
.00	.00	.00	.00	.00	.00
-3.42	-2.99	-2.66	-2.24	-1.43	-1.26
8.89	7.24	6.05	3.65	.00	.00
.00	.00	.00	.00	.00	.00
-6.41	-5.29	-4.43	-3.56	-2.27	-1.60
22.37	18.43	15.10	12.59	5.33	2.07
.00	.00	.00	.00	.00	.00
-7.86	-6.38	-5.30	-3.95	-3.32	-1.89
17.51	14.69	12.39	8.38	9.07	3.87
.00	.00	.00	.00	.00	.00
-8.86	-6.92	-5.60	-4.00	-3.65	-1.93
21.40	17.81	15.08	11.12	10.65	2.62
.00	.00	.00	.00	.00	.00
-3.28	-2.91	-2.58	-2.23	-2.42	-1.96
1.46	1.44	1.17	1.08	2.53	3.55
.00	.00	.00	.00	.00	.00
-328.01	-332.27	-336.97	-342.64	-345.74	-351.60
-71.63	-59.61	-49.80	-36.82	-27.58	-12.10
-2445.10	-9137.41	-16005.91	-23128.21	-30252.14	-37797.30

ESFORÇOS SECCIONAIS DA PROTENSAO NO CABO : 1

SECAO	MMN.DE PROT.	NOR. DE PROT.	CORT.DE PROT.
1	.0	.0	.0
2	.5	.0	.0
3	1.3	.0	.0
4	.0	.0	.0
5	2.2	.0	.0
6	.0	.0	.0
7	.8	.0	.0
8	2.0	.0	.0
9	.3	.0	.0
10	3.3	.0	.0
11	11908.0	-273.7	-121.5
12	-5911.3	-273.7	-121.5
13	-5911.1	-302.9	-75.4
14	-28024.7	-302.9	-75.4

VI.66

15	-28024.1	-325.8	-8.8
16	-30599.7	-325.8	-8.8
17	-30599.2	-325.8	8.8
18	-28024.9	-325.8	8.8
19	-28025.4	-302.9	75.4
20	-5911.8	-302.9	75.4
21	-5912.1	-273.7	121.5
22	11907.5	-273.7	121.5
23	-1.8	.0	.0
24	2.3	.0	.0
25	.7	.0	.0
26	-.2	.0	.0
27	.2	.0	.0
28	.7	.0	.0
29	.3	.0	.0
30	.2	.0	.0
31	.0	.0	.0
32	.3	.0	.0

TENSOES NAS BORDAS SUPERIOR E INFERIOR - CABO: 1

SECAO	TGBS	TGBI	TMABS	TMABI	TMIBS	TMIBI
1	.00	.00	.00	.00	.00	.00
2	-.93	2.07	-1.36	3.02	-.93	2.07
3	-.93	2.07	-1.36	3.02	-.93	2.07
4	-1.70	3.77	-2.56	5.67	-1.70	3.77
5	-1.70	3.77	-2.56	5.68	-1.70	3.77
6	-2.36	5.23	-3.55	7.87	-2.36	5.23
7	-2.36	5.23	-3.55	7.87	-2.36	5.23
8	-3.02	6.69	-4.54	10.07	-3.02	6.69
9	-3.02	6.69	-4.54	10.07	-3.02	6.69
10	-3.49	7.75	-5.25	11.64	-3.49	7.75
11	-3.93	7.83	-5.68	11.73	-3.93	7.83
12	-4.16	8.34	-6.15	12.76	-4.16	8.34
13	-4.18	8.31	-6.18	12.73	-4.18	8.31
14	-4.45	8.90	-6.72	13.94	-4.45	8.90
15	-4.48	8.88	-6.74	13.91	-4.48	8.88
16	-4.63	9.22	-7.01	14.49	-4.63	9.22
17	-4.63	9.22	-7.01	14.49	-4.63	9.22
18	-4.48	8.88	-6.74	13.91	-4.48	8.88
19	-4.45	8.90	-6.72	13.94	-4.45	8.90
20	-4.18	8.31	-6.18	12.73	-4.18	8.31
21	-4.16	8.34	-6.15	12.76	-4.16	8.34
22	-3.93	7.83	-5.68	11.73	-3.93	7.83
23	-3.49	7.75	-5.25	11.64	-3.49	7.75
24	-3.02	6.69	-4.54	10.07	-3.02	6.69
25	-3.02	6.69	-4.54	10.07	-3.02	6.69
26	-2.36	5.23	-3.55	7.87	-2.36	5.23
27	-2.36	5.23	-3.55	7.87	-2.36	5.23
28	-1.70	3.77	-2.56	5.68	-1.70	3.77
29	-1.70	3.77	-2.56	5.67	-1.70	3.77
30	-.93	2.07	-1.36	3.02	-.93	2.07
31	-.93	2.07	-1.36	3.02	-.93	2.07

VI.67

SECAO	MOM.DE PROT.	NOR. DE PROT.	CORT.DE PROT.
1	.4	.0	.0
2	.5	.0	.0
3	-1.1	.0	.0
4	1.4	.0	.0
5	1.7	.0	.0
6	.4	.0	.0
7	.4	.0	.0
8	3.5	.0	.0
9	12109.7	-278.3	-121.6
10	-5717.4	-278.3	-121.6
11	-5717.2	-297.6	-95.7
12	-19750.6	-297.6	-95.7
13	-19749.6	-323.6	-38.4
14	-31011.0	-323.6	-38.4
15	-31010.8	-336.1	.0
16	-31010.8	-336.1	.0
17	-31011.0	-336.1	.0
18	-31011.0	-336.1	.0
19	-31011.1	-323.6	38.4
20	-19750.7	-323.6	38.4
21	-19750.7	-297.6	95.7
22	-5718.1	-297.6	95.7
23	-5719.7	-278.3	121.6
24	12107.5	-278.3	121.6
25	-.6	.0	.0
26	1.4	.0	.0
27	.9	.0	.0
28	.6	.0	.0
29	.0	.0	.0
30	.7	.0	.0
31	.3	.0	.0
32	-1.1	.0	.0

TENSOES NAS BORDAS SUPERIOR E INFERIOR - CABO: 2

SECAO	TGBS	TGBI	TMABS	TMABI	TMIBS	TMIBI
1	.00	.00	.00	.00	.00	.00
2	-.93	2.07	-1.36	3.02	-.93	2.07
3	-.93	2.07	-1.36	3.02	-.93	2.07
4	-1.70	3.77	-2.56	5.68	-1.70	3.77
5	-1.70	3.77	-2.56	5.68	-1.70	3.77
6	-2.36	5.23	-3.55	7.87	-2.36	5.23
7	-2.36	5.23	-3.55	7.87	-2.36	5.23
8	-3.02	6.69	-4.54	10.07	-3.02	6.69
9	-3.46	6.78	-4.98	10.16	-3.46	6.78
10	-3.69	7.30	-5.45	11.20	-3.69	7.30
11	-3.71	7.28	-5.47	11.18	-3.71	7.28
12	-3.99	7.90	-5.99	12.32	-3.99	7.90

13	-4.02	7.88	-6.01	12.29	-4.02	7.88
14	-4.43	8.80	-6.70	13.83	-4.43	8.80
15	-4.45	8.78	-6.71	13.81	-4.45	8.78
16	-4.63	9.20	-7.01	14.47	-4.63	9.20
17	-4.63	9.20	-7.01	14.47	-4.63	9.20
18	-4.45	8.78	-6.71	13.81	-4.45	8.78
19	-4.43	8.80	-6.70	13.83	-4.43	8.80
20	-4.02	7.88	-6.01	12.29	-4.02	7.88
21	-3.99	7.90	-5.99	12.32	-3.99	7.90
22	-3.71	7.28	-5.47	11.18	-3.71	7.28
23	-3.69	7.30	-5.45	11.20	-3.69	7.30
24	-3.46	6.78	-4.98	10.16	-3.46	6.78
25	-3.02	6.69	-4.54	10.07	-3.02	6.69
26	-2.36	5.23	-3.55	7.87	-2.36	5.23
27	-2.36	5.23	-3.55	7.87	-2.36	5.23
28	-1.70	3.77	-2.56	5.68	-1.70	3.77
29	-1.70	3.77	-2.56	5.67	-1.70	3.77
30	-.93	2.07	-1.36	3.02	-.93	2.07
31	-.93	2.07	-1.36	3.02	-.93	2.07
32	.00	.00	.00	.00	.00	.00

ESFORÇOS SECCIONAIS DA PROTENSÃO NO CABO : 3
SECCAO MOM.DE PROT. NOR. DE PROT.

CORT.DE PROT.

1	.2	.0	.0
2	.5	.0	.0
3	.8	.0	.0
4	1.5	.0	.0
5	2.3	.0	.0
6	.9	.0	.0
7	12168.1	-279.7	-124.1
8	-6037.5	-279.7	-124.1
9	-6039.6	-300.3	-92.1
10	-19551.1	-300.3	-92.1
11	-19550.8	-319.1	-60.9
12	-28486.2	-319.1	-60.9
13	-28484.8	-334.9	-9.0
14	-31132.3	-334.9	-9.0
15	-31131.9	-341.2	.0
16	-31131.6	-341.2	.0
17	-31132.4	-341.2	.0
18	-31131.9	-341.2	.0
19	-31132.1	-334.9	9.0
20	-28486.9	-334.9	9.0
21	-28486.7	-319.1	60.9
22	-19553.4	-319.1	60.9
23	-19554.9	-300.3	92.2
24	-6040.6	-300.3	92.2
25	-6040.9	-279.7	124.2
26	12167.9	-279.7	124.2
27	1.8	.0	.0
28	-.2	.0	.0
29	.5	.0	.0

VI.69

30	.4	.0	.0
31	.4	.0	.0
32	.0	.0	.0

TENSOES NAS BORDAS SUPERIOR E INFERIOR - CABO: 3

SECAO	TGBS	TGBI	TMABS	TMABI	TMIBS	TMIBI
1	.00	.00	.00	.00	.00	.00
2	-.93	2.07	-1.36	3.02	-.93	2.07
3	-.93	2.07	-1.36	3.02	-.93	2.07
4	-1.70	3.77	-2.56	5.68	-1.70	3.77
5	-1.70	3.77	-2.56	5.68	-1.70	3.77
6	-2.36	5.23	-3.55	7.87	-2.36	5.23
7	-2.80	5.31	-3.99	7.96	-2.80	5.31
8	-3.22	6.24	-4.74	9.61	-3.22	6.24
9	-3.24	6.22	-4.76	9.59	-3.24	6.22
10	-3.53	6.86	-5.29	10.76	-3.53	6.86
11	-3.55	6.85	-5.31	10.74	-3.55	6.85
12	-3.90	7.62	-5.89	12.04	-3.90	7.62
13	-3.91	7.60	-5.91	12.02	-3.91	7.60
14	-4.44	8.78	-6.71	13.81	-4.44	8.78
15	-4.45	8.77	-6.72	13.80	-4.45	8.77
16	-4.64	9.19	-7.01	14.46	-4.64	9.19
17	-4.64	9.19	-7.01	14.46	-4.64	9.19
18	-4.45	8.77	-6.72	13.80	-4.45	8.77
19	-4.44	8.78	-6.71	13.81	-4.44	8.78
20	-3.91	7.60	-5.91	12.02	-3.91	7.60
21	-3.90	7.62	-5.89	12.04	-3.90	7.62
22	-3.55	6.85	-5.31	10.74	-3.55	6.85
23	-3.53	6.86	-5.29	10.76	-3.53	6.86
24	-3.24	6.22	-4.76	9.59	-3.24	6.22
25	-3.22	6.24	-4.74	9.61	-3.22	6.24
26	-2.80	5.31	-3.99	7.96	-2.80	5.31
27	-2.36	5.23	-3.55	7.87	-2.36	5.23
28	-1.70	3.77	-2.56	5.67	-1.70	3.77
29	-1.70	3.77	-2.56	5.67	-1.70	3.77
30	-.93	2.07	-1.36	3.02	-.93	2.07
31	-.93	2.07	-1.36	3.02	-.93	2.07
32	.00	.00	.00	.00	.00	.00

ESFORCOS SECCIONAIS DA PROTENSÃO NO CABO : 4

SECAO	MMN.DE PROT.	NOR. DE PROT.	CORT.DE PROT.
1	.1	.0	.0
2	.7	.0	.0
3	.5	.0	.0
4	2.0	.0	.0
5	12285.2	-282.4	-123.3
6	-5800.9	-282.4	-123.3
7	-5800.9	-300.8	-96.7
8	-19980.1	-300.8	-96.7
9	-19982.9	-321.5	-56.8
10	-28306.9	-321.5	-56.8

VI.70

11	-28306.8	-335.0	-20.3
12	-31289.2	-335.0	-20.3
13	-31288.9	-341.5	.0
14	-31289.7	-341.5	.0
15	-31289.5	-344.8	.0
16	-31289.6	-344.8	.0
17	-31289.7	-344.8	.0
18	-31289.9	-344.8	.0
19	-31289.9	-341.5	.0
20	-31290.9	-341.5	.0
21	-31291.2	-335.0	20.3
22	-28309.7	-335.0	20.3
23	-28310.4	-321.5	56.8
24	-19983.6	-321.5	56.8
25	-19983.3	-300.8	96.7
26	-5801.7	-300.8	96.7
27	-5800.9	-282.4	123.3
28	12282.8	-282.4	123.3
29	.4	.0	.0
30	.4	.0	.0
31	.4	.0	.0
32	.1	.0	.0

TENSOES NAS BORDAS SUPERIOR E INFERIOR - CABO: 4

SECAO	TGBS	TGBI	TMABS	TMABI	TMIBS	TMIBI
1	.00	.00	.00	.00	.00	.00
2	-.93	2.07	-1.36	3.02	-.93	2.07
3	-.93	2.07	-1.36	3.02	-.93	2.07
4	-1.70	3.77	-2.56	5.68	-1.70	3.77
5	-2.14	3.85	-3.01	5.76	-2.14	3.85
6	-2.56	4.78	-3.75	7.42	-2.56	4.78
7	-2.58	4.76	-3.77	7.40	-2.58	4.76
8	-3.05	5.80	-4.57	9.18	-3.05	5.80
9	-3.07	5.78	-4.59	9.16	-3.07	5.78
10	-3.43	6.58	-5.19	10.48	-3.43	6.58
11	-3.45	6.57	-5.20	10.47	-3.45	6.57
12	-3.88	7.52	-5.87	11.94	-3.88	7.52
13	-3.88	7.51	-5.87	11.93	-3.88	7.51
14	-4.45	8.77	-6.72	13.80	-4.45	8.77
15	-4.45	8.77	-6.72	13.80	-4.45	8.77
16	-4.64	9.18	-7.02	14.45	-4.64	9.18
17	-4.64	9.18	-7.02	14.45	-4.64	9.18
18	-4.45	8.77	-6.72	13.80	-4.45	8.77
19	-4.45	8.77	-6.72	13.80	-4.45	8.77
20	-3.88	7.51	-5.87	11.93	-3.88	7.51
21	-3.88	7.52	-5.87	11.94	-3.88	7.52
22	-3.45	6.57	-5.20	10.47	-3.45	6.57
23	-3.43	6.58	-5.19	10.48	-3.43	6.58
24	-3.07	5.78	-4.59	9.16	-3.07	5.78
25	-3.05	5.80	-4.57	9.18	-3.05	5.80
26	-2.58	4.76	-3.77	7.40	-2.58	4.76
27	-2.56	4.78	-3.75	7.42	-2.56	4.78

VI.71

28	-2.14	3.85	-3.01	5.76	-2.14	3.85
29	-1.70	3.77	-2.56	5.67	-1.70	3.77
30	-.93	2.07	-1.36	3.02	-.93	2.07
31	-.73	2.07	-1.36	3.02	-.93	2.07
32	.00	.00	.00	.00	.00	.00

ESFORÇOS SECCIONAIS DA PROTENSAO NO CABO : 5

SECAO	MOM. DE PROT.	NOR. DE PROT.	CORT. DE PROT.
1	.1	.0	.0
2	.9	.0	.0
3	12280.6	-282.3	-126.8
4	-6321.4	-282.3	-126.8
5	-6321.1	-301.5	-97.7
6	-20655.4	-301.5	-97.7
7	-20654.7	-319.0	-69.5
8	-30846.1	-319.0	-69.5
9	-30848.2	-334.5	-28.7
10	-35058.1	-334.5	-28.7
11	-35058.6	-342.1	-3.8
12	-35608.6	-342.1	-3.8
13	-35607.5	-345.5	.0
14	-35608.2	-345.5	.0
15	-35607.8	-347.8	.0
16	-35608.4	-347.8	.0
17	-35608.6	-347.8	.0
18	-35608.4	-347.8	.0
19	-35608.5	-345.5	.0
20	-35610.0	-345.5	.0
21	-35610.3	-342.1	3.7
22	-35062.4	-342.1	3.7
23	-35062.9	-334.5	28.7
24	-30849.2	-334.5	28.7
25	-30848.2	-319.0	69.5
26	-20657.4	-319.0	69.5
27	-20657.0	-301.5	97.7
28	-6322.1	-301.5	97.7
29	-6322.5	-282.3	126.9
30	12280.2	-282.3	126.9
31	.6	.0	.0
32	.0	.0	.0

TENSOES NAS BORDAS SUPERIOR E INFERIOR - CABO: 5

SECAO	TGBS	TGBI	TMABS	TMABI	TMIBS	TMIBI
1	.00	.00	.00	.00	.00	.00
2	-.93	2.07	-1.36	3.02	-.93	2.07
3	-1.38	2.15	-1.81	3.11	-1.38	2.15
4	-1.89	3.30	-2.76	5.21	-1.89	3.30
5	-1.91	3.28	-2.77	5.19	-1.91	3.28
6	-2.38	4.31	-3.57	6.96	-2.38	4.31
7	-2.40	4.30	-3.59	6.94	-2.40	4.30
8	-2.92	5.46	-4.44	8.83	-2.92	5.46

VI.72

9	-2.94	5.44	-4.46	8.82	-2.94	5.44
10	-3.35	6.37	-5.11	10.27	-3.35	6.37
11	-3.36	6.36	-5.12	10.26	-3.36	6.36
12	-3.82	7.38	-5.82	11.80	-3.82	7.38
13	-3.83	7.38	-5.82	11.80	-3.83	7.38
14	-4.39	8.64	-6.66	13.67	-4.39	8.64
15	-4.40	8.63	-6.66	13.66	-4.40	8.63
16	-4.58	9.05	-6.96	14.32	-4.58	9.05
17	-4.58	9.05	-6.96	14.32	-4.58	9.05
18	-4.40	8.63	-6.66	13.66	-4.40	8.63
19	-4.39	8.64	-6.66	13.67	-4.39	8.64
20	-3.83	7.38	-5.82	11.80	-3.83	7.38
21	-3.82	7.38	-5.82	11.80	-3.82	7.38
22	-3.36	6.36	-5.12	10.26	-3.36	6.36
23	-3.35	6.37	-5.11	10.27	-3.35	6.37
24	-2.94	5.44	-4.46	8.82	-2.94	5.44
25	-2.92	5.46	-4.44	8.83	-2.92	5.46
26	-2.40	4.30	-3.59	6.94	-2.40	4.30
27	-2.38	4.31	-3.57	6.96	-2.38	4.31
28	-1.91	3.28	-2.77	5.19	-1.91	3.28
29	-1.89	3.30	-2.76	5.21	-1.89	3.30
30	-1.38	2.15	-1.81	3.11	-1.38	2.15
31	-.93	2.07	-1.36	3.02	-.93	2.07
32	.00	.00	.00	.00	.00	.00

ESFORÇOS SECCIONAIS DA PROTENSAO NO CABO : 6

SECAO	MOM.DE PROT.	NOR. DE PROT.	CORT.DE PROT.
1	3993.5	-319.5	-83.2
2	-10861.1	-319.5	-83.2
3	-10861.0	-322.6	-81.4
4	-22796.7	-322.6	-81.4
5	-22795.7	-331.7	-66.7
6	-32581.3	-331.7	-66.7
7	-32580.6	-345.1	-26.3
8	-36443.7	-345.1	-26.3
9	-36445.7	-351.7	-10.5
10	-37990.2	-351.7	-10.5
11	-37990.8	-355.0	.0
12	-37992.2	-355.0	.0
13	-37991.7	-357.2	.0
14	-37992.3	-357.2	.0
15	-37991.8	-359.3	.0
16	-37993.0	-359.3	.0
17	-37992.8	-359.3	.0
18	-37992.8	-359.3	.0
19	-37992.9	-357.2	.0
20	-37994.2	-357.2	.0
21	-37994.5	-355.0	.0
22	-37994.1	-355.0	.0
23	-37994.7	-351.7	10.5
24	-36447.9	-351.7	10.5
25	-36447.1	-345.1	26.4

26	-32582.9	-345.1	26.4
27	-32582.7	-331.7	66.7
28	-22797.5	-331.7	66.7
29	-22797.8	-322.6	81.4
30	-10861.6	-322.6	81.4
31	-10861.5	-319.5	83.2
32	3993.5	-319.5	83.2

TENSOES NAS BORDAS SUPERIOR E INFERIOR - CABO: 6

SECAO	TGBS	TGBI	TMABS	TMABI	TMIBS	TMIBI
1	-.37	-.20	-.37	-.20	-.37	-.20
2	-1.10	1.43	-1.54	2.38	-1.10	1.43
3	-1.11	1.42	-1.54	2.38	-1.11	1.42
4	-1.71	2.76	-2.57	4.67	-1.71	2.76
5	-1.72	2.76	-2.58	4.67	-1.72	2.76
6	-2.25	3.93	-3.44	6.57	-2.25	3.93
7	-2.26	3.92	-3.46	6.56	-2.26	3.92
8	-2.87	5.26	-4.40	8.64	-2.87	5.26
9	-2.88	5.26	-4.40	8.64	-2.88	5.26
10	-3.33	6.26	-5.09	10.16	-3.33	6.26
11	-3.34	6.26	-5.09	10.16	-3.34	6.26
12	-3.80	7.30	-5.80	11.72	-3.80	7.30
13	-3.81	7.30	-5.80	11.72	-3.81	7.30
14	-4.37	8.55	-6.64	13.58	-4.37	8.55
15	-4.38	8.55	-6.64	13.58	-4.38	8.55
16	-4.56	8.97	-6.94	14.24	-4.56	8.97
17	-4.56	8.97	-6.94	14.24	-4.56	8.97
18	-4.38	8.55	-6.64	13.58	-4.38	8.55
19	-4.37	8.55	-6.64	13.58	-4.37	8.55
20	-3.81	7.30	-5.80	11.72	-3.81	7.30
21	-3.80	7.30	-5.80	11.72	-3.80	7.30
22	-3.34	6.26	-5.09	10.16	-3.34	6.26
23	-3.33	6.26	-5.09	10.16	-3.33	6.26
24	-2.88	5.26	-4.40	8.64	-2.88	5.26
25	-2.87	5.26	-4.40	8.64	-2.87	5.26
26	-2.26	3.92	-3.46	6.56	-2.26	3.92
27	-2.25	3.93	-3.44	6.57	-2.25	3.93
28	-1.72	2.76	-2.58	4.67	-1.72	2.76
29	-1.71	2.76	-2.57	4.67	-1.71	2.76
30	-1.11	1.42	-1.54	2.38	-1.11	1.42
31	-1.10	1.43	-1.54	2.38	-1.10	1.43
32	-.37	-.20	-.37	-.20	-.37	-.20

ESFORÇOS SECCIONAIS DA PROTENSAO NO CABO : 7

SECAO	MOM. DE PROT.	NOR. DE PROT.	CORT. DE PROT.
1	-2445.0	-326.0	-71.6
2	-15239.9	-326.0	-71.6
3	-15239.8	-329.3	-70.2
4	-25529.3	-329.3	-70.2
5	-25528.2	-338.1	-48.8
6	-32680.8	-338.1	-48.8

VI.74

7	-32680.1	-346.0	-31.2
8	-37262.7	-346.0	-31.2
9	-37265.0	-352.4	-8.9
10	-38565.8	-352.4	-8.9
11	-38566.5	-355.8	.0
12	-38568.1	-355.8	.0
13	-38567.3	-358.0	.0
14	-38568.0	-358.0	.0
15	-38567.5	-360.2	.0
16	-38568.6	-360.2	.0
17	-38568.5	-360.2	.0
18	-38568.4	-360.2	.0
19	-38568.6	-358.0	.0
20	-38569.9	-358.0	.0
21	-38570.2	-355.8	.0
22	-38570.0	-355.8	.0
23	-38570.6	-352.4	8.9
24	-37267.1	-352.4	8.9
25	-37266.3	-346.0	31.3
26	-32682.3	-346.0	31.3
27	-32681.9	-338.1	48.8
28	-25530.3	-338.1	48.8
29	-25530.4	-329.3	70.2
30	-15240.6	-329.3	70.2
31	-15240.4	-326.0	71.6
32	-2445.1	-326.0	71.6

TENSOES NAS BORDAS SUPERIOR E INFERIOR - CABO: 7

SECAO	TGBS	TGBI	TMABS	TMABI	TMIBS	TMIBI
1	-0.29	-0.40	-0.29	-0.40	-0.29	-0.40
2	-1.05	1.29	-1.48	2.24	-1.05	1.29
3	-1.06	1.29	-1.49	2.24	-1.06	1.29
4	-1.68	2.68	-2.54	4.59	-1.68	2.68
5	-1.69	2.67	-2.55	4.58	-1.69	2.67
6	-2.26	3.92	-3.45	6.56	-2.26	3.92
7	-2.26	3.91	-3.46	6.56	-2.26	3.91
8	-2.86	5.24	-4.39	8.62	-2.86	5.24
9	-2.87	5.23	-4.39	8.61	-2.87	5.23
10	-3.33	6.25	-5.08	10.14	-3.33	6.25
11	-3.33	6.24	-5.09	10.14	-3.33	6.24
12	-3.80	7.28	-5.79	11.70	-3.80	7.28
13	-3.80	7.28	-5.79	11.70	-3.80	7.28
14	-4.37	8.54	-6.63	13.57	-4.37	8.54
15	-4.37	8.53	-6.64	13.56	-4.37	8.53
16	-4.56	8.95	-6.93	14.22	-4.56	8.95
17	-4.56	8.95	-6.93	14.22	-4.56	8.95
18	-4.37	8.53	-6.64	13.56	-4.37	8.53
19	-4.37	8.54	-6.63	13.57	-4.37	8.54
20	-3.80	7.28	-5.79	11.70	-3.80	7.28
21	-3.80	7.28	-5.79	11.70	-3.80	7.28
22	-3.33	6.24	-5.09	10.14	-3.33	6.24
23	-3.33	6.25	-5.08	10.14	-3.33	6.25

VI.75

24	-2.87	5.23	-4.39	8.61	-2.87	5.23
25	-2.86	5.24	-4.39	8.62	-2.86	5.24
26	-2.26	3.91	-3.46	6.56	-2.26	3.91
27	-2.26	3.92	-3.45	6.56	-2.26	3.92
28	-1.69	2.67	-2.55	4.58	-1.69	2.67
29	-1.68	2.68	-2.54	4.59	-1.68	2.68
30	-1.06	1.29	-1.49	2.24	-1.06	1.29
31	-1.05	1.29	-1.48	2.24	-1.05	1.29
32	-.29	-.40	-.29	-.40	-.29	-.40

ESFORÇOS SECCIONAIS DA PROTENSAO NO CABO : 8

SECAO	MOM.DE PROT.	NOR. DE PROT.	CORT.DE PROT.
1	-9137.4	-332.3	-59.6
2	-19785.4	-332.3	-59.6
3	-19785.4	-335.2	-58.2
4	-28314.9	-335.2	-58.2
5	-28313.6	-342.1	-40.4
6	-34233.2	-342.1	-40.4
7	-34232.5	-348.5	-25.6
8	-37993.8	-348.5	-25.6
9	-37996.4	-353.8	-7.2
10	-39054.5	-353.8	-7.2
11	-39055.1	-356.8	.0
12	-39057.0	-356.8	.0
13	-39056.0	-358.8	.0
14	-39056.8	-358.8	.0
15	-39056.3	-361.0	.0
16	-39057.3	-361.0	.0
17	-39057.3	-361.0	.0
18	-39057.2	-361.0	.0
19	-39057.4	-358.8	.0
20	-39058.7	-358.8	.0
21	-39059.1	-356.8	.0
22	-39058.7	-356.8	.0
23	-39059.3	-353.8	7.2
24	-37998.5	-353.8	7.2
25	-37997.8	-348.5	25.7
26	-34234.5	-348.5	25.7
27	-34234.1	-342.1	40.4
28	-28316.0	-342.1	40.4
29	-28315.9	-335.2	58.2
30	-19786.2	-335.2	58.2
31	-19785.9	-332.3	59.6
32	-9137.4	-332.3	59.6

TENSOES NAS BORDAS SUPERIOR E INFERIOR - CABO: 8

SECAO	TGBS	TGBI	TMABS	TMABI	TMIBS	TMIBI
1	-.21	-.60	-.21	-.60	-.21	-.60
2	-1.00	1.15	-1.43	2.10	-1.00	1.15
3	-1.00	1.14	-1.43	2.10	-1.00	1.14
4	-1.65	2.59	-2.51	4.50	-1.65	2.59

5	-1.56	2.58	-2.52	4.49	-1.66	2.58
6	-2.24	3.87	-3.43	6.51	-2.24	3.87
7	-2.25	3.86	-3.44	6.51	-2.25	3.86
8	-2.85	5.21	-4.38	8.59	-2.85	5.21
9	-2.86	5.21	-4.38	8.59	-2.86	5.21
10	-3.32	6.23	-5.08	10.13	-3.32	6.23
11	-3.32	6.23	-5.08	10.13	-3.32	6.23
12	-3.79	7.27	-5.79	11.69	-3.79	7.27
13	-3.79	7.26	-5.79	11.68	-3.79	7.26
14	-4.36	8.52	-6.63	13.55	-4.36	8.52
15	-4.36	8.52	-6.63	13.55	-4.36	8.52
16	-4.55	8.94	-6.93	14.21	-4.55	8.94
17	-4.55	8.94	-6.93	14.21	-4.55	8.94
18	-4.36	8.52	-6.63	13.55	-4.36	8.52
19	-4.36	8.52	-6.63	13.55	-4.36	8.52
20	-3.79	7.26	-5.79	11.68	-3.79	7.26
21	-3.79	7.27	-5.79	11.69	-3.79	7.27
22	-3.32	6.23	-5.08	10.13	-3.32	6.23
23	-3.32	6.23	-5.08	10.13	-3.32	6.23
24	-2.86	5.21	-4.38	8.59	-2.86	5.21
25	-2.85	5.21	-4.38	8.59	-2.85	5.21
26	-2.25	3.86	-3.44	6.51	-2.25	3.86
27	-2.24	3.87	-3.43	6.51	-2.24	3.87
28	-1.66	2.58	-2.52	4.49	-1.66	2.58
29	-1.65	2.59	-2.51	4.50	-1.65	2.59
30	-1.00	1.14	-1.43	2.10	-1.00	1.14
31	-1.00	1.15	-1.43	2.10	-1.00	1.15
32	-.21	-.60	-.21	-.60	-.21	-.60

ESFORÇOS SECCIONAIS DA PROTENSÃO NO CABO : 9

SECCAO	MOM.DE PROT.	NOR. DE PROT.	CORT.DE PROT.
1	-16005.9	-337.0	-49.8
2	-24900.5	-337.0	-49.8
3	-24900.5	-339.5	-48.6
4	-32030.1	-339.5	-48.6
5	-32028.6	-345.2	-33.5
6	-36948.5	-345.2	-33.5
7	-36947.7	-350.5	-21.1
8	-40046.4	-350.5	-21.1
9	-40049.5	-354.9	-6.0
10	-40933.0	-354.9	-6.0
11	-40933.8	-357.5	.0
12	-40935.9	-357.5	.0
13	-40934.7	-359.6	.0
14	-40935.5	-359.6	.0
15	-40935.0	-361.8	.0
16	-40936.1	-361.8	.0
17	-40936.1	-361.8	.0
18	-40936.0	-361.8	.0
19	-40936.3	-359.6	.0
20	-40937.5	-359.6	.0
21	-40938.0	-357.5	.0

VI.77

22	-40937.6	-357.5	.0
23	-40938.2	-354.9	6.0
24	-40051.5	-354.9	6.0
25	-40050.9	-350.5	21.1
26	-36949.7	-350.5	21.1
27	-36949.3	-345.2	33.5
28	-32031.3	-345.2	33.5
29	-32031.2	-339.5	48.6
30	-24901.4	-339.5	48.6
31	-24901.1	-337.0	49.8
32	-16005.9	-337.0	49.8

TENSÕES NAS BORDAS SUPERIOR E INFERIOR - CABO: 9

SECAO	TGBS	TGBI	TMABS	TMABI	TMIBS	TMIBI
1	-.12	-.81	-.12	-.81	-.12	-.81
2	-.93	.99	-1.36	1.95	-.93	.99
3	-.94	.99	-1.37	1.94	-.94	.99
4	-1.61	2.47	-2.47	4.38	-1.61	2.47
5	-1.61	2.47	-2.47	4.38	-1.61	2.47
6	-2.21	3.78	-3.40	6.43	-2.21	3.78
7	-2.21	3.78	-3.40	6.42	-2.21	3.78
8	-2.83	5.15	-4.35	8.53	-2.83	5.15
9	-2.83	5.15	-4.36	8.52	-2.83	5.15
10	-3.30	6.17	-5.05	10.07	-3.30	6.17
11	-3.30	6.17	-5.06	10.07	-3.30	6.17
12	-3.77	7.21	-5.76	11.63	-3.77	7.21
13	-3.77	7.21	-5.76	11.63	-3.77	7.21
14	-4.34	8.46	-6.60	13.49	-4.34	8.46
15	-4.34	8.46	-6.61	13.49	-4.34	8.46
16	-4.53	8.88	-6.90	14.15	-4.53	8.88
17	-4.53	8.88	-6.90	14.15	-4.53	8.88
18	-4.34	8.46	-6.61	13.49	-4.34	8.46
19	-4.34	8.46	-6.60	13.49	-4.34	8.46
20	-3.77	7.21	-5.76	11.63	-3.77	7.21
21	-3.77	7.21	-5.76	11.63	-3.77	7.21
22	-3.30	6.17	-5.06	10.07	-3.30	6.17
23	-3.30	6.17	-5.05	10.07	-3.30	6.17
24	-2.83	5.15	-4.36	8.52	-2.83	5.15
25	-2.83	5.15	-4.35	8.53	-2.83	5.15
26	-2.21	3.78	-3.40	6.42	-2.21	3.78
27	-2.21	3.78	-3.40	6.43	-2.21	3.78
28	-1.61	2.47	-2.47	4.38	-1.61	2.47
29	-1.61	2.47	-2.47	4.38	-1.61	2.47
30	-.94	.99	-1.37	1.94	-.94	.99
31	-.93	.99	-1.36	1.94	-.93	.99
32	-.12	-.81	-.12	-.81	-.12	-.81

ESFORÇOS SECCIONAIS DA PROTENSÃO NO CABO : 10

SECAO	MOM.DE PROT.	NOR. DE PROT.	CORT.DE PROT.
1	-23128.2	-342.6	-36.8
2	-29705.6	-342.6	-36.8

VI.78

3	-29705.6	-344.9	-35.7
4	-34946.7	-344.9	-35.7
5	-34945.0	-348.9	-24.6
6	-38557.6	-348.9	-24.6
7	-38556.8	-352.8	-16.2
8	-40935.2	-352.8	-16.2
9	-40938.6	-356.4	-3.6
10	-41469.3	-356.4	-3.6
11	-41470.0	-358.6	.0
12	-41472.4	-358.6	.0
13	-41471.0	-360.5	.0
14	-41471.9	-360.5	.0
15	-41471.4	-362.8	.0
16	-41472.5	-362.8	.0
17	-41472.5	-362.8	.0
18	-41472.3	-362.8	.0
19	-41472.6	-360.5	.0
20	-41473.8	-360.5	.0
21	-41474.5	-358.6	.0
22	-41474.0	-358.6	.0
23	-41474.6	-356.4	3.6
24	-40940.5	-356.4	3.6
25	-40940.0	-352.8	16.2
26	-38558.6	-352.8	16.2
27	-38558.2	-348.9	24.6
28	-34947.9	-348.9	24.6
29	-34947.7	-344.9	35.7
30	-29706.5	-344.9	35.7
31	-29706.1	-342.6	36.8
32	-23128.2	-342.6	36.8

TENSÕES NAS BORDAS SUPERIOR E INFERIOR - CABO:10

SECAO	TGRS	TGBI	TMABS	TMABI	TMIBS	TMIBI
1	-.03	-1.03	-.03	-1.03	-.03	-1.03
2	-.87	.84	-1.30	1.80	-.87	.84
3	-.88	.84	-1.31	1.79	-.88	.84
4	-1.57	2.38	-2.43	4.29	-1.57	2.38
5	-1.58	2.38	-2.44	4.29	-1.58	2.38
6	-2.19	3.73	-3.38	6.38	-2.19	3.73
7	-2.19	3.73	-3.38	6.37	-2.19	3.73
8	-2.82	5.12	-4.34	8.50	-2.82	5.12
9	-2.82	5.12	-4.35	8.50	-2.82	5.12
10	-3.29	6.16	-5.05	10.05	-3.29	6.16
11	-3.29	6.15	-5.05	10.05	-3.29	6.15
12	-3.76	7.19	-5.75	11.61	-3.76	7.19
13	-3.76	7.19	-5.76	11.61	-3.76	7.19
14	-4.33	8.45	-6.60	13.48	-4.33	8.45
15	-4.33	8.44	-6.60	13.48	-4.33	8.44
16	-4.52	8.86	-6.90	14.13	-4.52	8.86
17	-4.52	8.86	-6.90	14.13	-4.52	8.86
18	-4.33	8.44	-6.60	13.48	-4.33	8.44
19	-4.33	8.45	-6.60	13.48	-4.33	8.45

VI.79

20	-3.76	7.19	-5.76	11.61	-3.76	7.19
21	-3.76	7.19	-5.75	11.61	-3.76	7.19
22	-3.29	6.15	-5.05	10.05	-3.29	6.15
23	-3.29	6.16	-5.05	10.05	-3.29	6.16
24	-2.82	5.12	-4.35	8.50	-2.82	5.12
25	-2.82	5.12	-4.34	8.50	-2.82	5.12
26	-2.19	3.73	-3.38	6.37	-2.19	3.73
27	-2.19	3.73	-3.38	6.38	-2.19	3.73
28	-1.58	2.38	-2.44	4.29	-1.58	2.38
29	-1.57	2.38	-2.43	4.29	-1.57	2.38
30	-.88	.84	-1.31	1.79	-.88	.84
31	-.87	.84	-1.30	1.80	-.87	.84
32	-.03	-1.03	-.03	-1.03	-.03	-1.03

ESFORÇOS SECCIONAIS DA PROTENSÃO NO CABO : 11

SECAO	MM. DE PROT.	NOR. DE PROT.	CORT. DE PROT.
1	-30252.1	-345.7	-27.6
2	-35177.5	-345.7	-27.6
3	-35177.6	-348.2	-25.0
4	-38849.7	-348.2	-25.0
5	-38847.9	-351.8	-14.4
6	-40960.9	-351.8	-14.4
7	-40960.1	-355.1	-5.3
8	-41737.9	-355.1	-5.3
9	-41741.5	-357.4	.0
10	-41737.4	-357.4	.0
11	-41738.3	-358.8	.0
12	-41740.8	-358.8	.0
13	-41739.3	-360.5	.0
14	-41740.1	-360.5	.0
15	-41739.7	-362.8	.0
16	-41740.8	-362.8	.0
17	-41740.8	-362.8	.0
18	-41740.6	-362.8	.0
19	-41741.0	-360.5	.0
20	-41742.1	-360.5	.0
21	-41742.9	-358.8	.0
22	-41742.2	-358.8	.0
23	-41742.9	-357.4	.0
24	-41743.4	-357.4	.0
25	-41743.0	-355.1	5.3
26	-40961.7	-355.1	5.3
27	-40961.3	-351.8	14.4
28	-38851.0	-351.8	14.4
29	-38850.7	-348.2	25.0
30	-35178.5	-348.2	25.0
31	-35178.1	-345.7	27.6
32	-30252.1	-345.7	27.6

TENSOES NAS BORDAS SUPERIOR E INFERIOR - CABO:11

SECAO	TGBS	TGBI	TMABS	TMABI	TMIBS	TMIBI
-------	------	------	-------	-------	-------	-------

VI.80

1	.06	-1.25	.06	-1.25	.06	-1.25
2	-.80	.67	-1.23	1.63	-.80	.67
3	-.81	.67	-1.24	1.63	-.81	.67
4	-1.52	2.26	-2.38	4.17	-1.52	2.26
5	-1.53	2.26	-2.39	4.17	-1.53	2.26
6	-2.16	3.66	-3.35	6.30	-2.16	3.66
7	-2.16	3.66	-3.35	6.30	-2.16	3.66
8	-2.81	5.10	-4.33	8.47	-2.81	5.10
9	-2.81	5.09	-4.34	8.47	-2.81	5.09
10	-3.29	6.15	-5.05	10.04	-3.29	6.15
11	-3.29	6.14	-5.05	10.04	-3.29	6.14
12	-3.76	7.18	-5.75	11.60	-3.76	7.18
13	-3.76	7.18	-5.75	11.60	-3.76	7.18
14	-4.33	8.44	-6.59	13.47	-4.33	8.44
15	-4.33	8.44	-6.60	13.47	-4.33	8.44
16	-4.52	8.85	-6.89	14.12	-4.52	8.85
17	-4.52	8.85	-6.89	14.12	-4.52	8.85
18	-4.33	8.44	-6.60	13.47	-4.33	8.44
19	-4.33	8.44	-6.59	13.47	-4.33	8.44
20	-3.76	7.18	-5.75	11.60	-3.76	7.18
21	-3.76	7.18	-5.75	11.60	-3.76	7.18
22	-3.29	6.14	-5.05	10.04	-3.29	6.14
23	-3.29	6.15	-5.05	10.04	-3.29	6.15
24	-2.81	5.09	-4.34	8.47	-2.81	5.09
25	-2.81	5.10	-4.33	8.47	-2.81	5.10
26	-2.16	3.66	-3.35	6.30	-2.16	3.66
27	-2.16	3.66	-3.35	6.30	-2.16	3.66
28	-1.53	2.26	-2.39	4.17	-1.53	2.26
29	-1.52	2.26	-2.38	4.17	-1.52	2.26
30	-.81	.67	-1.24	1.63	-.81	.67
31	-.80	.67	-1.23	1.63	-.80	.67
32	.06	-1.25	.06	-1.25	.06	-1.25

ESFORÇOS SECCIONAIS DA PROTENSAO NO CABO : 12

SECCAO	MOM.DE PROT.	NOR. DE PROT.	CORT.DE PROT.
1	-37797.3	-351.6	-12.1
2	-39958.2	-351.6	-12.1
3	-39958.4	-353.6	-8.6
4	-41212.4	-353.6	-8.6
5	-41210.5	-355.5	-6.0
6	-42083.9	-355.5	-6.0
7	-42083.1	-357.4	-2.0
8	-42382.9	-357.4	-2.0
9	-42386.9	-359.0	.0
10	-42382.6	-359.0	.0
11	-42383.4	-360.2	.0
12	-42386.3	-360.2	.0
13	-42384.5	-362.0	.0
14	-42385.4	-362.0	.0
15	-42385.0	-364.2	.0
16	-42386.0	-364.2	.0
17	-42386.1	-364.2	.0

18	-42385.9	-364.2	.0
19	-42386.3	-362.0	.0
20	-42387.4	-362.0	.0
21	-42388.3	-360.2	.0
22	-42387.5	-360.2	.0
23	-42388.2	-359.0	.0
24	-42388.8	-359.0	.0
25	-42388.4	-357.4	2.1
26	-42084.5	-357.4	2.1
27	-42084.0	-355.5	5.9
28	-41213.9	-355.5	5.9
29	-41213.5	-353.6	8.6
30	-39959.3	-353.6	8.6
31	-39958.9	-351.6	12.1
32	-37797.3	-351.6	12.1

TENSOES NAS BORDAS SUPERIOR E INFERIOR - CABO:12

SECAO	TGBS	TGBI	TMABS	TMABI	TMBS	TMIBI
1	.16	-1.48	.16	-1.48	.16	-1.48
2	-.75	.53	-1.18	1.48	-.75	.53
3	-.75	.52	-1.18	1.48	-.75	.52
4	-1.50	2.18	-2.36	4.09	-1.50	2.18
5	-1.50	2.18	-2.36	4.09	-1.50	2.18
6	-2.15	3.62	-3.34	6.27	-2.15	3.62
7	-2.15	3.62	-3.34	6.26	-2.15	3.62
8	-2.80	5.07	-4.33	8.45	-2.80	5.07
9	-2.81	5.07	-4.33	8.45	-2.81	5.07
10	-3.28	6.13	-5.04	10.02	-3.28	6.13
11	-3.28	6.12	-5.04	10.02	-3.28	6.12
12	-3.75	7.16	-5.74	11.58	-3.75	7.16
13	-3.75	7.16	-5.75	11.58	-3.75	7.16
14	-4.32	8.42	-6.59	13.45	-4.32	8.42
15	-4.32	8.42	-6.59	13.45	-4.32	8.42
16	-4.51	8.83	-6.89	14.10	-4.51	8.83
17	-4.51	8.83	-6.89	14.10	-4.51	8.83
18	-4.32	8.42	-6.59	13.45	-4.32	8.42
19	-4.32	8.42	-6.59	13.45	-4.32	8.42
20	-3.75	7.16	-5.75	11.58	-3.75	7.16
21	-3.75	7.16	-5.74	11.58	-3.75	7.16
22	-3.28	6.12	-5.04	10.02	-3.28	6.12
23	-3.28	6.13	-5.04	10.02	-3.28	6.13
24	-2.81	5.07	-4.33	8.45	-2.81	5.07
25	-2.80	5.07	-4.33	8.45	-2.80	5.07
26	-2.15	3.62	-3.34	6.26	-2.15	3.62
27	-2.15	3.62	-3.34	6.27	-2.15	3.62
28	-1.50	2.18	-2.36	4.09	-1.50	2.18
29	-1.50	2.18	-2.36	4.09	-1.50	2.18
30	-.75	.52	-1.18	1.48	-.75	.52
31	-.75	.53	-1.18	1.48	-.75	.53
32	.16	-1.48	.16	-1.48	.16	-1.48

ESFORCOS SECCIONAIS DA PROTENSÃO ACUMULADA:

SECAO	NOM. DE PROT.	NOR. DE PROT.	CORT. DE PROT.
1	-114771.4	-2354.7	-340.6
2	-175625.3	-2354.7	-340.6
3	-163345.3	-2655.5	-454.5
4	-229996.3	-2655.5	-454.5
5	-217699.1	-2997.1	-455.5
6	-284501.4	-2997.1	-455.5
7	-272327.3	-3354.8	-418.2
8	-333660.7	-3354.8	-418.2
9	-321584.3	-3720.1	-335.4
10	-370763.0	-3720.1	-335.4
11	-358863.3	-4070.3	-302.3
12	-403198.4	-4070.3	-302.3
13	-403186.3	-4165.0	-122.8
14	-439216.1	-4165.0	-122.8
15	-439210.7	-4227.7	-8.8
16	-441794.5	-4227.7	-8.8
17	-441795.0	-4227.7	8.8
18	-439219.3	-4227.7	8.8
19	-439222.1	-4165.0	122.8
20	-403214.0	-4165.0	122.8
21	-403218.5	-4070.3	302.2
22	-358900.3	-4070.3	302.2
23	-370818.2	-3720.1	335.6
24	-321601.3	-3720.1	335.6
25	-333705.8	-3354.8	418.4
26	-272344.1	-3354.8	418.4
27	-284506.6	-2997.1	455.4
28	-217726.2	-2997.1	455.4
29	-230008.5	-2655.5	454.5
30	-163352.2	-2655.5	454.5
31	-175630.4	-2354.7	340.7
32	-114772.1	-2354.7	340.7

TENSOES ACUMULADAS NAS BORDAS SUPERIOR E INFERIOR:

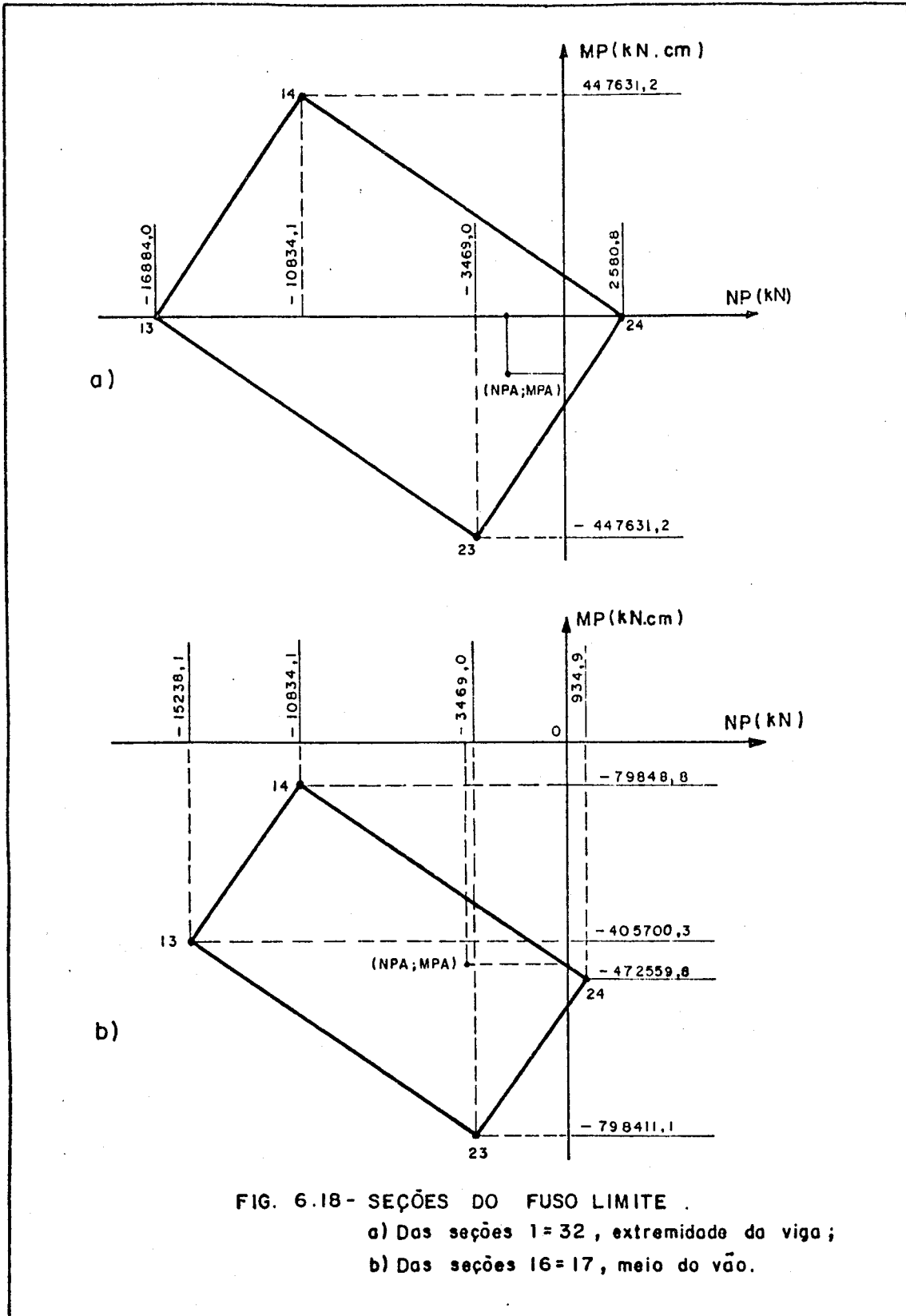
SECAO	TGBS	TGBI	TMABS	TMABI	TMIBS	TMIBI
1	-.80	-5.77	-.80	-5.77	-.80	-5.77
2	-.91	-5.51	-1.34	-4.56	-.91	-5.51
3	-1.38	-5.45	-1.81	-4.49	-1.38	-5.45
4	-1.25	-5.74	-2.11	-3.83	-1.25	-5.74
5	-1.75	-5.71	-2.61	-3.80	-1.75	-5.71
6	-1.51	-6.24	-2.71	-3.59	-1.51	-6.24
7	-2.03	-6.23	-3.23	-3.58	-2.03	-6.23
8	-1.87	-6.59	-3.39	-3.22	-1.87	-6.59
9	-2.40	-6.60	-3.92	-3.22	-2.40	-6.60
10	-2.21	-7.01	-3.97	-3.11	-2.21	-7.01
11	-2.72	-7.00	-4.48	-3.11	-2.72	-7.00
12	-2.59	-7.29	-4.58	-2.87	-2.59	-7.29
13	-2.68	-7.38	-4.68	-2.96	-2.68	-7.38
14	-2.77	-7.20	-5.04	-2.17	-2.77	-7.20
15	-2.83	-7.26	-5.10	-2.23	-2.83	-7.26

16	-2.98	-6.92	-5.36	-1.65	-2.98	-6.92
17	-2.98	-6.92	-5.36	-1.65	-2.98	-6.92
18	-2.83	-7.26	-5.10	-2.23	-2.83	-7.26
19	-2.77	-7.20	-5.04	-2.17	-2.77	-7.20
20	-2.68	-7.38	-4.68	-2.96	-2.68	-7.38
21	-2.59	-7.29	-4.58	-2.87	-2.59	-7.29
22	-2.72	-7.01	-4.48	-3.11	-2.72	-7.01
23	-2.21	-7.01	-3.97	-3.11	-2.21	-7.01
24	-2.40	-6.60	-3.92	-3.22	-2.40	-6.60
25	-1.87	-6.59	-3.39	-3.22	-1.87	-6.59
26	-2.03	-6.23	-3.23	-3.59	-2.03	-6.23
27	-1.51	-6.24	-2.71	-3.59	-1.51	-6.24
28	-1.75	-5.71	-2.61	-3.80	-1.75	-5.71
29	-1.25	-5.74	-2.11	-3.83	-1.25	-5.74
30	-1.38	-5.45	-1.81	-4.49	-1.38	-5.45
31	-.91	-5.51	-1.34	-4.56	-.91	-5.51
32	-.80	-5.77	-.80	-5.77	-.80	-5.77

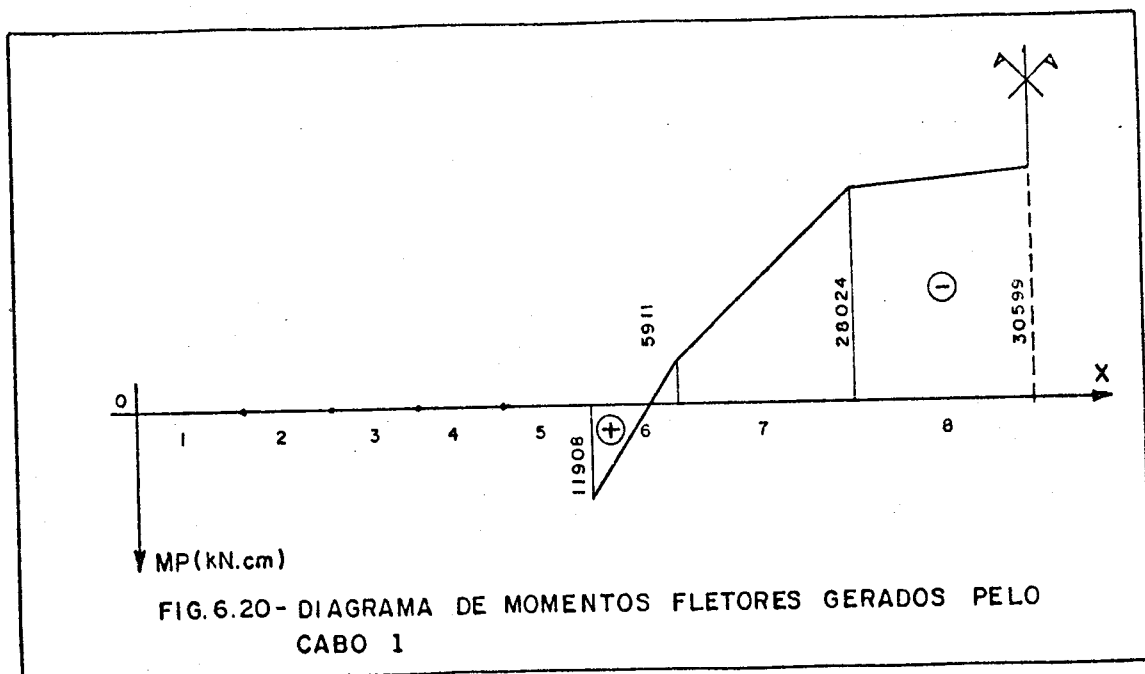
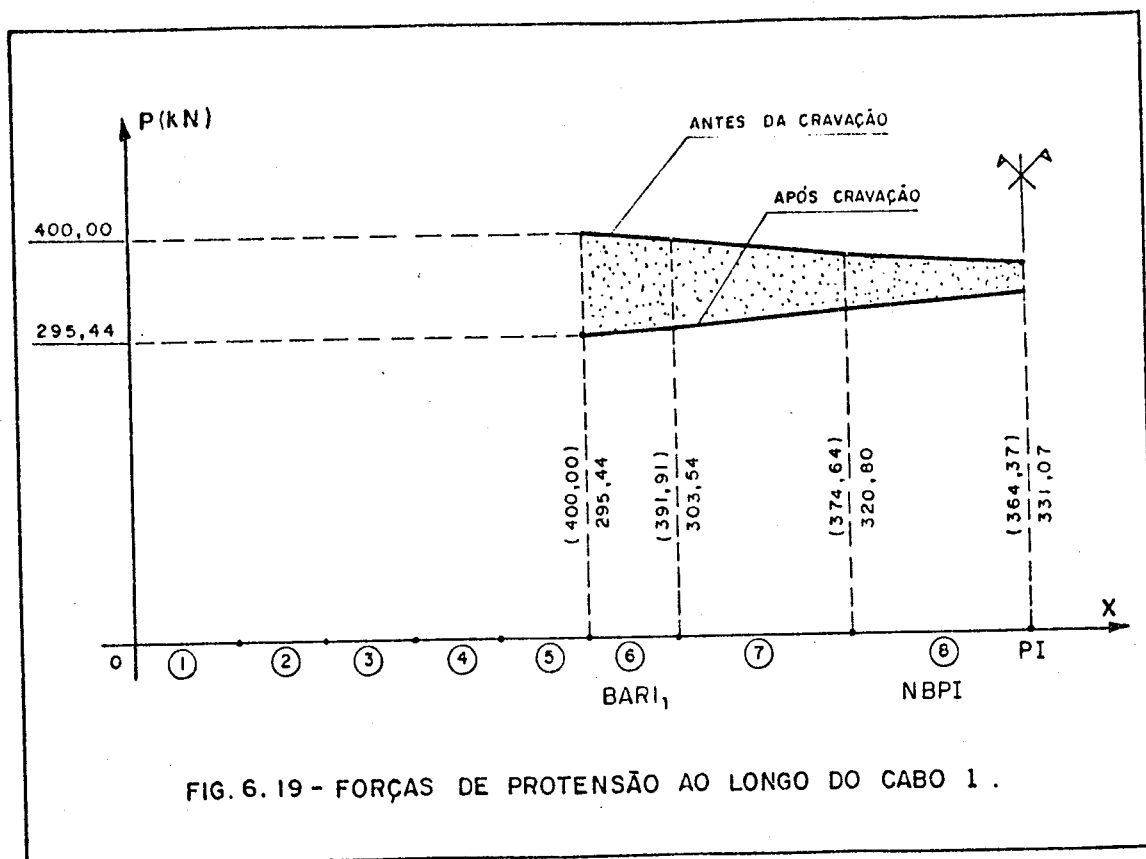
FIM DO PROCESSAMENTO!

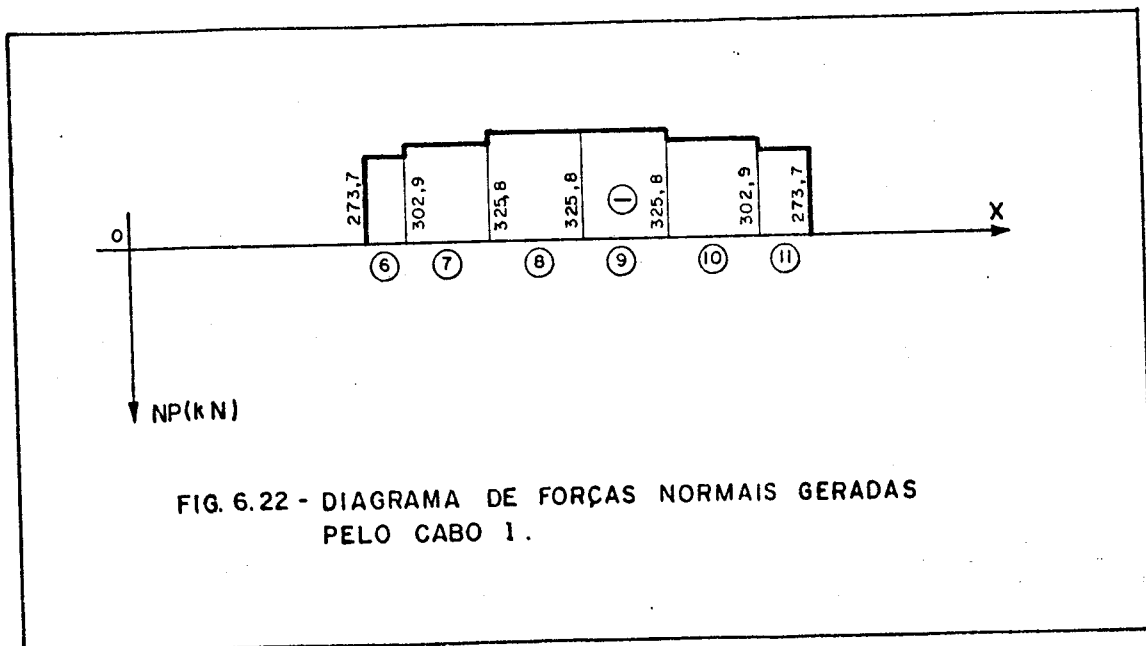
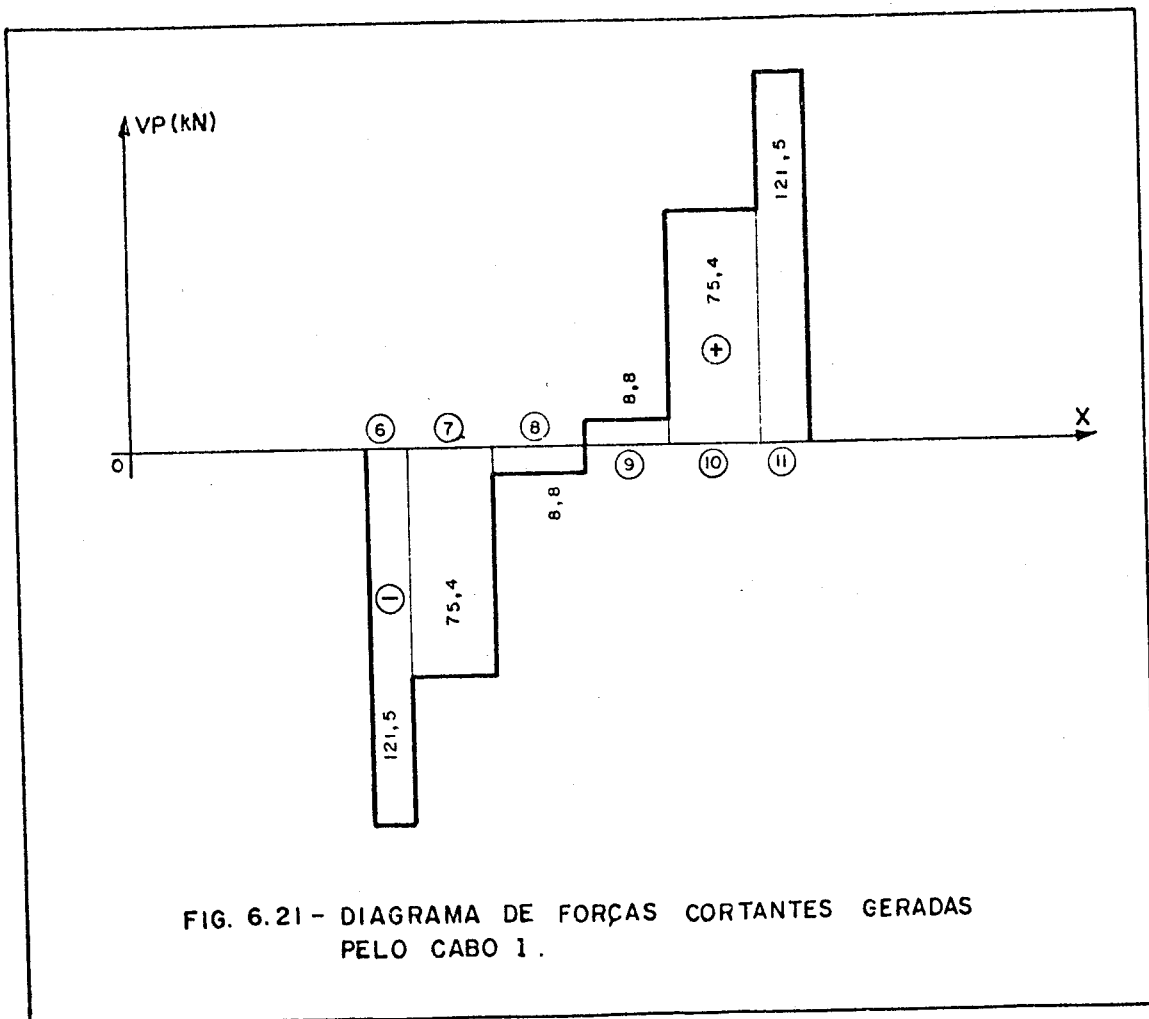
6.2.4 - Análise dos resultados

a) Gráficos do fuso limite



b) Protensão aplicada pelo cabo 1





O cabo 1, protendido pelas duas extremidades inicia na barra 6 e termina na barra 11. Devido a simetria da viga e do cabo, que é protendido pelas duas extremidades, o ponto de imobilização se encontra na metade do comprimento da viga, no nº 9.

Conforme listagem de resultados e figura 6.19 a força de protensão após escorregamento do cabo é de 295,44 kN demonstrando ser considerável a perda por acomodação da ancoragem pois a força de protensão aplicada pelo macaco é 400,00kN.

A figura 6.20 mostra a existência de momentos fletores apenas na região do cabo, ou seja desde a seção inicial da barra 6 até a seção final da barra 11. Nas demais barras o momento fletor da protensão é praticamente nulo (3,3kN.cm).

A figura 6.21 mostra a variação de forças cortantes, as quais são constantes em cada barra discreta. Na barra 6, o valor 121,5kN representa a força aplicada pelo cabo na direção perpendicular ao eixo da barra.

A figura 6.22 mostra que as forças normais estão compreendidas entre as barras 6 e 11 e possuem valores próprios para cada barra, pois nas seções contíguas ocorrem descontinuidade no diagrama devido a força nodal paralela ao eixo X, oriunda das perdas consideradas.

As descontinuidades ocorridas nos diagramas de forças normais e cortantes são próprias do modelo discreto adotado.

c) Protensão aplicada pelo cabo 5

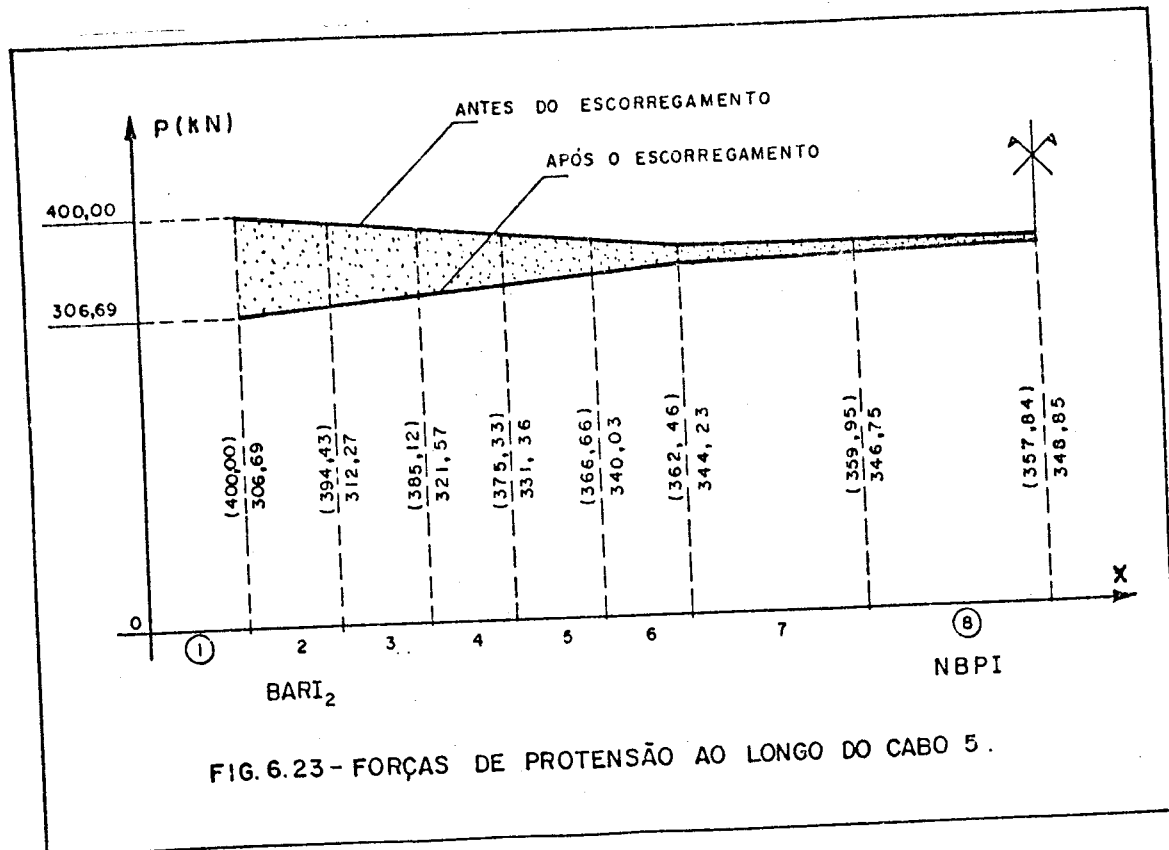


FIG. 6.23 - FORÇAS DE PROTENSÃO AO LONGO DO CABO 5.

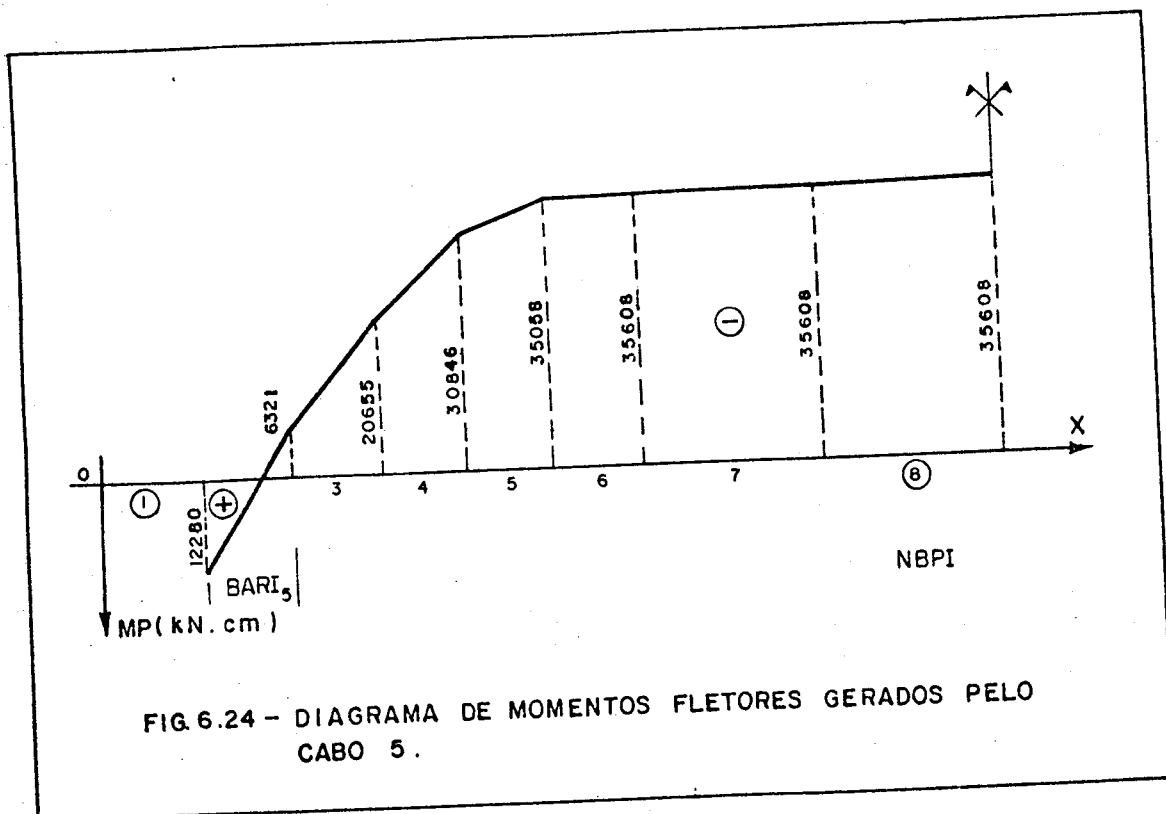
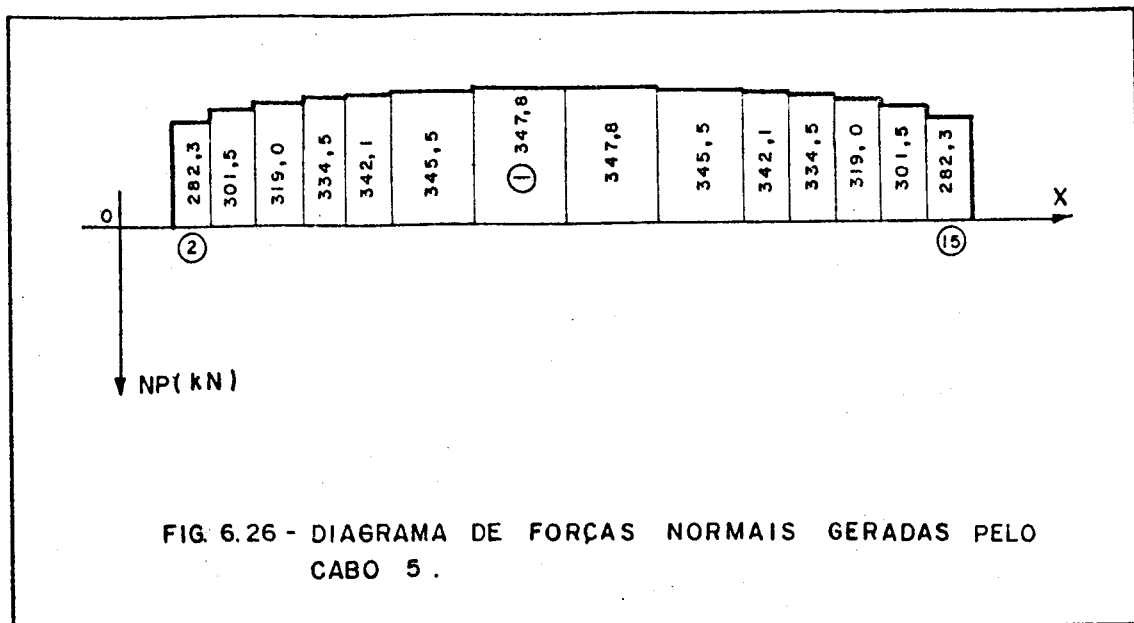
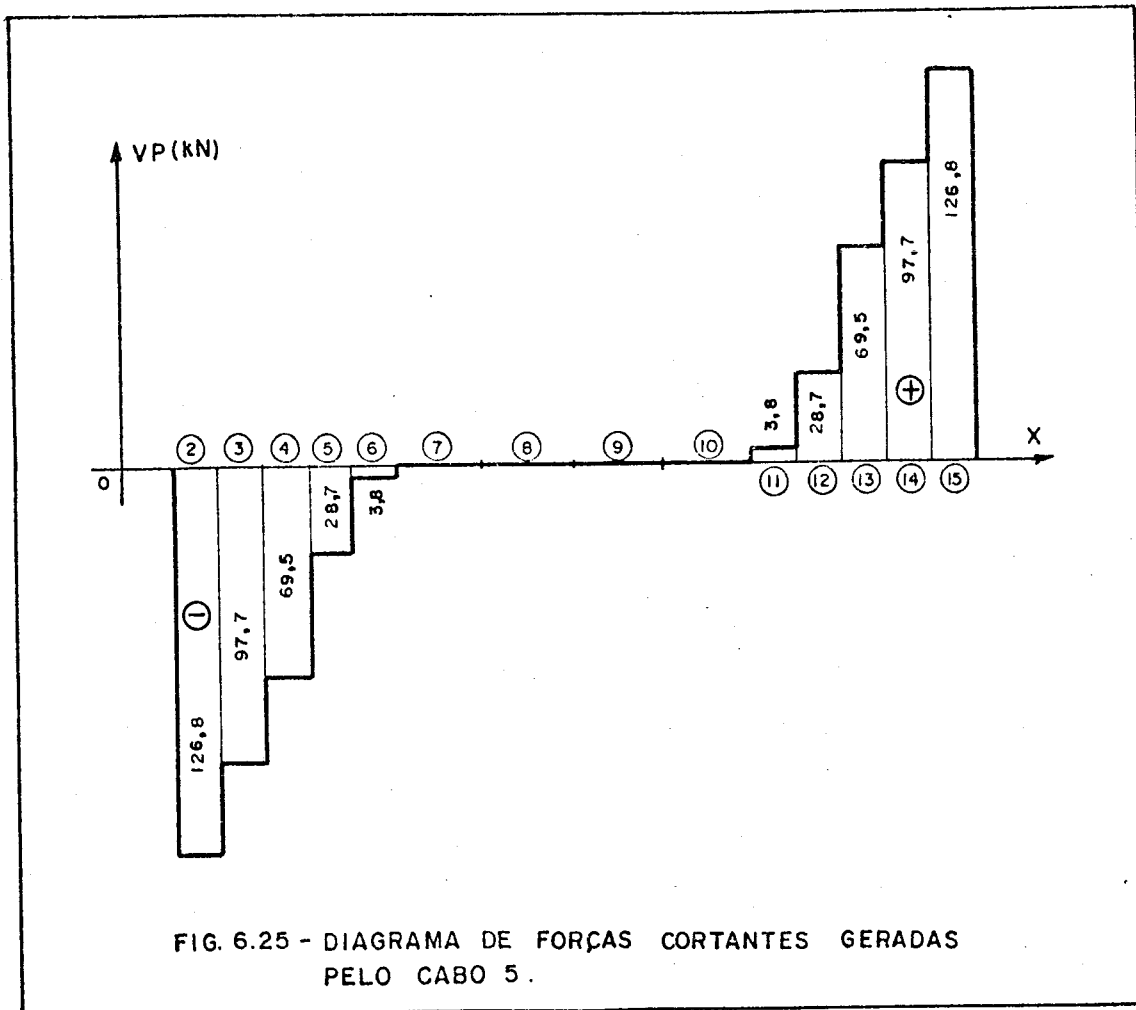


FIG. 6.24 - DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES GERADOS PELO CABO 5.



O cabo 5, também protendido pelas duas extremidades, inicia na barra 2 e termina na barra 15. Pela simetria da viga e do cabo o ponto de imobilização também se encontra no nó 9.

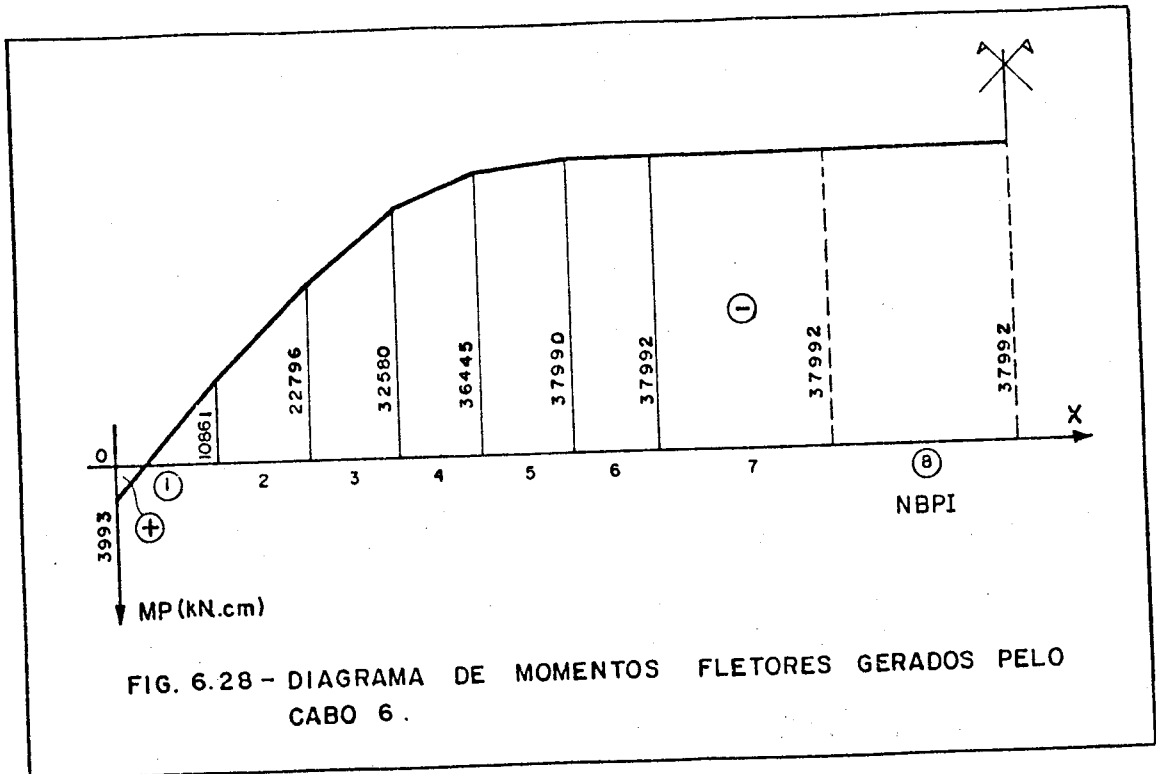
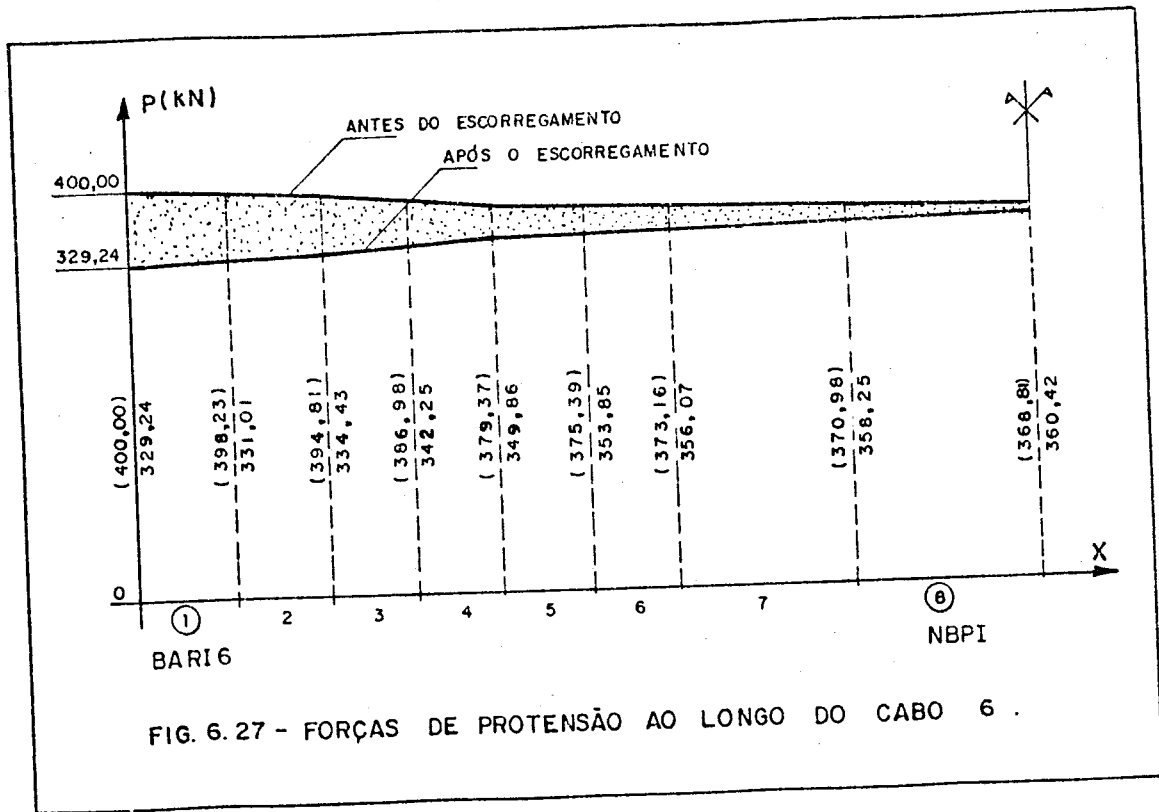
Conforme a figura 6.23 a força de protensão na ancoragem após escorregamento é de 306,69kN e a força cresce até 348,85kN, no meio do vão.

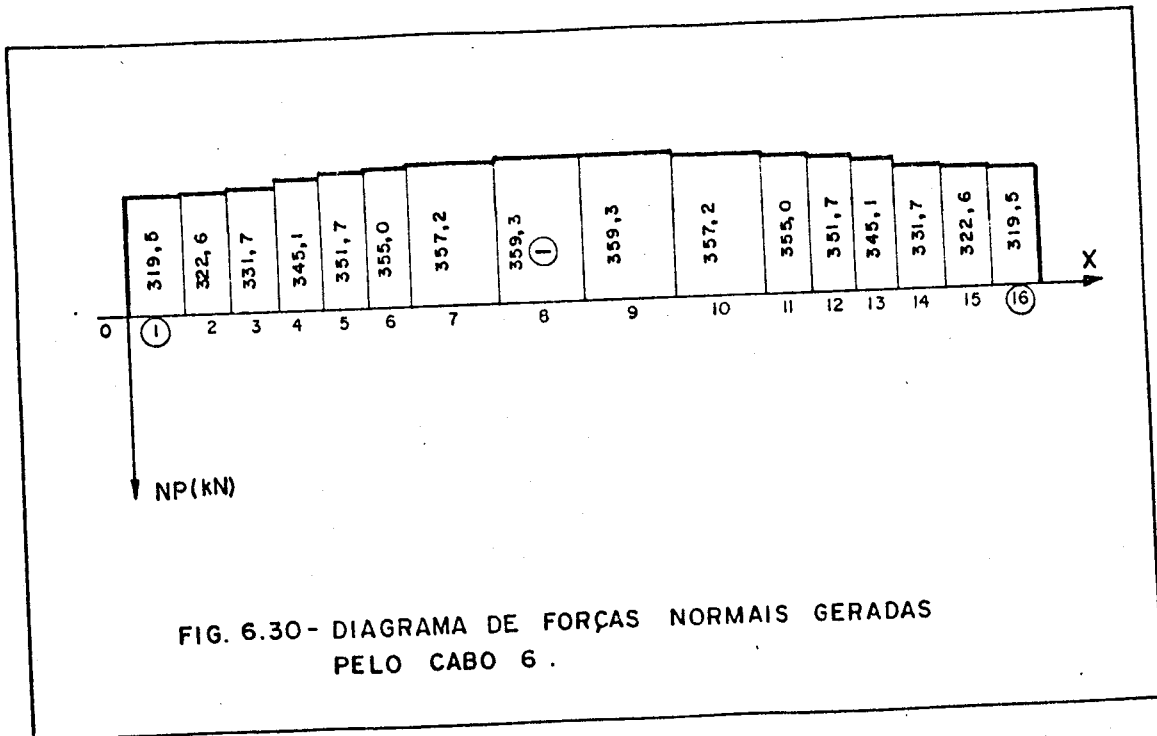
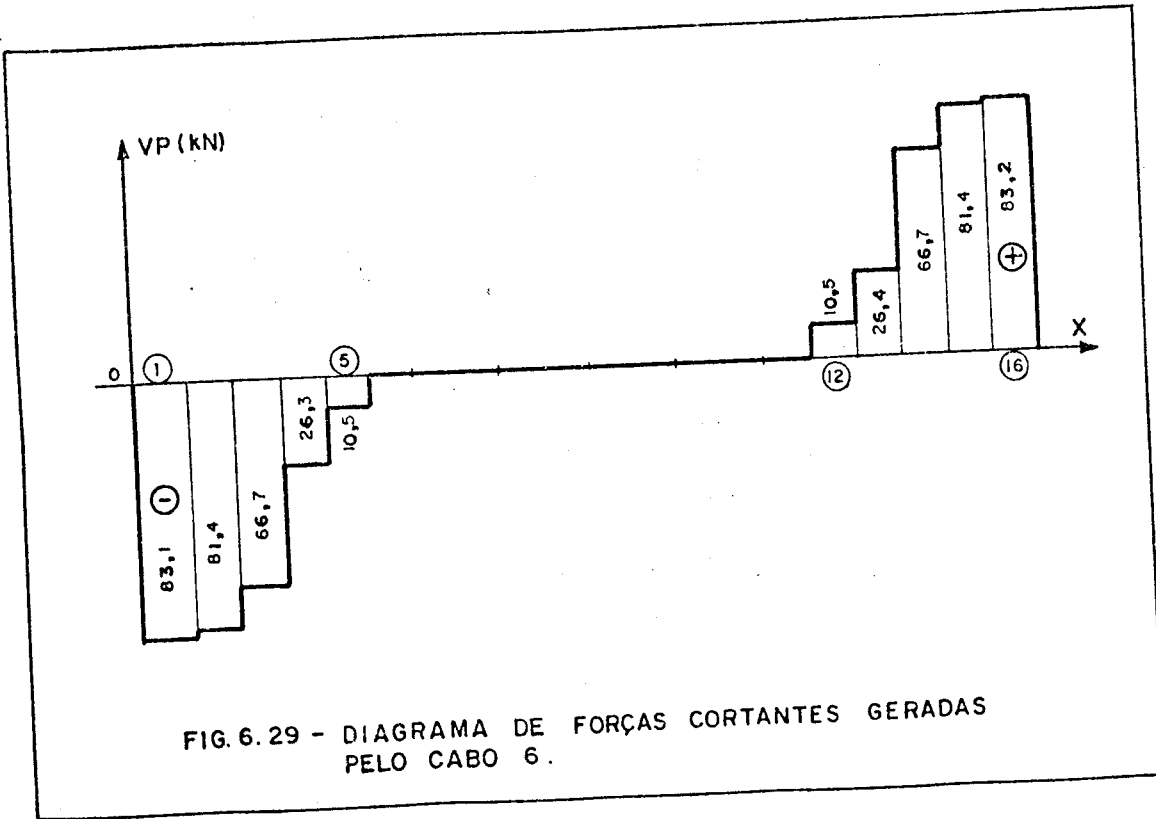
Conforme a figura 6.24, o momento fletor no início da barra 2 é 12280kN.cm positivo, e representa a força horizontal aplicada pelo cabo multiplicada pela excentricidade 43,50cm. Nas barras 7 e 8 o momento fletor possui valor constante de 35608kN.cm, pois nessas barras o cabo é paralelo ao eixo da viga.

A figura 6.25 mostra que as forças cortantes são coerentes pois, na barras 1 e 16 a cortante é nula, já que essas barras não recebem protensão do cabo 5. Nas barras 7, 8, 9 e 10 também a força cortante é nula, pois possuem momento fletor constante.

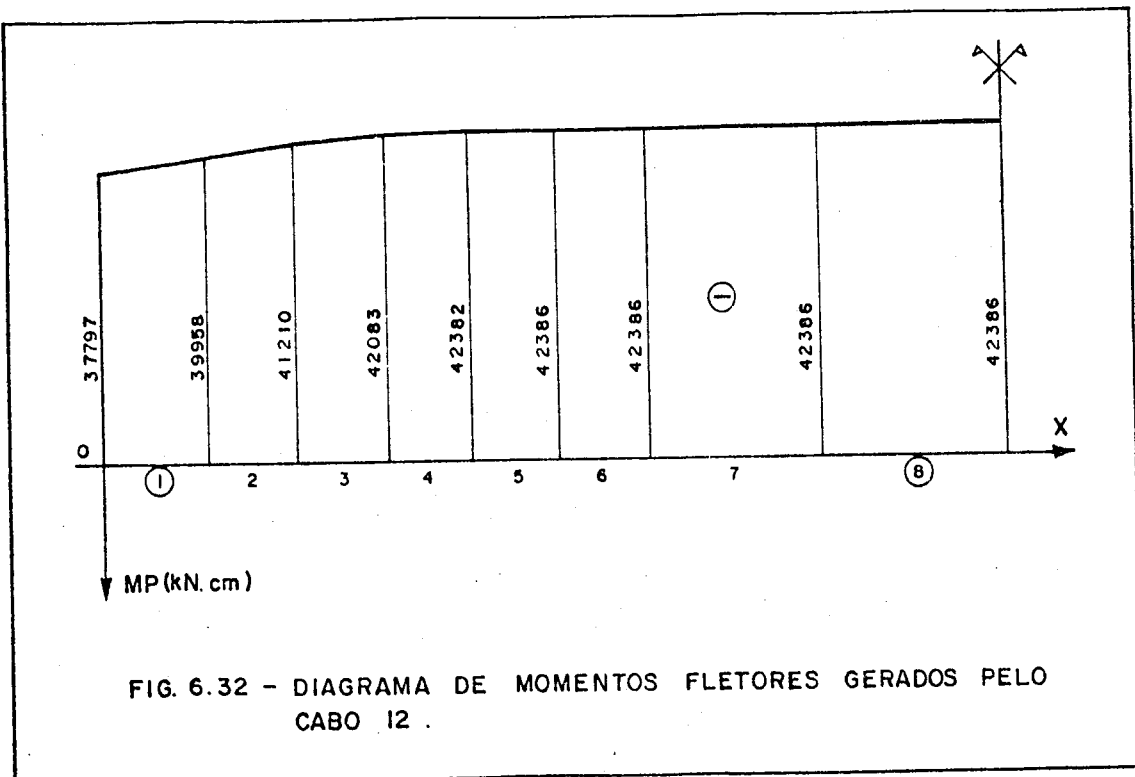
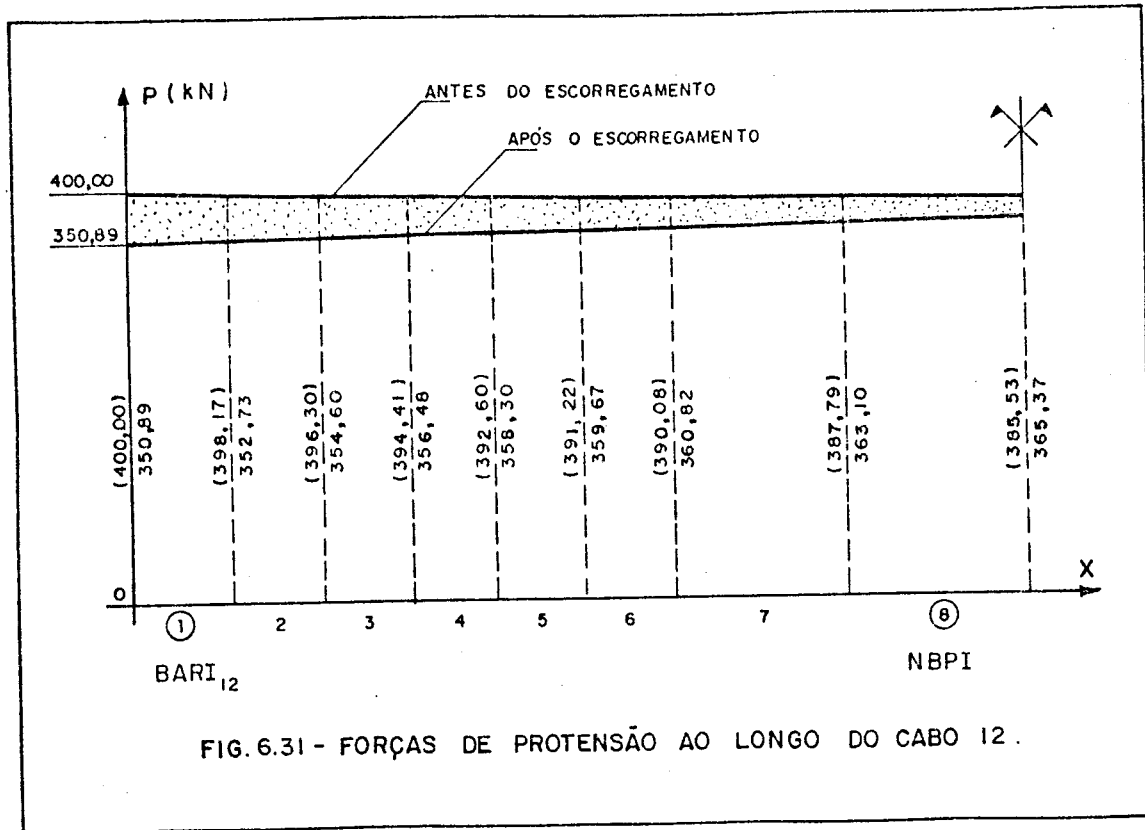
A figura 6.26 mostra que a força normal é de compressão e variável de 282,3kN na barra 2, até 347,8kN no meio do vão (barras 8 e 9).

d) Protensão aplicada pelo cabo 6





e) Protensão aplicada pelo cabo 12



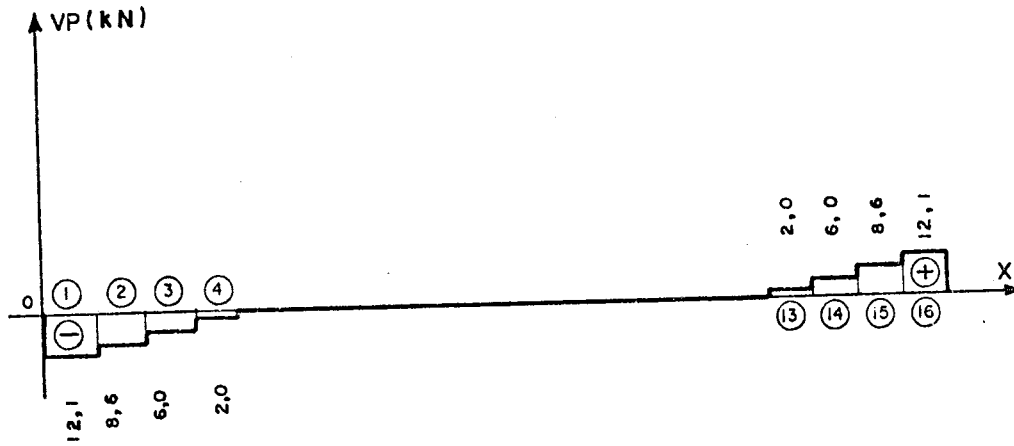


FIG. 6.33 - DIAGRAMA DE FORÇAS CORTANTES GERADAS PELO CABO 12.

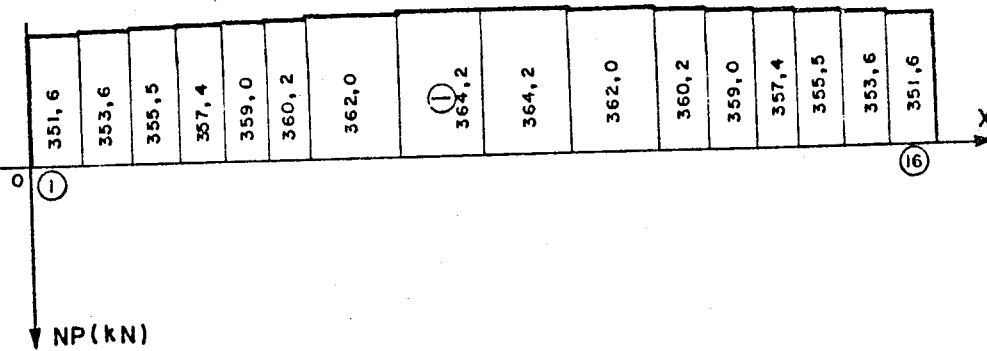


FIG. 6.34 - DIAGRAMA DE FORÇAS NORMAIS GERADAS PELO CABO 12.

Foram representadas ainda, as influências dos cabos 6 e 12, pois estes estão compreendidos entre as extremidades da viga, desde o início da barra 1 até o final da barra 16.

O cabo 6, cuja variação da força de protensão está na figura 6.27 e os esforços gerados estão nas figuras 6.28, 6.29 e 6.30, é ancorado próximo à borda superior da seção extrema, por isso é o que possui maior curvatura em relação aos cabos 7, 8, 9, 10, 11 e 12.

O cabo 12, cuja variação da força de protensão está na figura 6.31 e os esforços gerados estão nas figuras 6.32, 6.33 e 6.34, é ancorado próximo à borda da seção extrema. É o cabo que possui menor curvatura, sendo que nas barras 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 é reto e paralelo ao eixo da viga com uma excentricidade de $-120,50\text{cm}$. Por ser quase reto é o que perde menos força por atrito, pois inicia com uma força de $400,00\text{kN}$ na extremidade da viga e chega com uma força de $385,53\text{kN}$ no meio do vão, como mostra a figura 6.31. Também é o que introduz menores forças cortantes, conforme figura 6.33, e que introduz maiores forças de compressão (de $351,6\text{kN}$ na barra 1 até $364,2\text{kN}$ na barra 8) conforme figura 6.34.

f) Esforços de protensão gerados pelo conjunto de cabos

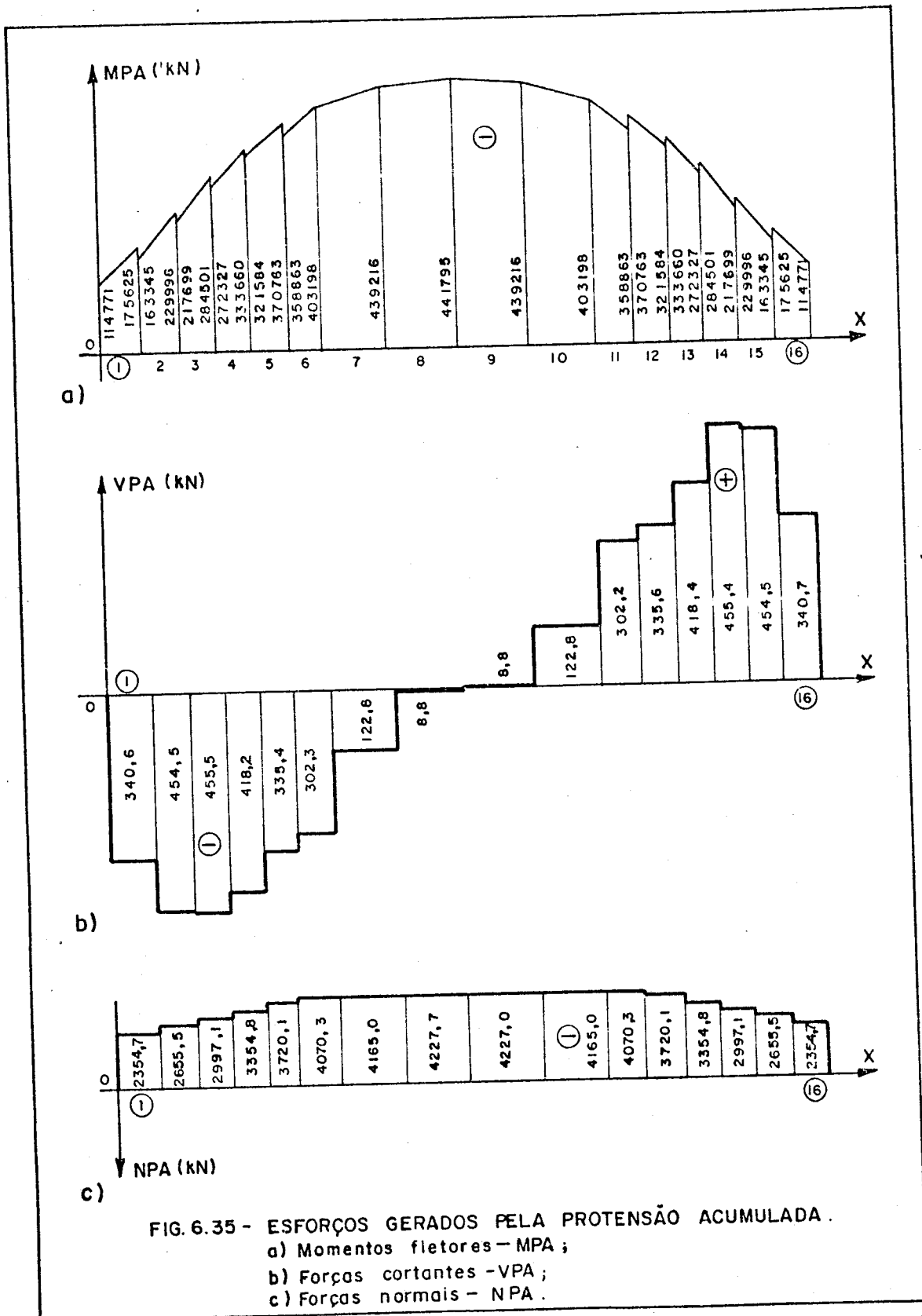


FIG. 6.35 - ESFORÇOS GERADOS PELA PROTENSÃO ACUMULADA.

a) Momentos fletores - MPA ;

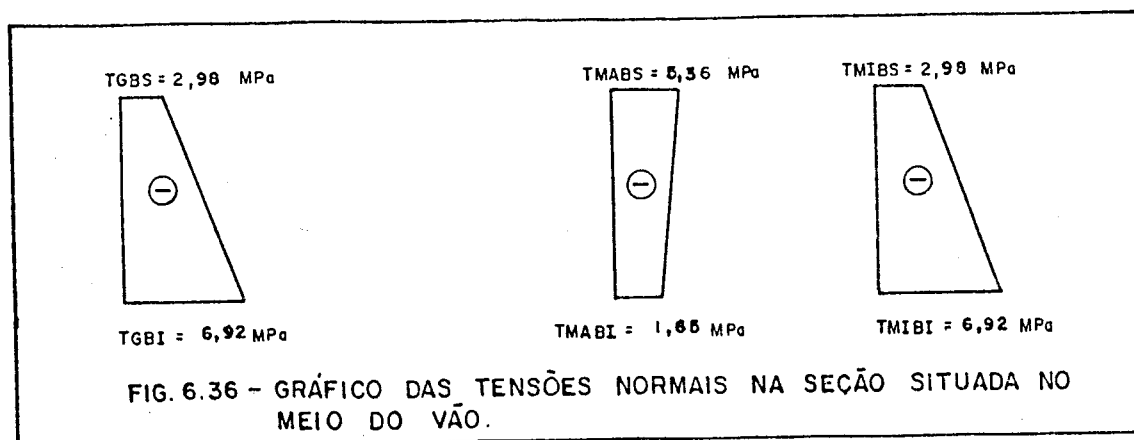
b) Forças cortantes - VPA ;

c) Forças normais - NPA .

Nos diagramas de esforços gerados pelo conjunto de cabos, figura 6.35, destacam-se descontinuidades ocasionadas pelas ancoragens dos cabos 1, 2, 3, 4 e 5 na borda superior da viga. A figura 6.35.a mostra descontinuidades, no diagrama de momentos fletores, situadas no início das barras 2, 3, 4, 5 e 6 e situadas no fim das barras 11, 12, 13, 14 e 15.

A figura 6.35.c mostra também descontinuidades, no diagrama de esforços normais, ocasionadas pelas ancoragens dos cabos no início das barras 2, 3, 4, 5 e 6 e no fim das barras 11, 12, 13, 14 e 15.

Quanto às tensões calculadas nas bordas superior e inferior, não ocorrem tensões de tração. Nas seções do meio do vão $S_{16} = S_{17}$, as tensões resultaram conforme figura 6.36.



Observa-se que a tensão na borda inferior, quando se superpõe a envoltória dos esforços máximos com os esforços de protensão, $TMABI$, é de compressão e vale 1,65MPa. Isto é necessário pois ainda não estão computadas as perdas ao longo do tempo.

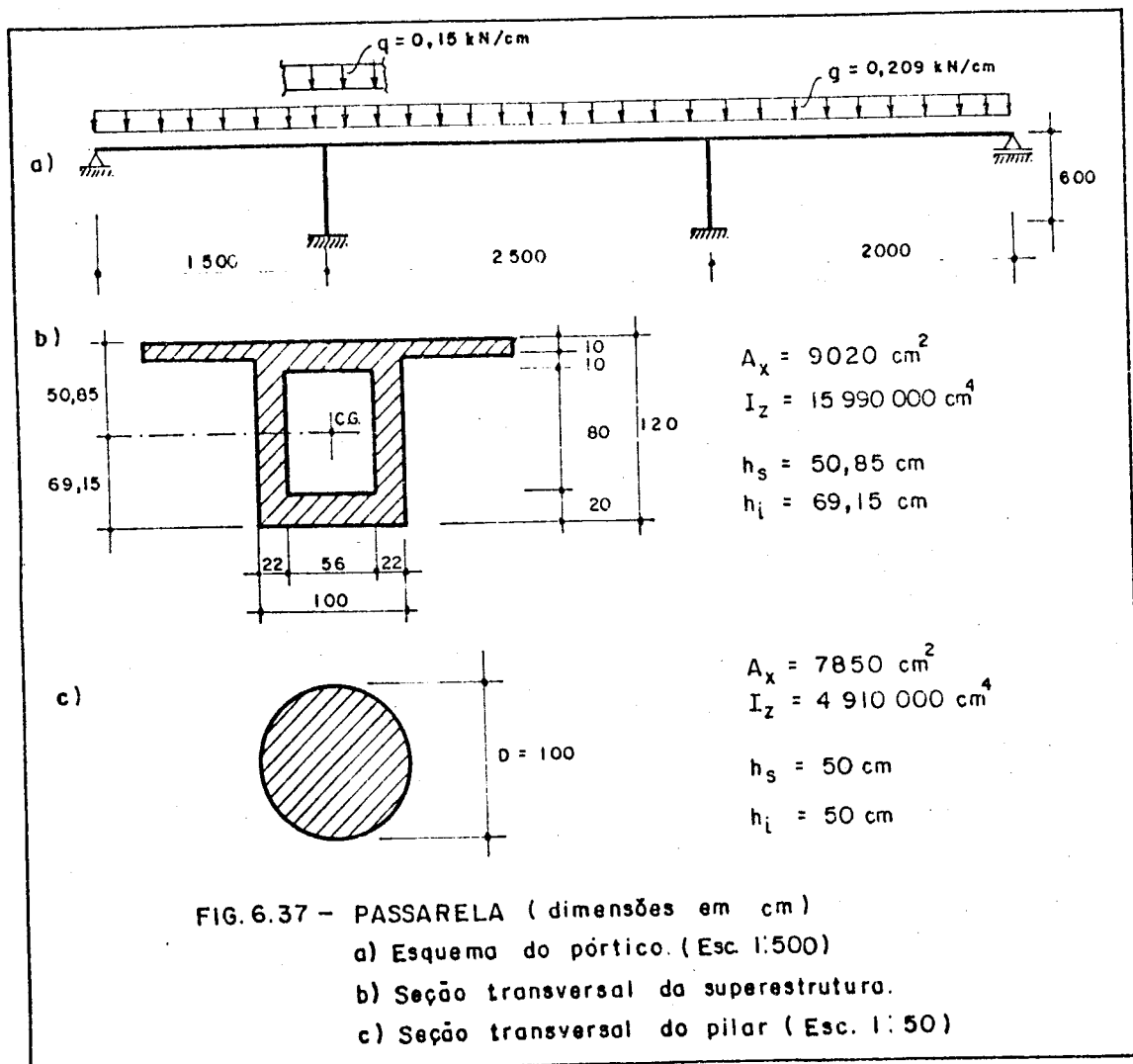
Importante notar que para as seções extremas, S_1 e S_{32} , o par de esforços $NPA = -2354,7kN$ e $MPA = -114771,4kN.cm$ está contido dentro do fuso limite conforme indica a figura 6.18.a. Da mesma forma para a seção do meio do vão, o par de esforços gerados pelo conjunto de cabos, $NPA = -4227,7kN$ e $MPA = -441795kN.cm$ está contido dentro do fuso limite da figura 6.18.b. Isso significa que as tensões máximas de tração e de compressão estão respeitadas.

6.3 - EXEMPLO 3 - PÓRTICO DE TRÊS TRAMOS

6.3.1 - Enunciado

Para a passarela de pedestres, constituída por um pórtico com três tramos, conforme figura 6.37, analisar os esforços e tensões ocasionados pela protensão de um cabo resultante situado na superestrutura. Este exemplo foi utilizado por PINTO JUNIOR [23] e, para esta análise, introduziram-se adaptações inerentes à força e à armadura de protensão. Não considerar perdas por acomodação das ancoragem. Dados:

$A_p = 36,96 \text{ cm}^2$; $E_p = 20000 \text{ kN/cm}^2$; $PM = 357,244 \text{ kN}$; $PMAX = 416,00 \text{ kN}$; $\delta_{\text{máx}} = 0$; CA (coef. de atrito) = $0,30$; $NCAB = 1$; $PROT_1 = 2$; $NBPI = 15$; $BARI_1 = 1$; $BARF_1 = 31$



NB = 33 , NNOS = 34 , NAP = 4 , NCAB = 1 , PROT₁ = 2 , NBPI = 15

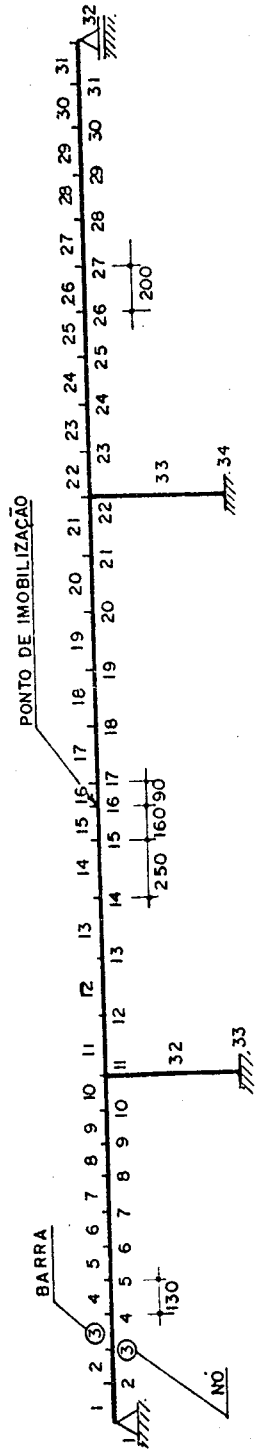


FIG. 6.38 - DISCRETIZAÇÃO DA ESTRUTURA .

Nós	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
Ex. (cm)	0,00	- 10,79	- 19,20	- 25,20	- 28,80	- 30,00	- 27,40	- 19,60	- 6,60	11,54	35,00	4,97	- 18,37	- 35,05	- 45,06	- 47,20	- 48,40	- 45,06	- 35,05	- 18,37	- 35,05	4,97	35,00	11,60	- 6,59	- 19,60	- 27,40	- 30,00	- 28,79	- 25,20	- 19,20	- 10,80	0,00

EXCENTRICIDADES DO CABO ÚNICO NA SUPERESTRUTURA (DIMENSÕES EM CENTÍMETROS).

6.3.2 - Arquivos de entrada de dados

a) PROENV.DAT

EXEMPLO 3 - PORTICO PASSARELA

33	34	4	31	.70	1.20
1		0.			0.
2		150.00			0.
3		300.00			0.
4		450.00			0.
5		600.00			0.
6		750.00			0.
7		900.00			0.
8		1050.00			0.
9		1200.00			0.
10		1350.00			0.
11		1500.00			0.
12		1750.00			0.
13		2000.00			0.
14		2250.00			0.
15		2500.00			0.
16		2660.00			0.
17		2750.00			0.
18		3000.00			0.
19		3250.00			0.
20		3500.00			0.
21		3750.00			0.
22		4000.00			0.
23		4200.00			0.
24		4400.00			0.
25		4600.00			0.
26		4800.00			0.
27		5000.00			0.
28		5200.00			0.
29		5400.00			0.
30		5600.00			0.
31		5800.00			0.
32		6000.00			0.
33		1500.00			-600.
34		4000.00			-600.
1	1	2			
2	2	3			
3	3	4			
4	4	5			
5	5	6			
6	6	7			
7	7	8			
8	8	9			
9	9	10			
10	10	11			
11	11	12			
12	12	13			
13	13	14			
14	14	15			

15	15	16
16	16	17
17	17	18
18	18	19
19	19	20
20	20	21
21	21	22
22	22	23
23	23	24
24	24	25
25	25	26
26	26	27
27	27	28
28	28	29
29	29	30
30	30	31
31	31	32
32	33	11
33	22	34

1	9020.	15990000.	30.0
2	9020.	15990000.	30.0
3	9020.	15990000.	30.0
4	9020.	15990000.	30.0
5	9020.	15990000.	30.0
6	9020.	15990000.	30.0
7	9020.	15990000.	30.0
8	9020.	15990000.	30.0
9	9020.	15990000.	30.0
10	9020.	15990000.	30.0
11	9020.	15990000.	30.0
12	9020.	15990000.	30.0
13	9020.	15990000.	30.0
14	9020.	15990000.	30.0
15	9020.	15990000.	30.0
16	9020.	15990000.	30.0
17	9020.	15990000.	30.0
18	9020.	15990000.	30.0
19	9020.	15990000.	30.0
20	9020.	15990000.	30.0
21	9020.	15990000.	30.0
22	9020.	15990000.	30.0
23	9020.	15990000.	30.0
24	9020.	15990000.	30.0
25	9020.	15990000.	30.0
26	9020.	15990000.	30.0
27	9020.	15990000.	30.0
28	9020.	15990000.	30.0
29	9020.	15990000.	30.0
30	9020.	15990000.	30.0
31	9020.	15990000.	30.0

32			7850.		4910000.		30.0
33			7850.		4910000.		30.0
1	1	1	0				
32	0	1	0				
33	1	1	1				
34	1	1	1				
1			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
2			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
3			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
4			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
5			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
6			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
7			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
8			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
9			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
10			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
11			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
12			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
13			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
14			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
15			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
16			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
17			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
18			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
19			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
20			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
21			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
22			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
23			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
24			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
25			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
26			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
27			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
28			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
29			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
30			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
31			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
32			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
33			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
34			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
35			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
36			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
37			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
38			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
39			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
40			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
41			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
42			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
43			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	
44			50.85	69.15	9020.00	15990000.00	

45	50.85	69.15	9020.00	15990000.00		
46	50.85	69.15	9020.00	15990000.00		
47	50.85	69.15	9020.00	15990000.00		
48	50.85	69.15	9020.00	15990000.00		
49	50.85	69.15	9020.00	15990000.00		
50	50.85	69.15	9020.00	15990000.00		
51	50.85	69.15	9020.00	15990000.00		
52	50.85	69.15	9020.00	15990000.00		
53	50.85	69.15	9020.00	15990000.00		
54	50.85	69.15	9020.00	15990000.00		
55	50.85	69.15	9020.00	15990000.00		
56	50.85	69.15	9020.00	15990000.00		
57	50.85	69.15	9020.00	15990000.00		
58	50.85	69.15	9020.00	15990000.00		
59	50.85	69.15	9020.00	15990000.00		
60	50.85	69.15	9020.00	15990000.00		
61	50.85	69.15	9020.00	15990000.00		
62	50.85	69.15	9020.00	15990000.00		
63	50.00	50.00	7850.00	4910000.00		
64	50.00	50.00	7850.00	4910000.00		
65	50.00	50.00	7850.00	4910000.00		
66	50.00	50.00	7850.00	4910000.00		
1	0.	0.	0.	10.90	40.24	42.24
2	29231.	13442.	16700.	10.90	40.24	42.24
3	29231.	13442.	16700.	10.90	40.24	42.24
4	49260.	21057.	27573.	10.90	40.24	42.24
5	49260.	21057.	27573.	10.90	40.24	42.24
6	60086.	22844.	32618.	10.90	40.24	42.24
7	60086.	22844.	32618.	10.90	40.24	42.24
8	61710.	18804.	31836.	10.90	40.24	42.24
9	61710.	18804.	31836.	10.90	40.24	42.24
10	54131.	8936.	25226.	10.90	40.24	42.24
11	54131.	8936.	25226.	10.90	40.24	42.24
12	37350.	-6759.	12789.	10.90	40.24	42.24
13	37350.	-6759.	12789.	10.90	40.24	42.24
14	11366.	-26282.	-5476.	10.90	40.24	42.24
15	11366.	-26282.	-5476.	10.90	40.24	42.24
16	-23820.	-55832.	-29568.	10.90	40.24	42.24
17	-23820.	-55832.	-29568.	10.90	40.24	42.24
18	-55910.	-97544.	-59488.	100.01	9.81	42.24
19	-55910.	-97544.	-59488.	100.01	9.81	42.24
20	-91260.	-154395.	-95235.	100.01	9.81	42.24
21	-109759.	-196166.	-118610.	54.89	-95.44	-15.74
22	-42160.	-81270.	-47851.	54.89	-95.44	-15.74
23	-42160.	-81270.	-47851.	54.89	-95.44	-15.74
24	18760.	-1446.	6720.	-31.42	-9.13	-15.74
25	18760.	-1446.	6720.	-31.42	-9.13	-15.74
26	78455.	38483.	45104.	-101.24	-9.13	-15.74
27	78455.	38483.	45104.	-101.24	-9.13	-15.74
28	115119.	62224.	67300.	-101.24	-9.13	-15.74

29	115119.	62224.	67300.	-101.24	-9.13	-15.74
30	122224.	64871.	71145.	-101.24	-9.13	-15.74
31	122224.	64871.	71145.	-101.24	-9.13	-15.74
32	126220.	66360.	73309.	-101.24	54.89	-15.74
33	126220.	66360.	73309.	-101.24	54.89	-15.74
34	111759.	53021.	63130.	-101.24	54.89	-15.74
35	111759.	53021.	63130.	-101.24	54.89	-15.74
36	71735.	23495.	36764.	-101.24	54.89	-15.74
37	71735.	23495.	36764.	-101.24	54.89	-15.74
38	7254.	-22219.	-5790.	-95.44	54.89	-15.74
39	7254.	-22219.	-5790.	-95.44	54.89	-15.74
40	-61882.	-10459.	-64531.	-9.13	-31.42	-15.74
41	-61882.	-10459.	-64531.	-9.13	-31.42	-15.74
42	-135266.	-224460.	-139460.	-9.13	-31.42	-15.74
43	-131585.	-212094.	-133245.	0.	0.	0.
44	-71877.	-117264.	-73301.	0.	0.	0.
45	-71877.	-117264.	-73301.	0.	0.	0.
46	-17146.	-45368.	-23717.	0.	0.	0.
47	-17146.	-45368.	-23717.	0.	0.	0.
48	42256.	-3439.	15507.	0.	0.	0.
49	42256.	-3439.	15507.	0.	0.	0.
50	85298.	28131.	44371.	0.	0.	0.
51	85298.	28131.	44371.	0.	0.	0.
52	111980.	49341.	62875.	0.	0.	0.
53	111980.	49341.	62875.	0.	0.	0.
54	122302.	60191.	71019.	0.	0.	0.
55	122302.	60191.	71019.	0.	0.	0.
56	116264.	60681.	68803.	0.	0.	0.
57	116264.	60681.	68803.	0.	0.	0.
58	93866.	50811.	56227.	0.	0.	0.
59	93866.	50811.	56227.	0.	0.	0.
60	55108.	30581.	33291.	0.	0.	0.
61	55108.	30581.	33291.	0.	0.	0.
62	0.	0.	0.	0.	0.	0.
63	9250.	20885.	11688.	-575.66	-750.70	-590.95
64	-18500.	-41770.	-23375.	-457.86	-632.90	-473.15
65	-3680.	12366.	-6215.	-560.13	-933.16	-545.17
66	1840.	-6183.	3108.	-677.93	-1050.96	-662.97

b) CABOS.DAT

1									
1	1	31	2	357.244	38.96	20000.	0.	416.000	.3
				0.00					
				-10.79					
				-19.20					
				-25.20					
				-28.80					
				-30.00					
				-27.40					
				-19.60					
				-6.60					
				11.59					
				35.00					
				4.97					
				-18.37					
				-35.05					
				-45.06					
				-47.20					
				-48.40					
				-45.06					
				-35.05					
				-18.37					
				4.97					
				35.00					
				11.60					
				-6.59					
				-19.60					
				-27.40					
				-30.00					
				-28.79					
				-25.20					
				-19.20					
				-10.80					
				0.00					

6.3.3 - Listagem dos resultados

a) RESULTADOS DO PROGRAMA FUSO.FOR

EXEMPLO 3 - PORTICO PASSARELA

DADOS DA ESTRUTURA

NO. DE BARRAS= 33

NO. DE NOS= 34

NO. DE APOIOS= 4

NO. DE BARRAS PROTENDIDAS= 31

NO. DE SECoes ANALISADAS= 66

COORDENADAS DOS NOS:

NO	X	Y
1	.00	.00
2	150.00	.00
3	300.00	.00
4	450.00	.00
5	600.00	.00
6	750.00	.00
7	900.00	.00
8	1050.00	.00
9	1200.00	.00
10	1350.00	.00
11	1500.00	.00
12	1750.00	.00
13	2000.00	.00
14	2250.00	.00
15	2500.00	.00
16	2660.00	.00
17	2750.00	.00
18	3000.00	.00
19	3250.00	.00
20	3500.00	.00
21	3750.00	.00
22	4000.00	.00
23	4200.00	.00
24	4400.00	.00
25	4600.00	.00
26	4800.00	.00
27	5000.00	.00
28	5200.00	.00
29	5400.00	.00
30	5600.00	.00
31	5800.00	.00
32	6000.00	.00
33	1500.00	-600.00
34	4000.00	-600.00

INCIDENCIA DAS BARRAS:

BARRA	NO INICIAL	NO FINAL
1	1	2
2	2	3
3	3	4
4	4	5
5	5	6
6	6	7
7	7	8
8	8	9
9	9	10
10	10	11
11	11	12
12	12	13
13	13	14
14	14	15
15	15	16
16	16	17
17	17	18
18	18	19
19	19	20
20	20	21
21	21	22
22	22	23
23	23	24
24	24	25
25	25	26
26	26	27
27	27	28
28	28	29
29	29	30
30	30	31
31	31	32
32	33	11
33	22	34

PROPRIEDADES DAS BARRAS:								
BARRA	COMPRIMENTO	AREA	MOM. INERCIA	COS. ALFA	SEN. ALFA	FCK	FTK	EC
1	150.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
2	150.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
3	150.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
4	150.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
5	150.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
6	150.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
7	150.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
8	150.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
9	150.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
10	150.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
11	250.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26

12	250.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
13	250.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
14	250.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
15	160.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
16	90.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
17	250.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
18	250.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
19	250.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
20	250.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
21	250.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
22	200.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
23	200.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
24	200.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
25	200.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
26	200.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
27	200.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
28	200.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
29	200.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
30	200.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
31	200.00	9020.00	15990000.0000	1.000000	.000000	30.00	2.50	38200.26
32	600.00	7850.00	4910000.0000	.000000	1.000000	30.00	2.50	38200.26
33	600.00	7850.00	4910000.0000	.000000	-1.000000	30.00	2.50	38200.26

VINCULOS NODAIS:

NO	VINCULO X	VINCULO Y	VINCULO Z
1	1	1	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0	0
7	0	0	0
8	0	0	0
9	0	0	0
10	0	0	0
11	0	0	0
12	0	0	0
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0
16	0	0	0
17	0	0	0
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0
24	0	0	0

25	0	0	0
26	0	0	0
27	0	0	0
28	0	0	0
29	0	0	0
30	0	0	0
31	0	0	0
32	0	1	0
33	1	1	1
34	1	1	1

CARACTERISTICAS DAS SECOES ANALISADAS:

SECAO	HS(S)	HI(S)	AC(S)	IC(S)
1	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
2	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
3	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
4	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
5	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
6	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
7	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
8	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
9	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
10	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
11	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
12	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
13	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
14	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
15	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
16	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
17	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
18	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
19	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
20	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
21	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
22	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
23	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
24	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
25	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
26	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
27	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
28	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
29	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
30	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
31	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
32	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
33	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
34	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
35	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
36	50.85	69.15	9020.00	15990000.00

37	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
38	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
39	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
40	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
41	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
42	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
43	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
44	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
45	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
46	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
47	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
48	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
49	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
50	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
51	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
52	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
53	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
54	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
55	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
56	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
57	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
58	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
59	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
60	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
61	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
62	50.85	69.15	9020.00	15990000.00
63	50.00	50.00	7850.00	4910000.00
64	50.00	50.00	7850.00	4910000.00
65	50.00	50.00	7850.00	4910000.00
66	50.00	50.00	7850.00	4910000.00

ENVOLTORIA DOS ESFORÇOS SOLICITANTES:

SECAD	NMAX(S)	NMIN(S)	MG(S)	NMAX(S)	NMIN(S)	NG(S)
1	0.	0.	0.	10.90	40.24	42.24
2	29231.	13442.	16700.	10.90	40.24	42.24
3	29231.	13442.	16700.	10.90	40.24	42.24
4	49260.	21057.	27573.	10.90	40.24	42.24
5	49260.	21057.	27573.	10.90	40.24	42.24
6	60086.	22844.	32618.	10.90	40.24	42.24
7	60086.	22844.	32618.	10.90	40.24	42.24
8	61710.	18804.	31836.	10.90	40.24	42.24
9	61710.	18804.	31836.	10.90	40.24	42.24
10	54131.	8936.	25226.	10.90	40.24	42.24
11	54131.	8936.	25226.	10.90	40.24	42.24
12	37350.	-6759.	12789.	10.90	40.24	42.24
13	37350.	-6759.	12789.	10.90	40.24	42.24
14	11366.	-26282.	-5476.	10.90	40.24	42.24
15	11366.	-26282.	-5476.	10.90	40.24	42.24
16	-23820.	-55832.	-29568.	10.90	40.24	42.24

17	-23820.	-55832.	-29568.	10.90	40.24	42.24
18	-55910.	-97544.	-59488.	100.01	9.81	42.24
19	-55910.	-97544.	-59488.	100.01	9.81	42.24
20	-91260.	-154395.	-95235.	100.01	-95.44	-15.74
21	-109759.	-196166.	-118610.	54.89	-95.44	-15.74
22	-42160.	-81270.	-47851.	54.89	-95.44	-15.74
23	-42160.	-81270.	-47851.	54.89	-9.13	-15.74
24	18760.	-1446.	6720.	-31.42	-9.13	-15.74
25	18760.	-1446.	6720.	-31.42	-9.13	-15.74
26	78455.	38483.	45104.	-101.24	-9.13	-15.74
27	78455.	38483.	45104.	-101.24	-9.13	-15.74
28	115119.	62224.	67300.	-101.24	-9.13	-15.74
29	115119.	62224.	67300.	-101.24	-9.13	-15.74
30	122224.	64871.	71145.	-101.24	-9.13	-15.74
31	122224.	64871.	71145.	-101.24	54.89	-15.74
32	126220.	66360.	73309.	-101.24	54.89	-15.74
33	126220.	66360.	73309.	-101.24	54.89	-15.74
34	111759.	53021.	63130.	-101.24	54.89	-15.74
35	111759.	53021.	63130.	-101.24	54.89	-15.74
36	71735.	23495.	36764.	-101.24	54.89	-15.74
37	71735.	23495.	36764.	-101.24	54.89	-15.74
38	7254.	-22219.	-5790.	-95.44	54.89	-15.74
39	7254.	-22219.	-5790.	-95.44	54.89	-15.74
40	-61882.	-10459.	-64531.	-9.13	-31.42	-15.74
41	-61882.	-10459.	-64531.	-9.13	-31.42	-15.74
42	-135266.	-224460.	-139460.	-9.13	-31.42	-15.74
43	-131585.	-212094.	-133245.	.00	.00	.00
44	-71877.	-117264.	-73301.	.00	.00	.00
45	-71877.	-117264.	-73301.	.00	.00	.00
46	-17146.	-45368.	-23717.	.00	.00	.00
47	-17146.	-45368.	-23717.	.00	.00	.00
48	42256.	-3439.	15507.	.00	.00	.00
49	42256.	-3439.	15507.	.00	.00	.00
50	85298.	28131.	44371.	.00	.00	.00
51	85298.	28131.	44371.	.00	.00	.00
52	111980.	49341.	62875.	.00	.00	.00
53	111980.	49341.	62875.	.00	.00	.00
54	122302.	60191.	71019.	.00	.00	.00
55	122302.	60191.	71019.	.00	.00	.00
56	116264.	60681.	68803.	.00	.00	.00
57	116264.	60681.	68803.	.00	.00	.00
58	93866.	50811.	56227.	.00	.00	.00
59	93866.	50811.	56227.	.00	.00	.00
60	55108.	30581.	33291.	.00	.00	.00
61	55108.	30581.	33291.	.00	.00	.00
62	0.	0.	0.	.00	.00	.00
63	9250.	20885.	11688.	-575.66	-750.70	-590.95
64	-18500.	-41770.	-23375.	-457.86	-632.90	-473.15
65	-3680.	12366.	-6215.	-560.13	-933.16	-545.17
66	1840.	-6183.	3108.	-677.93	-1050.96	-662.97

SECAD	TC(S)	TT(S)	WI(S)	WS(S)
1	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
2	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
3	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
4	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
5	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
6	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
7	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
8	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
9	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
10	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
11	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
12	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
13	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
14	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
15	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
16	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
17	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
18	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
19	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
20	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
21	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
22	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
23	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
24	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
25	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
26	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
27	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
28	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
29	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
30	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
31	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
32	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
33	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
34	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
35	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
36	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
37	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
38	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
39	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
40	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
41	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
42	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
43	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
44	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
45	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
46	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
47	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
48	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30

49	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
50	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
51	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
52	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
53	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
54	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
55	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
56	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
57	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
58	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
59	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
60	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
61	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
62	-21.00	3.00	-231236.40	314454.30
63	-21.00	3.00	-98200.00	98200.00
64	-21.00	3.00	-98200.00	98200.00
65	-21.00	3.00	-98200.00	98200.00
66	-21.00	3.00	-98200.00	98200.00

A ANALISE CONTINUA - SECOS SUFICIENTES!

VERTICES DO FUSO LIMITE:

SECAO	MP13	NP13	MP14	NP14	MP23	NP23	MP24	NP24
1	-433.4	-18965.3	319800.0	-9779.6	-319800.0	-6507.6	433.4	2678.2
2	-20566.0	-18704.3	290569.0	-9779.6	-333242.0	-6507.6	-22107.0	2417.2
3	-20566.0	-18704.3	290569.0	-9779.6	-333242.0	-6507.6	-22107.0	2417.2
4	-33441.4	-18499.2	270540.0	-9779.6	-340857.0	-6507.6	-36875.5	2212.0
5	-33441.4	-18499.2	270540.0	-9779.6	-340857.0	-6507.6	-36875.5	2212.0
6	-39058.7	-18349.7	259714.0	-9779.6	-342644.0	-6507.6	-43871.3	2062.6
7	-39058.7	-18349.7	259714.0	-9779.6	-342644.0	-6507.6	-43871.3	2062.6
8	-37418.8	-18256.1	258090.0	-9779.6	-338604.0	-6507.6	-43095.1	1969.0
9	-37418.8	-18256.1	258090.0	-9779.6	-338604.0	-6507.6	-43095.1	1969.0
10	-28520.8	-18218.3	265669.0	-9779.6	-328736.0	-6507.6	-34546.2	1931.1
11	-28520.8	-18218.3	265669.0	-9779.6	-328736.0	-6507.6	-34546.2	1931.1
12	-12365.6	-18236.2	282450.0	-9779.6	-313041.0	-6507.6	-18225.4	1949.1
13	-12365.6	-18236.2	282450.0	-9779.6	-313041.0	-6507.6	-18225.4	1949.1
14	9895.2	-18343.0	308434.0	-9779.6	-293518.0	-6507.6	5020.8	2055.9
15	9895.2	-18343.0	308434.0	-9779.6	-293518.0	-6507.6	5020.8	2055.9
16	41833.5	-18436.2	343620.0	-9779.6	-263968.0	-6507.6	37818.5	2149.1
17	41833.5	-18436.2	343620.0	-9779.6	-263968.0	-6507.6	37818.5	2149.1
18	81234.1	-18315.6	375710.0	-9868.7	-222256.0	-6477.1	72219.9	1969.8
19	81234.1	-18315.6	375710.0	-9868.7	-222256.0	-6477.1	72219.9	1969.8
20	128974.0	-17960.2	411060.0	-9868.7	-165405.0	-6477.1	116680.9	1614.4
21	161771.8	-17504.9	429559.0	-9823.5	-123634.0	-6371.9	144153.2	1309.5
22	66917.9	-18286.7	361960.0	-9823.5	-238530.0	-6371.9	56512.1	2091.3
23	66917.9	-18286.7	361960.0	-9823.5	-238530.0	-6371.9	56512.1	2091.3
24	-7445.6	-18586.0	301040.0	-9737.2	-318354.0	-6458.2	-9868.4	2390.6
25	-7445.6	-18586.0	301040.0	-9737.2	-318354.0	-6458.2	-9868.4	2390.6

26	-56781.8	-18219.1	241345.0	-9667.4	-358283.0	-6458.2	-60156.1	2093.4
27	-56781.8	-18219.1	241345.0	-9667.4	-358283.0	-6458.2	-60156.1	2093.4
28	-85999.0	-18005.5	204681.0	-9667.4	-382024.0	-6458.2	-91344.0	1879.8
29	-85999.0	-18005.5	204681.0	-9667.4	-382024.0	-6458.2	-91344.0	1879.8
30	-90535.0	-17931.8	197576.0	-9667.4	-384671.0	-6458.2	-96559.9	1806.1
31	-90535.0	-17931.8	197576.0	-9667.4	-384671.0	-6458.2	-96559.9	1806.1
32	-94032.1	-17917.5	193580.0	-9667.4	-386160.0	-6522.2	-98547.9	1727.8
33	-94032.1	-17917.5	193580.0	-9667.4	-386160.0	-6522.2	-98547.9	1727.8
34	-80217.7	-17936.0	208041.0	-9667.4	-372821.0	-6522.2	-84562.3	1746.4
35	-80217.7	-17936.0	208041.0	-9667.4	-372821.0	-6522.2	-84562.3	1746.4
36	-46243.2	-18109.5	248065.0	-9667.4	-343295.0	-6522.2	-48986.8	1919.9
37	-46243.2	-18109.5	248065.0	-9667.4	-343295.0	-6522.2	-48986.8	1919.9
38	7509.0	-18423.1	312546.0	-9673.2	-297581.0	-6522.2	7456.0	2227.6
39	7509.0	-18423.1	312546.0	-9673.2	-297581.0	-6522.2	7456.0	2227.6
40	32578.8	-19773.4	381682.0	-9759.5	-309341.0	-6435.9	39762.2	3578.0
41	32578.8	-19773.4	381682.0	-9759.5	-309341.0	-6435.9	39762.2	3578.0
42	186993.3	-17449.1	455066.0	-9759.5	-95340.0	-6435.9	172732.7	1253.6
43	177978.3	-17611.2	451385.0	-9768.7	-107706.0	-6467.3	165700.7	1375.2
44	98031.3	-18191.8	391677.0	-9768.7	-202536.0	-6467.3	91109.7	1955.8
45	98031.3	-18191.8	391677.0	-9768.7	-202536.0	-6467.3	91109.7	1955.8
46	33408.9	-18475.5	336946.0	-9768.7	-274432.0	-6467.3	29105.1	2239.5
47	33408.9	-18475.5	336946.0	-9768.7	-274432.0	-6467.3	29105.1	2239.5
48	-15924.3	-18186.7	277544.0	-9768.7	-316361.0	-6467.3	-22892.7	1950.7
49	-15924.3	-18186.7	277544.0	-9768.7	-316361.0	-6467.3	-22892.7	1950.7
50	-52355.5	-17997.1	234502.0	-9768.7	-347931.0	-6467.3	-61073.5	1761.1
51	-52355.5	-17997.1	234502.0	-9768.7	-347931.0	-6467.3	-61073.5	1761.1
52	-75884.3	-17906.6	207820.0	-9768.7	-369141.0	-6467.3	-85436.7	1670.6
53	-75884.3	-17906.6	207820.0	-9768.7	-369141.0	-6467.3	-85436.7	1670.6
54	-86510.5	-17915.3	197498.0	-9768.7	-379991.0	-6467.3	-95982.5	1679.3
55	-86510.5	-17915.3	197498.0	-9768.7	-379991.0	-6467.3	-95982.5	1679.3
56	-84234.3	-18023.2	203536.0	-9768.7	-380481.0	-6467.3	-92710.7	1787.2
57	-84234.3	-18023.2	203536.0	-9768.7	-380481.0	-6467.3	-92710.7	1787.2
58	-69055.6	-18230.3	225934.0	-9768.7	-370611.0	-6467.3	-75621.4	1994.3
59	-69055.6	-18230.3	225934.0	-9768.7	-370611.0	-6467.3	-75621.4	1994.3
60	-40974.3	-18536.6	264692.0	-9768.7	-350381.0	-6467.3	-44714.7	2300.6
61	-40974.3	-18536.6	264692.0	-9768.7	-350381.0	-6467.3	-44714.7	2300.6
62	.0	-18942.0	319800.0	-9768.7	-319800.0	-6467.3	.0	2706.0
63	-13972.7	-16286.9	108590.0	-6489.3	-138725.0	-6314.3	-16162.3	3483.2
64	31229.8	-15009.5	136340.0	-6607.1	-76070.0	-6432.1	29040.2	1970.3
65	-2009.8	-16379.7	121520.0	-6504.9	-130206.0	-6131.8	-6676.2	3743.0
66	4504.7	-15299.9	116000.0	-6387.1	-111657.0	-6014.0	-161.7	2898.8

INTERVALO DE VARIACAO DE NP:

NP13MAX NP24MIN DELTNP

-15009.530 1253.642 16263.170

b) RESULTADOS DO PROGRAMA VERIS.FOR

NB	NNOS	NAP	NBP	NS	NCAB
33	34	4	31	66	1

 * CABO 1 *

CABO	BARRA INIC.	BARRA FIN.	PROT(J)	PM	CA
1	1	31	2	3572.44	.30

CABO	AREA CABO	MOD.ELAST.	ESCO.CUNHA	PMAX
1	36.96	20000.00	.00	4160.00

BARRA	LB(I)	LC(I)	EX.INIC.	EX.FIN.
1	150.000	150.388	.000	-10.790
2	150.000	150.236	-10.790	-19.200
3	150.000	150.120	-19.200	-25.200
4	150.000	150.043	-25.200	-28.800
5	150.000	150.005	-28.800	-30.000
6	150.000	150.023	-30.000	-27.400
7	150.000	150.203	-27.400	-19.600
8	150.000	150.562	-19.600	-6.600
9	150.000	151.099	-6.600	11.590
10	150.000	151.816	11.590	35.000
11	250.000	251.797	35.000	4.970
12	250.000	251.087	4.970	-18.370
13	250.000	250.556	-18.370	-35.050
14	250.000	250.200	-35.050	-45.060
15	160.000	160.014	-45.060	-47.200
16	90.000	90.008	-47.200	-48.400
17	250.000	250.022	-48.400	-45.060
18	250.000	250.200	-45.060	-35.050
19	250.000	250.556	-35.050	-18.370
20	250.000	251.087	-18.370	4.970
21	250.000	251.797	4.970	35.000
22	200.000	201.364	35.000	11.600
23	200.000	200.825	11.600	-6.590
24	200.000	200.423	-6.590	-19.600
25	200.000	200.152	-19.600	-27.400
26	200.000	200.017	-27.400	-30.000
27	200.000	200.004	-30.000	-28.790
28	200.000	200.032	-28.790	-25.200
29	200.000	200.090	-25.200	-19.200
30	200.000	200.176	-19.200	-10.800
31	200.000	200.291	-10.800	.000

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
1	.995499
2	.995503
3	.995507
4	.995509
5	.995510
6	.995509
7	.995504
8	.995493
9	.995477
10	.995456
11	.992475
12	.992496
13	.992512
14	.992522
15	.995211

ATRITO CURVO:

DEFLEX	TET(K)	TET(K-1)	DELTET(K)	RAC(K)
2	-.05601	-.07181	.01580	.99527
3	-.03998	-.05601	.01603	.99520
4	-.02400	-.03998	.01598	.99522
5	-.00800	-.02400	.01600	.99521
6	.01733	-.00800	.02533	.99243
7	.05195	.01733	.03462	.98967
8	.08645	.05195	.03450	.98970
9	.12068	.08645	.03423	.98978
10	.15482	.12068	.03414	.98981
11	-.11955	.15482	-.27437	.92099
12	-.09309	-.11955	.02646	.99209
13	-.06662	-.09309	.02647	.99209
14	-.04002	-.06662	.02660	.99205
15	-.01337	-.04002	.02664	.99204

CABO	TRECHO	P. INICIAL	P. FINAL
1	1	3572.44	3556.36
1	2	3539.54	3523.62
1	3	3506.72	3490.96
1	4	3474.26	3458.66
1	5	3442.10	3426.65
1	6	3400.70	3385.43
1	7	3350.45	3335.39
1	8	3301.05	3286.17
1	9	3252.60	3237.89
1	10	3204.90	3190.33
1	11	2938.26	2916.15
1	12	2893.09	2871.38
1	13	2848.67	2827.34
1	14	2804.86	2783.89
1	15	2761.72	2748.50

ATRITO RETO:

BARRA	RAR(L)
16	1.002704
17	1.007529
18	1.007534
19	1.007545
20	1.007561
21	1.007583
22	1.006059
23	1.006043
24	1.006031
25	1.006023
26	1.006019
27	1.006018
28	1.006019
29	1.006021
30	1.006023
31	1.006027

ATRITO CURVO:

DEFLEX	TET(K)	TET(K-1)	DELTET(K)	RAC(K)
17	.01336	-.01333	.02669	1.00804
18	.04002	.01336	.02666	1.00803
19	.06662	.04002	.02660	1.00801
20	.09309	.06662	.02647	1.00797
21	.11955	.09309	.02646	1.00797
22	-.11647	.11955	-.23602	1.07337
23	-.09070	-.11647	.02577	1.00776
24	-.06496	-.09070	.02574	1.00775
25	-.03898	-.06496	.02598	1.00782
26	-.01300	-.03898	.02598	1.00782
27	.00605	-.01300	.01905	1.00573
28	.01795	.00605	.01190	1.00358
29	.02999	.01795	.01204	1.00362
30	.04198	.02999	.01198	1.00360
31	.05395	.04198	.01197	1.00360

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
1	16	2748.47	2755.90
1	17	2778.05	2798.97
1	18	2821.45	2842.70
1	19	2865.48	2887.10
1	20	2910.12	2932.12
1	21	2955.49	2977.90
1	22	3196.39	3215.76
1	23	3240.72	3260.30
1	24	3285.57	3305.39
1	25	3331.25	3351.31
1	26	3377.54	3397.86

1	27	3417.34	3437.90
1	28	3450.20	3470.96
1	29	3483.53	3504.50
1	30	3517.12	3538.31
1	31	3551.04	3572.44

VALORES DE P APOS MEDIA ARITMETICA NO SALTO:

CABO	TRECHO	P.INICIAL	P.FINAL
1	1	3572.44	3547.95
1	2	3547.95	3515.17
1	3	3515.17	3482.61
1	4	3482.61	3450.38
1	5	3450.38	3413.68
1	6	3413.68	3367.94
1	7	3367.94	3318.22
1	8	3318.22	3269.39
1	9	3269.39	3221.40
1	10	3221.40	3064.30
1	11	3064.30	2904.62
1	12	2904.62	2860.02
1	13	2860.02	2816.10
1	14	2816.10	2772.81
1	15	2772.81	2748.48
1	16	2748.48	2766.98
1	17	2766.98	2810.21
1	18	2810.21	2854.09
1	19	2854.09	2898.61
1	20	2898.61	2943.80
1	21	2943.80	3087.14
1	22	3087.14	3228.24
1	23	3228.24	3272.94
1	24	3272.94	3318.32
1	25	3318.32	3364.42
1	26	3364.42	3407.60
1	27	3407.60	3444.05
1	28	3444.05	3477.24
1	29	3477.24	3510.81
1	30	3510.81	3544.67
1	31	3544.67	3572.44

ACOES NODAIS APLICADAS PELO CABOS:

3551.02
-255.44
.00
-25.00
57.74
.00
-29.93
57.85

.00
-30.60
56.67
.00
-33.58
55.72
.00
-41.62
86.22
.00
-51.73
114.84
.00
-57.07
110.79
.00
-59.71
106.30
.00
-116.53
93.93
.00
-142.10
-840.56
.00
-93.31
88.01
.00
-38.07
78.99
.00
-39.55
77.14
.00
-31.82
74.88
.00
-2.91
.15
.00
30.86
74.02
.00
41.54
76.06
.00
40.09
78.18
.00
38.59

80.06
 .00
 85.39
 88.09
 .00
 142.35
 -726.58
 .00
 100.93
 72.52
 .00
 51.45
 80.50
 .00
 50.16
 83.71
 .00
 46.89
 86.20
 .00
 40.04
 64.74
 .00
 34.33
 41.38
 .00
 32.37
 42.67
 .00
 32.18
 43.26
 .00
 28.74
 43.85
 .00
 -3553.38
 -191.88
 .00
 .00
 .00
 .00
 .00
 .00
 .00
 .00

ESFORÇOS SECCIONAIS DA PROTENSAO NO CABO :			
SECAO	MOM.DE PROT.	NOR. DE PROT.	CORT.DE PROT.
1	.2	-3198.3	-211.2
2	-31682.3	-3198.3	-211.2

3	-31681.6	-3173.4	-153.5
4	-54702.9	-3173.4	-153.5
5	-54702.8	-3143.4	-95.6
6	-69045.4	-3143.4	-95.6
7	-69045.7	-3112.8	-39.0
8	-74888.0	-3112.8	-39.0
9	-74887.8	-3079.2	16.8
10	-72373.7	-3079.2	16.8
11	-72373.4	-3037.6	103.0
12	-56925.4	-3037.6	103.0
13	-56924.9	-2985.9	217.8
14	-24251.6	-2985.9	217.8
15	-24251.8	-2928.8	328.6
16	25041.8	-2928.8	328.6
17	25041.6	-2869.1	434.9
18	90277.9	-2869.1	434.9
19	90278.1	-2752.6	528.8
20	169605.4	-2752.6	528.8
21	138003.8	-2723.8	-334.3
22	54424.0	-2723.8	-334.3
23	54424.3	-2630.5	-246.3
24	-7154.0	-2630.5	-246.3
25	-7154.2	-2592.4	-167.3
26	-48983.1	-2592.4	-167.3
27	-48983.9	-2552.9	-90.2
28	-71529.3	-2552.9	-90.2
29	-71530.5	-2521.1	-15.3
30	-73978.0	-2521.1	-15.3
31	-73976.8	-2518.2	-15.3
32	-75347.6	-2518.2	-15.3
33	-75345.0	-2549.0	58.9
34	-60627.0	-2549.0	58.9
35	-60627.2	-2590.6	134.9
36	-26894.3	-2590.6	134.9
37	-26894.4	-2630.6	213.1
38	26381.7	-2630.6	213.1
39	26382.2	-2669.2	293.2
40	99672.6	-2669.2	293.2
41	99672.7	-2754.6	381.3
42	194988.7	-2754.6	381.3
43	132812.5	-3136.3	-381.2
44	56581.5	-3136.3	-381.2
45	56581.5	-3237.2	-308.6
46	-5144.7	-3237.2	-308.6
47	-5144.5	-3288.7	-228.1
48	-50772.3	-3288.7	-228.1
49	-50772.5	-3338.8	-144.4
50	-79654.9	-3338.8	-144.4
51	-79655.4	-3385.7	-58.2
52	-91300.4	-3385.7	-58.2

53	-91300.3	-3425.8	6.5
54	-89995.8	-3425.8	6.5
55	-89996.2	-3460.1	47.9
56	-80414.9	-3460.1	47.9
57	-80414.6	-3492.4	90.6
58	-62301.8	-3492.4	90.6
59	-62301.4	-3524.6	133.8
60	-35535.4	-3524.6	133.8
61	-35535.6	-3553.4	177.7
62	.1	-3553.4	177.7
63	36405.1	22.6	-113.3
64	-31601.6	22.6	-113.3
65	62174.2	35.8	-239.3
66	-81419.3	35.8	-239.3

TENSOES NAS BORDAS SUPERIOR E INFERIOR - CABO: 1

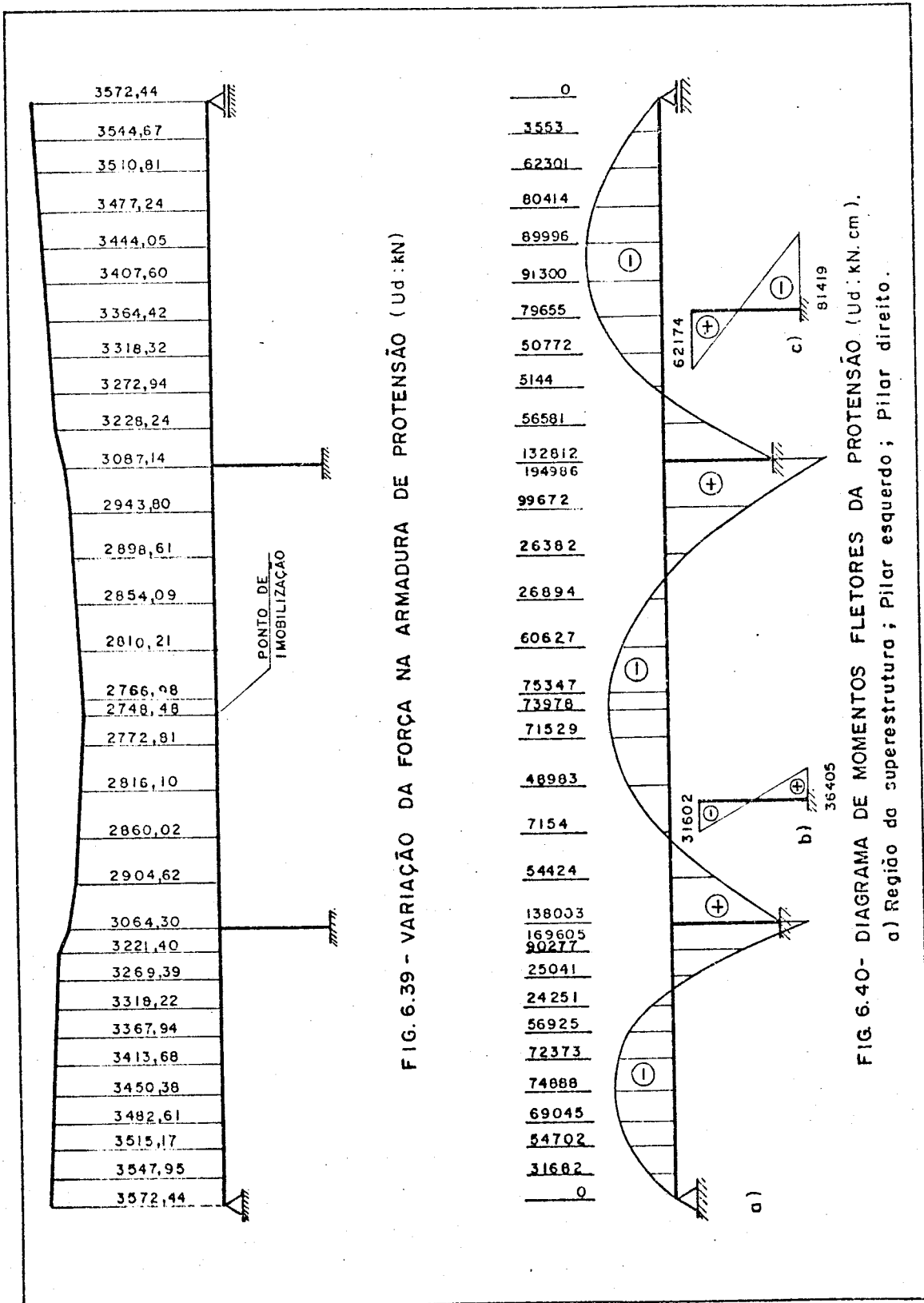
SECAO	TGBS	TGBI	TMABS	TMABI	TMIBS	TMIBI
1	-3.50	-3.50	-3.53	-3.53	-3.50	-3.50
2	-3.02	-4.15	-3.46	-3.64	-2.92	-4.29
3	-2.99	-4.12	-3.43	-3.61	-2.89	-4.26
4	-2.61	-4.64	-3.33	-3.74	-2.40	-4.93
5	-2.58	-4.61	-3.30	-3.71	-2.37	-4.90
6	-2.28	-5.01	-3.19	-3.86	-1.97	-5.44
7	-2.25	-4.98	-3.15	-3.83	-1.94	-5.40
8	-2.04	-5.27	-3.02	-4.01	-1.62	-5.83
9	-2.00	-5.23	-2.98	-3.97	-1.59	-5.79
10	-1.87	-5.41	-2.82	-4.19	-1.35	-6.11
11	-1.82	-5.36	-2.78	-4.14	-1.31	-6.07
12	-1.92	-5.23	-2.73	-4.20	-1.30	-6.08
13	-1.86	-5.17	-2.68	-4.14	-1.24	-6.02
14	-2.32	-4.55	-2.89	-3.86	-1.66	-5.45
15	-2.25	-4.49	-2.83	-3.79	-1.60	-5.39
16	-3.06	-3.40	-3.27	-3.18	-2.22	-4.53
17	-2.99	-3.33	-3.21	-3.12	-2.16	-4.47
18	-4.11	-1.80	-4.16	-1.58	-2.94	-3.48
19	-3.98	-1.67	-4.03	-1.45	-2.81	-3.35
20	-5.37	.21	-5.43	.45	-3.52	-2.38
21	-3.65	-2.20	-3.86	-1.74	-1.28	-5.64
22	-3.25	-2.75	-3.35	-2.43	-2.27	-4.29
23	-3.14	-2.65	-3.25	-2.33	-2.17	-4.18
24	-2.92	-2.95	-3.32	-2.45	-2.65	-3.30
25	-2.88	-2.91	-3.28	-2.41	-2.61	-3.26
26	-2.77	-3.06	-3.92	-1.71	-2.55	-3.34
27	-2.72	-3.02	-3.88	-1.67	-2.51	-3.29
28	-2.71	-3.03	-4.33	-1.06	-2.54	-3.24
29	-2.68	-3.00	-4.29	-1.02	-2.51	-3.21
30	-2.72	-2.93	-4.44	-.82	-2.52	-3.20
31	-2.72	-2.93	-4.44	-.82	-2.51	-3.20
32	-2.74	-2.90	-4.52	-.70	-2.45	-3.12

33	-2.78	-2.93	-4.56	-.74	-2.48	-3.15
34	-2.92	-2.74	-4.56	-.73	-2.52	-3.09
35	-2.97	-2.78	-4.61	-.77	-2.57	-3.14
36	-3.20	-2.46	-4.41	-1.05	-2.70	-2.96
37	-3.25	-2.51	-4.45	-1.09	-2.75	-3.00
38	-3.59	-2.04	-4.09	-1.57	-2.99	-2.68
39	-3.63	-2.09	-4.13	-1.61	-3.03	-2.72
40	-4.09	-1.46	-4.17	-1.34	-5.83	.86
41	-4.19	-1.55	-4.27	-1.43	-5.93	.77
42	-4.84	-.67	-4.96	-.48	-2.15	-4.36
43	-3.46	-3.50	-3.52	-3.42	-.96	-6.91
44	-2.95	-4.20	-2.99	-4.14	-1.55	-6.10
45	-3.06	-4.31	-3.10	-4.25	-1.66	-6.21
46	-2.67	-4.84	-2.88	-4.55	-1.98	-5.77
47	-2.73	-4.89	-2.94	-4.61	-2.04	-5.83
48	-2.52	-5.17	-3.38	-4.01	-1.92	-5.99
49	-2.58	-5.23	-3.43	-4.07	-1.98	-6.05
50	-2.58	-5.23	-3.88	-3.46	-2.06	-5.93
51	-2.63	-5.28	-3.93	-3.51	-2.12	-5.98
52	-2.85	-4.98	-4.41	-2.86	-2.42	-5.57
53	-2.89	-5.03	-4.46	-2.90	-2.46	-5.61
54	-3.19	-4.62	-4.83	-2.40	-2.85	-5.09
55	-3.23	-4.66	-4.86	-2.44	-2.89	-5.12
56	-3.47	-4.34	-4.98	-2.29	-3.21	-4.69
57	-3.50	-4.37	-5.01	-2.32	-3.24	-4.73
58	-3.68	-4.13	-4.88	-2.51	-3.51	-4.37
59	-3.71	-4.17	-4.91	-2.54	-3.54	-4.40
60	-3.84	-4.00	-4.53	-3.06	-3.75	-4.12
61	-3.87	-4.04	-4.56	-3.09	-3.78	-4.15
62	-3.94	-3.94	-3.94	-3.94	-3.94	-3.94
63	-5.62	4.17	-5.35	3.94	-6.76	4.91
64	5.02	-1.17	4.55	-5.66	6.69	-8.25
65	-6.35	5.05	-6.62	5.29	-8.73	6.45
66	7.18	-8.77	7.29	-8.92	7.63	-10.21

FIM DO PROCESSAMENTO!

6.3.4 - Análise dos resultados

a) Gráfico da força de protensão e diagramas de esforços gerados pela protensão.



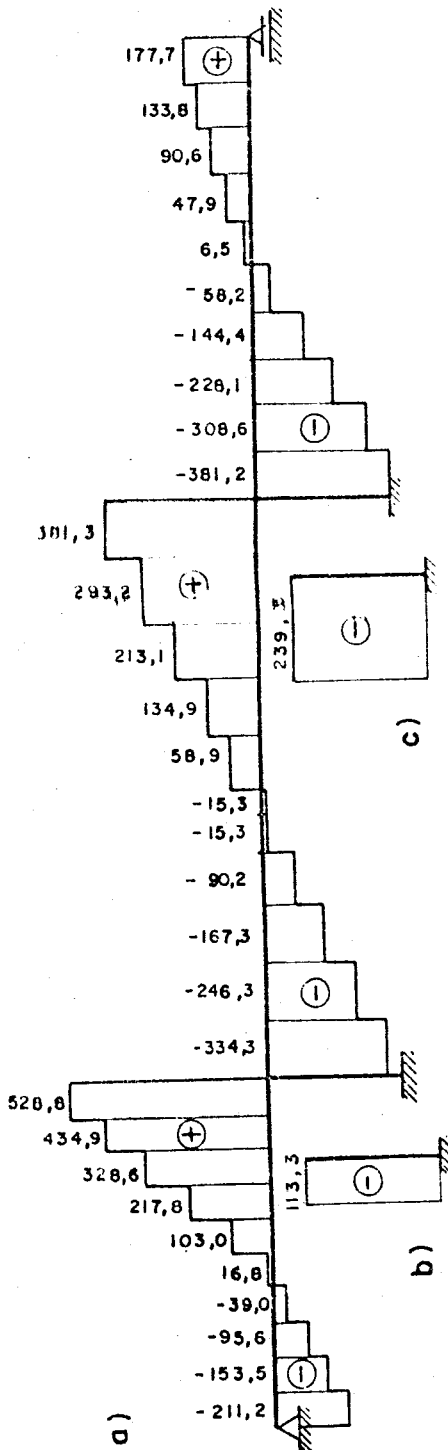


FIG. 6.41 - DIAGRAMA DE FORÇAS CORTANTES DE PROTENSÃO (Ud: kN).
 a) Região da superestrutura b) Pilar esquerdo c) Pilar direito.

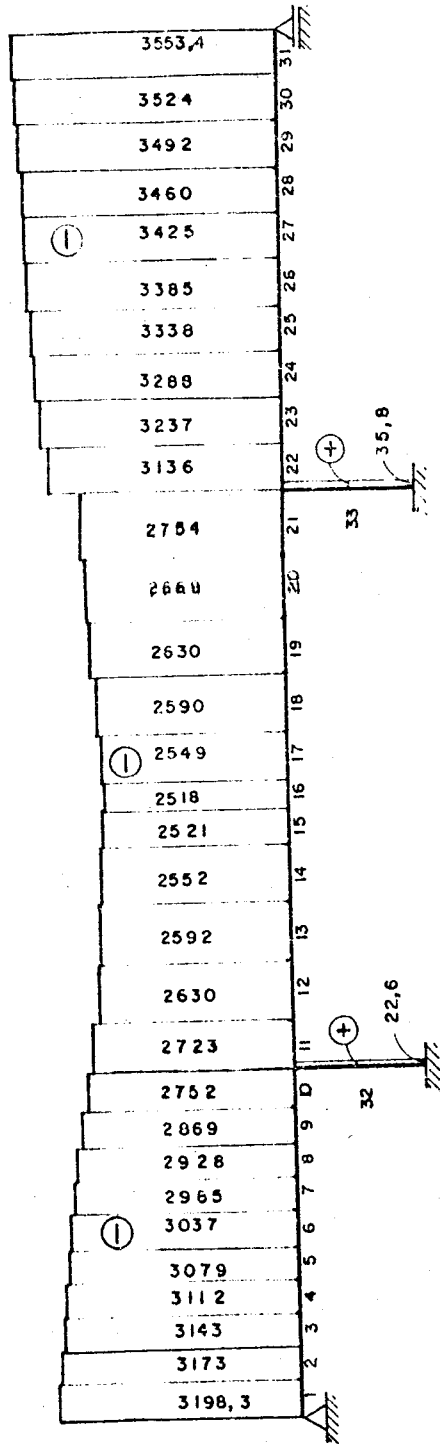


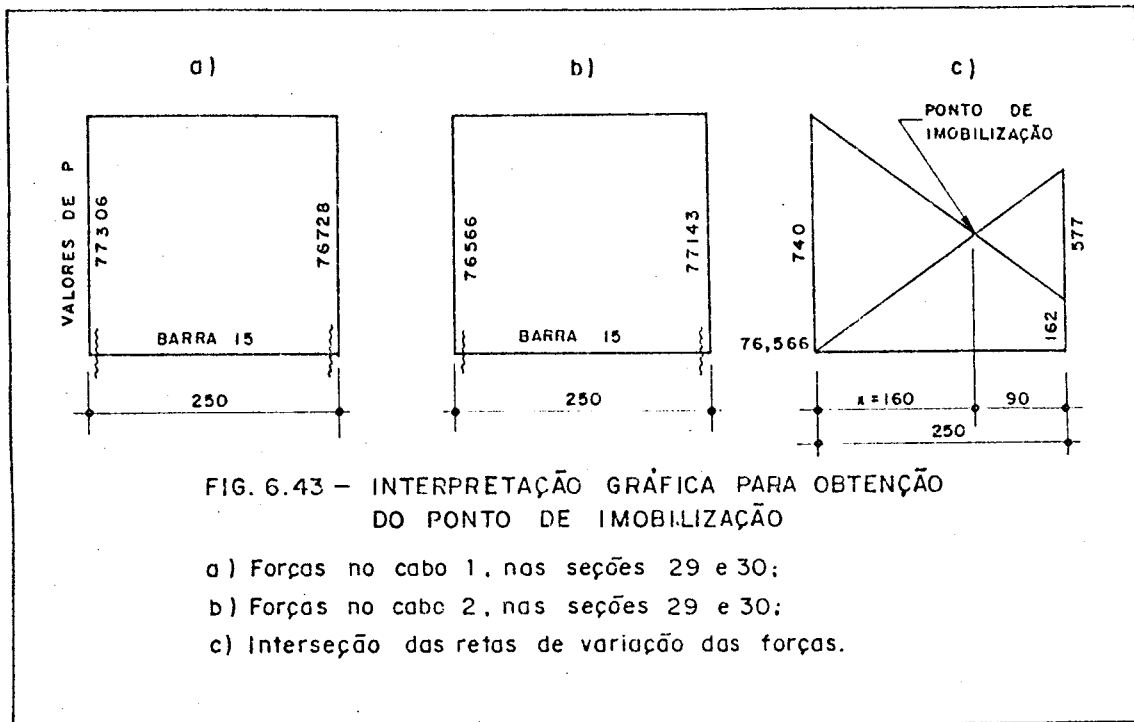
FIG. 6.42 - DIAGRAMA DE FORÇAS NORMAIS DE PROTENSÃO (Ud: kN)

b) Comentários

Para processar este exemplo no micro-computador, foi necessário efetuar várias adaptações que dizem respeito à armadura de protensão. O exemplo, utilizado por PINTO JUNIOR [23], fornece a força de protensão na armadura, nos nós 11 e 22 (encontro dos pilares com a superestrutura), ao passo que para esta análise é necessário a força PM, aplicada pelo macaco nas extremidades das ancoragens ativas. Isso foi possível, efetuando-se um pré-processamento com uma força arbitrária $PM_1 = 100\text{kN}$. Com essa força, aplicada nas seções extremas 1 e 62, resultou uma força no cabo no nó 11 de 85,776kN. Efetuando-se o cálculo inverso, tem-se o valor final de $PM_1 = 3064,30 \times \frac{100,000}{85,776} = 3572,44$, valor este, que foi utilizado no processamento.

Como a estrutura não possui simetria, o pré-processamento também forneceu subsídios para calcular a posição do ponto de imobilização da seguinte maneira: aplicou-se a carga de 100kN na extremidade inicial de um cabo fictício nº 1 e obteve-se para as forças de protensão na barra 15, os valores de 77,306kN na seção inicial e 76,728kN seção final, conforme figura 6.43.a; aplicou-se a carga de 100kN na extremidade final (seção 62) de um cabo fictício de nº 2 e obteve-se os valores de 76,566kN na seção inicial da barra 15 e 77,143kN na seção final da barra 15 conforme figura 6.43.b. Na intersecção das retas que dão a variação da força no cabo, se encontra o ponto de imobilização, conforme figura 6.43.c. Obteve-se o valor de x por semelhança de triângulos: $\frac{x}{740} = \frac{250-x}{577-162} \therefore x = 160\text{cm}$. Com isso, a barra 15 que tinha comprimento de 250cm na discretização inicial, passou a ter 160cm e a barra 16,90cm, criando-se mais uma barra na discretização da estrutura. A posição encontrada para o ponto de imobilização foi então de 11,60m, distante do pilar esquerdo. PINTO JUNIOR [23], obteve em sua análise o valor de 12,23m, portanto uma diferença de 63cm numa estrutura com 60m de comprimento. Essa

pequena diferença, talvez seja, porque em sua análise tenha utilizado um coeficiente de atrito em reta de $0,01 \text{ rad/m}$ e, neste caso, utilizou-se o valor de $0,03 \text{ rad/m}$ decorrente da simplificação admitida pela NBR-7197/87 [4].



Quanto a força de protensão, conforme figura 6.39, variou de $3572,44 \text{ kN}$ nas extremidades da superestrutura até $2748,48 \text{ kN}$ no ponto de immobilização.

Quanto aos momentos fletores gerados pela protensão, conforme figura 6.40, alguns aspectos no gráfico, merecem destaque:

- possui, como era esperado, concavidade para baixo em cada tramo;
- possui descontinuidade na região do topo de cada pilar (nós 11 e 22) e verifica-se o equilíbrio nos nós;
- possui momentos fletores positivos nas regiões próximas aos pilares e momentos fletores negativos nas regiões próximas ao meio dos tramos.

Quanto as forças cortantes, conforme figura 6.41, observa-se que os maiores valores ocorreram nas seções 20 e 21, pertencentes ao nó 11, e também nas seções 42 e 43, pertencentes ao nó 22. Vale ressaltar que as descontinuidades existentes no diagrama são provenientes das ações nodais aplicadas pelo cabo, cujos valores se encontram na listagem dos resultados. Nessa discretização, os cabos aplicam na superestrutura, particularmente nas regiões de junção com os pilares, forças concentradas para baixo, as quais devem ser consideradas no equilíbrio das seções. Após o processamento deste exemplo, verifica-se que há necessidade de discretizar a estrutura com trechos de menor comprimento junto aos pilares, para melhor considerar as mudanças de direção do cabo e conseqüentemente dos sentidos e valores das ações nodais por ele aplicadas. Assim, os valores das forças cortantes estarão coerentes com a realidade.

Quanto as forças normais, conforme figura 6.42, a maior compressão (3553,4kN), ocorreu no tramo direito, pois este, possui na extremidade direita um apoio articulado móvel. Observa-se que a força normal vai diminuindo conforme as perdas ocasionadas na força de protensão. As descontinuidades no diagrama, são as ações nodais aplicadas pelo cabo, próprias do modelo adotado.

Quanto as tensões normais, na superestrutura, foram na grande maioria de compressão e ficaram muito aquém do valor máximo ($TC = -21\text{MPa}$). Houve tensões de tração, próximas de zero nas seções 20 ($TG_{BI} = 0,21\text{MPa}$) e 41 ($TM_{BI} = 0,77\text{MPa}$). Nos pilares, os quais não são protendidos, ocorreram tensões de compressão também menores que a tensão máxima permitida e, ocorreram tensões de tração superiores à permitida ($TT = 3\text{MPa}$) que deverão ser absorvidas por armaduras passivas.

PARTE VII

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho, elaborado num micro-computador de 16 bites, poderá ser útil aos escritórios de engenharia de estruturas, na análise de vigas e pórticos protendidos.

Desenvolvido para pórticos planos, irá diminuir os exaustivos cálculos manuais e estimular os projetos, quer com peças pré-fabricadas ou com peças convencionais. O algoritmo admite inclusive, pré-estiramento da armadura (faz-se nulo o coeficiente de atrito) e sistemas sem perdas nas ancoragens ativas (faz-se nulo o valor do encurtamento máximo).

A divisão dos programas em três fases foi estratégica, pois, o processamento do primeiro programa, além de gerar dados para o segundo, vai até o seu final, quando as seções de concreto forem suficientes. O processamento do segundo programa, onde são obtidas as matrizes de influência, absorve, em relação aos outros programas, um tempo maior do computador, pois ocorre a inversão da matriz de rigidez da estrutura e a aplicação de forças unitárias em todas as coordenadas globais. O terceiro programa necessita como dados principais, a cablagem e os resultados das fases anteriores, os quais se encontram arquivados. Assim, nesta fase, proce-

de-se tantas análises quantas forem necessárias, podendo variar o número de cabos, excentricidades, forças de protensão, etc. Inclusive pesquisar o ponto de imobilização, como foi realizado no exemplo 6.3.

O algoritmo também permite inclusões com outras finalidades, senão vejamos:

- No programa FUSO.FOR é possível, para cada seção, de serem efetuados via programação, os desenhos do fuso limite para se conseguir uma visão fácil das possibilidades de protensão. O fuso limite também poderá ser utilizado para auxílio em estudos de otimização da força de protensão.
- No programa LINPORT.FOR é possível imprimir os coeficientes obtidos nas matrizes de influência e assim traçar as linhas de influência dos esforços solicitantes para o pórtico e utilizá-las na obtenção das envoltórias máxima e mínima.

Esta análise pode tornar-se mais consistente, quando forem consideradas as perdas de protensão ao longo do tempo, as quais poderão ser incluídas na Parte IV. Calculando-se as forças nodais, também para o tempo infinito (de projeto), podem ser determinados os esforços de protensão e tensões normais no referido tempo. Os esforços de protensão obtidos possibilitam estender a pesquisa para verificações de estados limites.

Sugere-se para outras pesquisas, aproveitando este trabalho:

- protensão em pórticos com peças inclinadas (cujos eixos, nas junções, não sejam alinhados e (ou) nem ortogonais entre si);
- a otimização das seções de concreto, sob o ponto de vista econômico;
- a otimização das forças de protensão, sob o ponto de vista econômico.

Também estudos que relacionem as rigidezes entre os "pilares" e "vigas" de um pórtico plano retangular, podem ser interessantes, para verificar a eficiência da cablagem.

BIBLIOGRAFIA

1. AGOSTINI, L.R.S. Concreto protendido: estudo das vigas isostáticas. São Paulo, Liv. Ciência e Tecnologia 1983. 137 p.
2. ANTUNES, H.M.C.C. Análise matricial de estruturas. São Carlos, s.ed., 1985. 126 p. (Notas de aula, SET-808).
3. ASOCIACION TECNICA ESPAÑOLA DEL PRETENSADO. Hormigon pretensado: realizaciones espanolas. Madrid, Instituto Eduardo Torroja de la construccion y del cemento, 1970. 581 p.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de estruturas de concreto protendido. Rio de Janeiro, s.ed., 1987. 85 p. (Texto provisório da NBR-7197)
5. CEOTTO, L.H. Contribuição à otimização do traçado de cabos em vigas contínuas protendidas. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos - USP, 1985. 211p. (Dissertação de mestrado).
6. CESTELLI-GUIDI, C. Cemento armato precompresso: teoria, esperienze, realizzazioni. 5. ed. Milano, Ulrico Hoepli, 1970. 801 p. + apêndice.

7. GRATTESAT, G. Concepcion de puentes: tratado general. Barcelona, Editores Técnicos Asociados, 1981. 495p.
8. GUYON, Y. Constructions en béton précontraint: classes, états limites. 1 - Étude de la section. Paris, Eyrolles, 1966. 360 p. (Cours CHEBAP).
9. GUYON, Y. Constructions en béton précontraint: classes, états limites. 2 - Étude de la partie. Paris, Eyrolles, 1968. 351 p. (Cours CHEBAP).
10. JOHANNSON, J. Diseño y calculo de estructuras pretensadas. Barcelona, Marcombo, 1975. 582 p.
11. KRISHNA RAJU, N. Prestressed concrete. New Delhi, Tata McGraw-Hill, 1981. 517 p.
12. LACROIX, R. & FUENTÈS, A. Hormigon pretensado: concepcion, calculo, ejecucion. Trad. de Amalio Jaime Rivas Zaragüeta. Barcelona, ETA, 1978. 381 p. (Original francês).
13. LEONHARDT, F. Construções de concreto: concreto protendido. Trad. João Luis E. Merino. Rio de Janeiro, Interciência, 1983. v. 5, 316 p. (Original alemão).
14. LEONHARDT, F. Prestressed concrete: design and construction. Transl. C. van Amerongen. 2.ed. Berlin, Wilhelm Ernst & Sohn, 1964. 677 p. (Original alemão).
15. LIBBY, J.R. Modern prestressed concrete: design principles and constructions methods. New York, Van Nostrand Reinhold, 1971.
16. LIN, T.Y. Design of prestressed concrete structures. 2.ed. New York, John Wiley & Sons, 1966. 614 p.

17. MARTINELLI, D.A.O. Introdução às pontes de concreto
São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos - USP,
1983. 99 p.
18. MONTANARI, I. Complementos de concreto protendido: estruturas estaticamente indeterminadas. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos - USP, 1978. 130p. (Notas de aula, SET-129).
19. MONTANARI, I. Concreto protendido. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos - USP, 1983. 142 p. (Notas de aula, SET-113).
20. MURASHEV, V.I.; SIGALOV, E.E.; BAIKOV, V.N. Design of reinforced concrete structures. Transl. by G. Leib. 2. ed. Moscow, MIR, 1971. 596 p. (Original russo).
21. PFEIL, W. Concreto protendido: introdução. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1984. v.1, 201 p.
22. PFEIL, W. Concreto protendido: processos construtivos, perdas de protensão. 2. ed. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1983. v. 2, 328 p.
23. PINTO JÚNIOR, N.O. Traçado de cabos de protensão em vigas e pórticos. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos - USP, 1985. 203 p. (Dissertação de mestrado).
24. UMA PONTE com história. Revista Técnica do Instituto de Engenharia do Paraná, (33): 3-6, abril, 1986.
25. VASCONCELOS, A.C. de. Manual prático para a correta utilização dos aços no concreto protendido em obediên-

cia às normas atualizadas. Rio de Janeiro, Livros
Técnicos e Científicos, Belo Horizonte, Companhia
Siderúrgica Belgo-Mineira, 1980. 64 p.